



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS

**CAMBIOS DEL PAISAJE Y SU IMPACTO EN EL CLIMA EN LA
CUENCA ALTA DEL RÍO LERMA**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN GEOGRAFÍA

PRESENTA

JAIME VELÁZQUEZ GONZÁLEZ

DIRECTORA DE TESIS:

DRA. EN GEOG. LAURA ELENA MADEREY RASCÓN

MÉXICO, D.F. AGOSTO 2006



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
HIPÓTESIS.....	4
OBJETIVOS.....	4
JUSTIFICACIÓN.....	5
METODOLOGÍA.....	6
IMPACTO AMBIENTAL.....	8
EL PAISAJE.....	9
CAPÍTULO 1. MARCO TEORICO Y CONCEPTUAL	11
1.1. ANTECEDENTES.....	11
1.2. EL CLIMA.....	14
1.3. EL PAISAJE.....	20
CAPÍTULO 2. LA ZONA EN ESTUDIO	25
2.1. SITUACIÓN GEOGRÁFICA.....	25
2.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA CUENCA ALTA DEL RIO LERMA.....	25
2.3. EL PASADO LACUSTRE Y ECONOMICO DE LA CUENCA ALTA DEL RIO LERMA.....	34
2.3.1. Potencial hidrológico.....	36
2.3.2. El medio acuático.....	38
2.3.3. Medio terrestre.....	39
CAPÍTULO 3. EL PAISAJE EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO LERMA	42
3.1. CAMBIOS E IMPACTOS DEL PAISAJE EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO LERMA DE 1950-2000.....	42
3.2. COMPORTAMIENTO DE LA POBLACIÓN EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO LERMA.....	43
3.3. CRECIMIENTO URBANO.....	49
3.4. INDUSTRIALIZACIÓN.....	54
3.5. COMPORTAMIENTO HIDROLÓGICO.....	56
3.5.1. Abatimiento del agua.....	57
3.5.2. La hidrología superficial.....	60
3.6. CAMBIOS EN LA VEGETACIÓN.....	64
3.7. ZONAS PECUARIAS.....	69
3.8. MODIFICACIONES EN LA AGRICULTURA.....	71
CAPÍTULO 4. ALGUNOS FACTORES QUE CONDICIONAN Y EXPLICAN LAS FLUCTUACIONES CLIMÁTICAS	78
4.1. GENERALIDADES DEL CLIMA.....	78
4.1.1. Fenómenos aerodinámicos.....	80
4.1.2. Influencia solar.....	82
4.1.3. Isla térmica.....	84
4.1.4. Efecto invernadero.....	87
4.1.5. Contaminación del aire.....	90
4.1.6. Naturaleza del suelo.....	93
4.1.7. Las ciudades, su expansión e industrialización.....	95

4.1.8. Vegetación.....	98
4.1.9. Cuerpos de agua.....	99
4.1.10. Deforestación.....	102
4.1.11. Relieve.....	104
CAPITULO 5. RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	107
5.1. CAMBIOS DEL PAISAJE Y SU IMPACTO EN EL CLIMA EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO LERMA.....	107
5.1.1. Temperatura y precipitación medio anual (1951-1960).....	108
5.1.2. Temperatura y precipitación medio anual (1961-1970).....	110
5.1.3. Temperatura y precipitación medio anual (1971-1980).....	112
5.1.4. Temperatura y precipitación medio anual (1981-1990).....	114
5.1.5. Temperatura y precipitación medio anual (1991-2000).....	116
5.2. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	134
BIBLIOGRAFÍA.....	141
GLOSARIO.....	150
ANEXOS.....	157

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	El clima dentro de las variables que conforman el paisaje.....	24
Cuadro 2.	Gases que más contaminan el aire.....	25
Cuadro 3.	Países con mayor deforestación.....	39
Cuadro 4.	Comportamiento de Uso de Suelo en la Cuenca Alta del Río Lerma.....	43
Cuadro 5.	Población y tasa de crecimiento de los municipios que integran la Cuenca Alta del Río Lerma.....	45
Cuadro 6.	Tasa de crecimiento promedio de los municipios que integran la Cuenca Alta del Río Lerma por década.....	48
Cuadro 7.	Uso del suelo urbano de la Cuenca Alta del Río Lerma por municipio.....	51
Cuadro 8.	Uso del suelo industrial de la Cuenca Alta del Río Lerma por municipio.....	55
Cuadro 9.	Abastecimiento de agua para el Distrito federal.....	59
Cuadro 10.	Hidrología superficial de la Cuenca Alta del Río Lerma.....	62
Cuadro 11.	Uso forestal del suelo de la Cuenca Alta del Río Lerma.....	66
Cuadro 12.	Uso de suelo pecuario de la Cuenca Alta del Río Lerma.....	69
Cuadro 13.	Uso de suelo agrícola de la Cuenca Alta del Río Lerma por municipio.....	75

ÍNDICE DE FIGURAS Y ESQUEMAS

Figura 1.	Expansión e industrialización de las ciudades.....	96
Figura 2.	Importancia de los cuerpos de agua en el desarrollo de la sociedad.....	100
Esquema 1.	Isla de calor.....	85

Esquema 2.	Efecto de invernadero.....	87
------------	----------------------------	----

ÍNDICE DE GRAFICAS

Grafica 1.	Crecimiento de la población humana.....	27
Grafica 2.	Evolución de la población de la Cuenca Alta del Río Lerma 1950-2000.....	46
Grafica 3.	Crecimiento urbano de la Cuenca Alta del Río Lerma.....	53
Grafica 4.	Hidrología superficial de la Cuenca Alta del Río Lerma.....	64
Grafica 5.	Superficie forestal de la Cuenca Alta del Río Lerma por década.....	68
Grafica 6.	Superficie pecuaria ocupada de la Cuenca Alta del Río Lerma por década.....	70
Grafica 7.	Superficie agrícola ocupada de la Cuenca Alta del Río Lerma por década.....	76
Grafica 8.	Termopluviométrica media anual 1951 –1960.....	109
Grafica 9.	Termopluviométrica media anual 1961 –1970.....	111
Grafica 10.	Termopluviométrica media anual 1971 –1980.....	113
Grafica 11.	Termopluviométrica media anual 1981 –1990.....	115
Grafica 12.	Termopluviométrica media anual 1991 –2000.....	117
Grafica 13.	Termopluviométrica media anual estación “Toluca” 1951-2000.....	118
Grafica 14.	Termopluviométrica media anual estación “Almoloya del río” 1951-2000.....	119
Grafica 15.	Termopluviométrica media anual estación “Jiquipilco” 1951-2000.....	120
Grafica 16.	Termopluviométrica media anual estación “Nevado de Toluca” 1951-2000.....	121
Grafica 17.	Termopluviométrica media anual estación “Lerma” 1951-2000.....	122

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1.	División política.....	27
Mapa 2.	Topografía e hidrografía actual.....	28
Mapa 3.	Climas.....	29
Mapa 4.	Uso del suelo.....	31
Mapa 5.	Hidrografía.....	33
Mapa 6.	Ubicación de las estaciones climáticas.....	123
Mapa 7.	Temperatura media anual 1951 – 1960.....	124
Mapa 8.	Precipitación media anual 1951 – 1960.....	125
Mapa 9.	Temperatura media anual 1961 – 1970.....	126
Mapa 10.	Precipitación media anual 1961 – 1970.....	127
Mapa 11.	Temperatura media anual 1971 – 1980.....	128
Mapa 12.	Precipitación media anual 1971 – 1980.....	129
Mapa 13.	Temperatura media anual 1981 – 1990.....	130
Mapa 14.	Precipitación media anual 1981 – 1990.....	131
Mapa 15.	Temperatura media anual 1991 – 2000.....	132
Mapa 16.	Precipitación media anual 1991 – 2000.....	133



INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se aportará una visión de las variaciones climáticas (temperatura y precipitación) en la Cuenca Alta del Río Lerma como una respuesta a los cambios del paisaje en el periodo de 1950 – 2000. Debido a que a través de la historia de la tierra y del hombre mismo siempre existirán periodos cálidos, fríos, lluviosos, secos, etc. Las variaciones climáticas que han acontecido en el planeta son por excelencia fenómenos constantes en los patrones del clima, a través del tiempo y espacio.

Las variaciones y fluctuaciones del clima a lo largo del tiempo pueden ser originadas por múltiples fenómenos de origen natural como son: las grandes erupciones volcánicas, ciclos solares, la corriente El Niño, desplazamiento de la corriente de chorro, la acción antropogénica. Entiéndase a las variaciones o fluctuaciones climáticas como aquellas oscilaciones que presenta el clima en relación con sus valores medios, es decir, se trata básicamente de tiempos atmosféricos recurrentes. El estudio de las variaciones climáticas en cualquier región es de suma importancia ya que distintos a otros eventos, estos afectan a toda la superficie terrestre.

Bajo esta perspectiva los cambios en el paisaje de la Cuenca Alta del Río Lerma y su irreversible modificación debida a los cambios climáticos repercuten en las actividades económicas, puesto que estas últimas dependen de las buenas condiciones climáticas.

En el presente trabajo se realizó un profundo análisis de algunas (hidrología, agricultura, áreas pecuarias etc.) de las variables que constituyen el paisaje y ver los cambios que han sufrido tanto en tiempo como en espacio.

Las manchas urbanas y las actividades antrópicas han producido alteraciones en el clima al sustituir barreras agrícolas y vegetación en general por calles pavimentadas. Por otra parte en las últimas décadas se ha generado un efecto adicional el cual ha contribuido notablemente en una alteración del clima como resultado del crecimiento urbano e industrial.

Se considera que las ciudades son la causa de las variaciones térmicas, dado que las estructuras compactas de edificios y pavimento, contribuyen a una alteración profunda del paisaje natural así como de algunas actividades de sus habitantes. Estos factores pueden explicar las diferencias térmicas en el área de estudio y como tal propicia repercusiones en los habitantes al alterar la temperatura.

También es importante resaltar que para el desarrollo del trabajo se llevó a cabo el acopio de información estadística climática, misma que fue analizada y comparada de manera temporal y espacial con los datos obtenidos del paisaje y de esta manera discernir cuales y en donde se están dando dichos cambios. Así también los datos obtenidos fueron representados en forma gráfica y cartográfica donde se puede tener un concepto claro de cuales son los cambios en forma tanto espacial como temporal.



Al principio del trabajo se presentan los rubros de la investigación que propician el desarrollo de esta, es decir, el planteamiento del problema, el cual se estructura en objetivos, hipótesis, justificación y la metodología. En cada apartado se explica la participación de estos en el desarrollo del trabajo.

En el primer capítulo se abordan los aspectos teóricos y conceptuales más importantes de la Climatología destacando al clima y paisaje.

Con respecto al segundo capítulo se explica la situación geográfica y características físicas de la cuenca Alta del Río Lerma, potencial hidrológico, medio acuático y medio terrestre.

El capítulo tercero, contempla principalmente el paisaje en la Cuenca Alta del Río Lerma, así como su influencia y dinámica, comportamiento poblacional, crecimiento urbano, industrialización, cambios en la vegetación, zonas pecuarias y modificaciones en la agricultura.

El cuarto capítulo trata algunos factores que afectan o que explican las fluctuaciones climáticas, destacando los principales aspectos que intervienen en las variaciones atmosféricas entre los cuales tenemos: fenómenos aerodinámicos, influencia solar, isla térmica, efecto invernadero, contaminación del aire, naturaleza del suelo, las ciudades, su expansión e industrialización, la vegetación, cuerpos de agua, deforestación y relieve.

Finalmente en el último capítulo se presentan los resultados obtenidos de la investigación, así como las conclusiones a las que se llegaron y de igual forma algunas recomendaciones.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La presente investigación esta basada en la importancia que reviste los cambios en los elementos climáticos (temperatura y precipitación) como una respuesta a los cambios geosistémicos en la Cuenca Alta del Río Lerma.

Esta región (Cuenca Alta del Río Lerma), se ubica en la parte centro del Estado de México y abarca más de 20 municipios del mismo estado. Además esta porción geográfica por ser una de las más importantes del Estado de México y por tanto integrante del área de influencia de la capital, se ha visto afectada por el sometimiento del centralismo como ejercicio político, experimentando una serie de alteraciones en el medio natural que se manifiesta claramente en la organización de su espacio geográfico.

Es importante hacer mención, que además de su ubicación geográfica hay otros factores que están interviniendo fuertemente en su transformación, entre los cuales se puede citar; establecimientos de gran cantidad de industrias, expansión de las áreas urbanas, explosión demográfica, reducción de la barrera agrícola, deforestación, abatimiento de los mantos freáticos, entre otros.



Cabe mencionar que las estructuras urbanas y las acciones humanas producen una alteración pequeña, pero evidente, en las condiciones climáticas ya que en comparación con sus alrededores, durante los días de verano los centros urbanos son ligeramente más cálidos y algo fríos en invierno, sin embargo el enfriamiento nocturno es más acusado en las zonas que constituyen las áreas rurales aledañas. Por otra parte es indispensable resaltar que en los últimos 15 años del siglo pasado se produjo un efecto adicional al clima, esto en virtud de la contaminación atmosférica, la cual ha contribuido substancialmente en una modificación de los elementos climáticos, como consecuencia del crecimiento urbano e industrial, entre otros.

Es primordial también considerar que la transformación de espacios naturales en centros urbanos e industrializados, podrían ser una de las causas de las diferencias climáticas. Sus estructuras compactas de edificios y pavimentos, constituyen evidentemente una alteración profunda del paisaje natural, y de algunos cambios en las actividades de sus habitantes, esta problemática ha sido el común denominador en los centros urbanos que constituye el área de estudio y sus áreas adyacentes.

Otro aspecto que interviene fuertemente en las variaciones de algunos elementos climáticos, es la pérdida de la vegetación natural, puesto que la falta de ésta, facilita la rápida evaporación del suelo en el transcurso del día y acelera la pérdida de energía calorífica por la noche; de esta manera las áreas sin vegetación son afectadas por la fuerza de los vientos y el impacto de la lluvia.

Estos y otros factores juntos explican las razones que provocan las diferencias en algunos elementos del clima, entre las ciudades y las áreas conurbadas y como tal originan repercusiones en sus habitantes, ya que alteran el confort climático.

De esta manera, en las últimas cinco décadas (1950-2000) el Curso Alto de la Cuenca del Río Lerma ha experimentado importantes cambios en su entorno natural, lo que ha conducido a reemplazar suelos, vegetación, cuerpos de agua; por piedra, tabique, asfalto, contaminantes entre otros, poniendo así en movimiento las fuerzas que están interfiriendo en el clima.

Desde este punto de vista los cambios en el paisaje del Curso Alto de la Cuenca del Río Lerma y su irreversible repercusión en las modificaciones de los elementos climáticos ponen a pensar a la población, pero algo más difícil todavía es que modifican el curso de las actividades económicas, puesto que estas últimas en gran medida dependen de las buenas condiciones climáticas.

En el presente trabajo se analizan algunos de las variables que constituyen el paisaje como son: vegetación, zonas agrícolas, zonas urbanas, industria, población, cuerpos de agua, zonas pecuarias y ver sus cambios que han sufrido tanto en tiempo como en espacio. Para ello fue necesario el análisis estadístico de las estaciones meteorológicas que se localizan dentro del área de estudio, mismos que han sido comparados de manera temporal



y espacial con los datos obtenidos del paisaje, y, de esta manera discernir cuales y en donde se están dando dichos cambios.

HIPÓTESIS

Las variaciones climáticas (temperatura y precipitación) en el Curso Alto de la Cuenca del Río Lerma se han intensificado de 1950 a 2000, se infiere que tales modificaciones climáticas que se presentan en este espacio obedecen a los cambios que ha sufrido el paisaje al ser utilizado éste como el espacio para desarrollar las distintas actividades económicas de las cuales vive la población.

El clima es el resultado de elementos y factores; los primeros son modificados por los factores. Pero no solo los factores geográficos han provocado cambios en el comportamiento climático, las estructuras urbanas y las acciones humanas sobre su entorno también han producido fuertes trastornos en el comportamiento de algunos de los elementos del clima

Partiendo de este postulado en el último siglo se han apreciado cambios en los patrones térmico y pluviométrico, desde entonces se han realizado estudios esporádicos locales y regionales para poder confirmar dichas fluctuaciones climáticas.

En el caso del Curso Alto de la Cuenca del Río Lerma en las últimas cinco décadas ha sufrido variaciones climáticas, las cuales sin lugar a dudas corresponden a un patrón global aunque también, obedecen a fenómenos locales como una respuesta a los cambios del paisaje en la cuenca.

Por otra parte el paisaje de acuerdo a los autores consultados es un conjunto de factores y elementos, tanto naturales como culturales y parte de estos elementos, en especial los primeros los constituyen: cultivos, vegetación, hidrología, mancha urbana, pastizales entre otros, mismos que han sido seriamente alterados por las actividades llevadas a cabo por el hombre, en este sentido el Curso Alto de la Cuenca del Río Lerma ha sido víctima de cambios considerables provocados por la actividad antrópica en sus componentes del paisaje, transformándolos de manera muy acelerada de 1950 a la fecha, esta transformación ha sido el principal responsable, como ya se dijo anteriormente de los cambios que han tenido tanto la temperatura como la precipitación, de modo tal que las condiciones climáticas de la zona han cambiado.

OBJETIVOS

Objetivo General:

Como una respuesta a los cambios del paisaje durante el período de 1950-2000. Determinar las variaciones climáticas de temperatura y precipitación que se han presentado en el Curso Alto de la Cuenca del Río Lerma.



Objetivo Particulares:

- Evaluar y analizar información estadística de las diferentes estaciones meteorológicas del área de estudio con la finalidad de poder observar el comportamiento de la temperatura y precipitación media anual durante el periodo 1950-2000.
- Determinar las transformaciones del paisaje tales como: población, superficie agrícola, cuerpos de agua, vegetación, mancha urbana, zonas pecuarias e industria, en la zona de estudio.
- Identificar las fluctuaciones climáticas (temperatura y precipitación) que se han presentado a lo largo de 1950-2000 y analizar los datos estadísticos de las variables del paisaje para determinar sus posibles correspondencias.
- Elaboración de mapas y gráficas en las cuales se representaran los resultados tanto de manera espacial como temporal.

JUSTIFICACIÓN

La relación que guarda el clima-paisaje, ha sido muy poco estudiada, comúnmente la bibliografía consultada trata a cada uno de ellos por separado, sin dejar claro quien afecta a quien, razón por la cual se eligió este tema, esperando que al final de la investigación se dejen sentadas las bases de que la transformación de cualquier medio geográfico dejará como resultado anomalías en las condiciones climáticas.

El país a través del tiempo ha sufrido trastornos ambientales del paisaje, lo que ha conducido a que las fuerzas que equilibran el clima se pongan en movimiento, ocasionando algunos eventos tales como: efecto invernadero, inversiones térmicas, lluvias ácidas, islas térmicas, contaminación solo por mencionar algunos.

Estos son tan solo algunos ejemplos de lo que se ha generado a través del tiempo, por lo que no existe la menor duda de que un cambio en el paisaje dejará como resultado una alteración climática.

También es importante mencionar que en las últimas cinco décadas las ciudades o poblaciones que se localizan dentro del área de estudio, han presentado un acelerado crecimiento urbano, poblacional e industrial, por tal motivo estos sociosistemas se han expandido hacia su periferia conurbada, ocupando espacios naturales. Esta expansión ha originado que las áreas verdes e incluso algunas superficies destinadas a la agricultura, sean sustituidas por construcciones de tipo habitacional, industrial y pavimentación entre otros.

Por otro lado, se observa que los materiales de la superficie urbana difieren de los del paisaje natural, ya que los materiales de las ciudades poseen una capacidad térmica más alta que la de las áreas naturales, además de ser mejores conductores de calor.



Por lo anterior en la década pasada se llevaron a cabo infinidad de reuniones de carácter mundial (Río de Janeiro, Brasil 1991; Kyoto Japón 1997, Johannesburgo, 2002, entre otras), donde se puso de manifiesto que el crecimiento desmesurado de la población está dejando cambios en el medio ambiente,

En estas reuniones internacionales, los mandatarios de los diferentes países que asistieron, acordaron poner en práctica, políticas medio ambiental que permitieran mitigar este problema. Sin embargo por todos es conocido que dichas políticas se quedaron en los escritorios y que la realidad sigue siendo la misma, es decir demasiados problemas ambientales.

En este sentido, lo que falta por estudiar más ampliamente en nuestro país, son los cambios climáticos que pudiera estar experimentando esta zona (Cuenca Alta del Río Lerma), producto del crecimiento urbano, la deforestación, la reducción de la barrera agrícola, la desecación de cuerpos de agua y al mismo tiempo detectar su influencia e impacto en las actividades humanas y el medio ambiente físico.

Por lo anterior se pensó en la necesidad de poder llevar al cabo una investigación, donde se pueda poner de manifiesto cuales han sido los cambios que ha sufrido el paisaje en la Cuenca Alta del Río Lerma en las últimas cinco décadas, y de esta manera saber si dichos cambios han modificado las condiciones climáticas de la zona, así como también proponer alternativas de mitigación ante dichos cambios anteponiendo la potencialidad de los recursos naturales.

METODOLOGÍA

Con el fin de alcanzar los objetivos propuestos, fue necesario llevar al cabo una revisión exhaustiva de bibliografía, considerando los autores revisados, se observa, que a la fecha no existen estudios que traten de la relación que guarda el clima-paisaje; en México son muy escasos y se caracterizan a tratarlos por separado.

Por esta razón los antecedentes que existen se han tratado de la misma manera. En este sentido el estudio está orientado al análisis de los fenómenos más importantes que han repercutido en los cambios de algunos elementos del clima, así como también los trastornos que ha sufrido el paisaje, todo esto en las últimas cinco décadas. Para llevar a cabo lo anterior fue necesario recabar información de 17 estaciones meteorológicas, así como la investigación bibliográfica de las variables que se están considerando como parte del paisaje.

Por ello fue necesario llevar al cabo el acopio estadístico de la información meteorológica correspondiente a diecisiete estaciones climáticas. La razón por la cual se escogieron estas estaciones obedeció a que se localizan dentro del área de estudio, es decir corresponden a la Cuenca Alta del Río Lerma. Mismas que se enlistan en el siguiente cuadro y se ubican en el mapa 6.



De las estaciones meteorológicas anteriores se obtuvo la información estadística correspondiente a temperatura media anual, así como de precipitación, todos estos datos de 1950 a 2000.

Estaciones Climáticas

No.	Nombre de la estación	Latitud	Longitud	Altitud
1	Hacienda de la "Y"	19° 25'	99° 36'	2580
2	Huixquilucan*	19° 22'	99° 21'	2732
3	Joquicingo*	19° 02'	99° 34'	2660
4	Lerma	19° 18'	99° 31'	2597
5	Mimiapan	19° 25'	99° 30'	2916
6	Santiago Tianguistenco	19° 12'	99° 28'	2336
7	Toluca	19° 18'	99° 40'	2640
8	Atarasquillo	19° 19'	99° 28'	2500
9	La Marquesa*	19° 21'	99° 20'	2530
10	Tenango del Valle	19° 05'	99° 32'	2600
11	Almoloya del Río	19° 11'	99° 29'	2530
12	Nevado de Toluca	19° 07'	99° 46'	4120
13	El Capulín Xalatlaco	19° 09'	99° 18'	3160
14	Atotonilco*	19° 28'	99° 46'	2560
15	Temoaya	19° 29'	99° 36'	2620
16	San Francisco Tlalcalcalpan	19° 16'	99° 43'	2800
17	Jiquipilco	19° 33'	99° 36'	2565

* Fuera de la cuenca

Elaboró: Jaime Velázquez González

Es importante mencionar también que de las estaciones anteriores, no todas cuentan con la información completa, pues algunas han dejado de trabajar, otras sus datos son muy intermitentes, y las menos son las que cuentan con la información completa.

Para cumplir con lo anterior fue indispensable considerar los apartados metodológicos siguientes:

Primera etapa:

Primeramente fue indispensable la consulta bibliográfica de todos aquellos libros, revistas, periódicos, memorias, boletines entre otros, que tuvieran aspectos teóricos para explicar la parte teórica y conceptual de la investigación. Posteriormente fue importante la obtención de los datos estadísticos de las estaciones meteorológicas, que permitieran analizar e inferir los fenómenos atmosféricos en las últimas cinco décadas de la zona de estudio.

De igual manera se llevó al cabo el acopio estadístico por año y por década de la ocupación espacial de la vegetación, cuerpos de agua, zonas pecuarias, agricultura, zonas urbanas con la finalidad de compararlos con el comportamiento climático y de esta manera



poder realizar el análisis, e inferir cuales han sido los fenómenos que han provocado dichos cambios.

Segunda etapa;

Con el ordenamiento de los datos climáticos de las estaciones meteorológicas, se pudieron utilizar las técnicas y métodos numéricos. Una vez ordenados, procesados y analizados los datos climáticos se realizaron esquemas, cuadros, gráficos, mapas climáticos, histogramas, donde se comenzó con el análisis de los parámetros; para ello se obtuvo, el promedio anual y por década, tanto de temperatura como de precipitación, en forma posterior, se hizo la comparación por década con las variables del paisaje, llegándose a diseñar gráficos y mapas de manera temporal y espacial, donde se aprecian las diferencias climáticas como una respuesta a los cambios del paisaje de la Cuenca Alta del Río Lerma.

Tercera etapa:

Mediante los datos meteorológicos se obtuvieron los promedios de temperatura y precipitación para mayor facilidad en el manejo de la información, posteriormente esta se utilizo para hacer gráficas y mapas climáticos de isoyetas e isotermas. En primer lugar se elaboro el mapa de ubicación geográfica así como localización de estaciones climáticas, enseguida se procedió al análisis de cada parámetro, y para ello se obtuvo el promedio anual de cada uno. El número de años de cada estación corresponde al periodo de estudio.

Por otro lado el trabajo de campo que se realizo, fue a partir de visitas directas a la zona de estudio, entrevistas con los lugareños de edad avanzada, es decir, con aquellas personas que les toco vivir los cambios que fue experimento el área de estudio, dichas entrevistas fueron abiertas y mediante el método del dialogo directo. Así también se llevaron acabo recorridos por las zonas de inundación y lagunas.

Una vez analizada la información estadística se obtuvo los gráficos y mapas, se procedió al análisis e interpretación de resultados, pues con los datos ordenados se facilitó el análisis, es decir se pudieron separar los elementos y mediante el examen discernir cada una de las ideas para conducir a la coherencia lógica de los resultados y llevar al cabo su impresión.

IMPACTO AMBIENTAL

Es el efecto que produce una determinada acción humana sobre el medio ambiente en sus distintos aspectos. El concepto puede extenderse, con poca utilidad, a los efectos de un fenómeno natural.

Las acciones humanas, motivadas por la consecución de diversos fines, provocan efectos colaterales sobre el medio natural o social. Mientras los efectos perseguidos suelen ser positivos, al menos para quienes promueven la actuación, los efectos secundarios pueden ser positivos y, más a menudo, negativos. La evaluación del impacto ambiental (EIA) es el análisis de las consecuencias predecibles de la acción; y la declaración de



impacto ambiental es la comunicación previa, que las leyes ambientales exigen bajo ciertos supuestos, de las consecuencias ambientales predichas por la evaluación.

Los impactos sobre el medio natural como son las actividades económicas, las guerras y otras acciones humanas, potenciadas por el crecimiento demográfico y económico, son las más negativas. Suelen consistir en pérdida de biodiversidad, en forma de empobrecimiento de los ecosistemas, contracción de las áreas de distribución de las especies e incluso extinción de razas locales o especies enteras. La degradación de los ecosistemas produce la pérdida de lo que ahora se llama servicios naturales.

Sin embargo la Evaluación de Impacto Ambiental podemos definirla como un conjunto de técnicas que buscan como propósito fundamental un manejo de los asuntos humanos de forma que sea posible un sistema de vida en armonía con la naturaleza.

La gestión de impacto ambiental pretende reducir al mínimo nuestras intrusiones en los diversos ecosistemas, elevar al máximo las posibilidades de supervivencia de todas las formas de vida, por muy pequeñas e insignificantes que resulten desde nuestro punto de vista, y no por una especie de magnanimidad por las criaturas más débiles, sino por verdadera humildad intelectual, por reconocer que no sabemos realmente lo que la pérdida de cualquier especie viviente puede significar para el equilibrio biológico.

La gestión del medio ambiente implica la interrelación con múltiples ciencias, debiendo existir una inter y transdisciplinariedad para poder abordar las problemáticas, ya que la gestión del ambiente, tiene que ver con las ciencias sociales (economía, sociología, geografía, etc.) con el ámbito de las ciencias naturales (geología, biología, química, etc.), con la gestión de empresas.

EL PAISAJE

La interpretación del paisaje conlleva en sí tres caracteres importantes. En primer lugar, el paisaje es considerado como una unidad homogénea. En segundo lugar, la identidad de los diferentes paisajes se revela en la similitud de sus composiciones. Y finalmente, el paisaje engloba elementos del ecosistema y de la actividad del hombre.

En el fondo, se pueden observar dos enfoques posibles de la realidad geográfica. Si el paisaje es una unidad territorial homogénea que "se repite de una manera típica" en el interior de una misma zona geográfica, puede ser estudiado como un complejo territorial original, pero también como un tipo de región geográfica de una escala precisa. Se trata, en efecto, de dos visiones opuestas del mismo objeto. Por un lado, esta concepción atestigua la existencia de unidades naturales subordinadas unas a otras y ligadas a un territorio en concreto, fijando así la discontinuidad espacial de la naturaleza. Por otro, la afirmación de que se repiten sobre la superficie terrestre en los límites de ciertas zonas geográficas está ligada a la idea de la continuidad. Esta oposición, todavía no muy pronunciada, va a provocar la aparición, en el interior de la Ciencia del Paisaje, de puntos de vista antagónicos sobre el paisaje. La definición "paisajista" presenta otro problema: ¿qué lugar



hay que atribuir al hombre en el paisaje? A lo largo de todo el siglo XX, los geógrafos de paisaje van a dudar entre un enfoque totalizador, según el cuál el hombre forma parte del paisaje que transforma, y un enfoque dualista, según el que el hombre representa una fuerza exterior al paisaje.

También el paisaje puede ser una magnífica herramienta de trabajo para la educación ambiental por varias razones, pero una de ellas es fundamental: Es una imagen. No olvidemos que vivimos en una cultura que busca asimilar rápidamente y con el mínimo esfuerzo, estamos en la cultura de la televisión. Por supuesto que si la imagen es familiar, el objetivo se potencia considerablemente.

El su evolución histórica, el paisaje, se puede estudiar desde muchos aspectos diferentes como los asentamientos primitivos, la vegetación de la zona, las actividades humanas a lo largo del tiempo, la caza, recolección, hombre agricultor, pastor, también los procesos de deforestación y obtención de pastos, los procesos industriales y la fiebre especuladora.

El método analítico permite conocer detalladamente los elementos y componentes que definen el paisaje y después buscar las relaciones que unen dichos componentes hasta llegar a apreciar otros factores no visibles que subyacen en el sistema.

Los componentes del paisaje son los elementos que se pueden distinguir a simple vista, estos factores pueden ser abióticos, bióticos y Antrópicos. Entre los factores abióticos podemos citar los siguientes: Relieve, de gran importancia ya que es la base del resto de los componentes, en su análisis hemos de tener en cuenta la morfología, la orientación y la pendiente. Litología, se refiere a las clases de roca que va a condicionar el tipo de suelo y la vegetación. Clima, tiene gran importancia en los componentes bióticos y en la acción humana. Agua, es uno de los elementos más llamativos en un paisaje y provoca muchas y diversas sensaciones. Suelo, determina las formas vegetales del paisaje y se puede considerar intermedio entre los factores abióticos y bióticos.

Los factores bióticos, son los dotados de vida, los más importantes son: Vegetación, es de los más destacados al constituir la base sobre la que viven y se alimentan los animales que habitan un paisaje. Fauna, salvo algunas excepciones (prados de pastoreo, salinas con flamencos...) no desempeña un papel destacado en el estudio del paisaje al presentar alta movilidad aunque para efectos educativos sea el más llamativo.

Factores Antrópicos, la actuación del hombre ha sido fundamental para modelar el paisaje hasta el punto que pocos son los que no presentan influencia humana en mayor o menor grado. Las principales acciones que producen modificaciones en el paisaje son: Actividades agrícolas y ganaderas, obras públicas, explotación de recursos, creación de espacios urbanos, etc.



CAPÍTULO 1 MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

1.1. ANTECEDENTES

Desde la formación de la Tierra, el paisaje siempre ha estado en continuo cambio, repercutiendo de manera directa en las transformaciones climáticas. Sin embargo, desde que el hombre apareció sobre la Tierra, ha modificado el medio en el que se desenvuelve, interviniendo de manera directa en el cambio del paisaje. Así en las últimas décadas los continentes han sufrido una acelerada transformación de múltiples maneras. El Continente Americano y concretamente México no ha sido exento de estos trastornos paisajísticos, que de manera directa han ocasionando modificaciones en los sistemas climáticos.

La Cuenca Alta del Río Lerma no ha sido la excepción, puesto que enfrenta graves problemas entre los que se pueden mencionar algunos de ellos. Por ser el Valle de Toluca una de las regiones más importantes de México, y por tanto integrante del área de afluencia de la ciudad de México, se ha visto afectada por la corta distancia que los separa de ella, experimentado una serie de cambios en el medio natural y socioeconómico que se manifiesta claramente en la organización de su espacio geográfico.

Así en las últimas décadas, se han incrementado los centros urbanos, lo que ha conducido a reemplazar suelos, vegetación, cultivos, mantos acuíferos, etc., por piedra, tabique, asfalto, contaminantes, entre otros; poniendo en movimiento las fuerzas que están interfiriendo en el clima.

Otro proceso que altera o cambia las condiciones climáticas, es la tala de los bosques, puesto que la falta de vegetación facilita la rápida evaporación del agua en el transcurso del día y acelera la pérdida de energía calorífica por la noche; así las áreas sin vegetación son afectadas por las fuerzas de los vientos, el impacto del agua, la erosión y la pérdida de recarga hidrológica.

Debido a su clima, topografía y sus condiciones biogeográficas, la Cuenca Alta del Río Lerma, presentaba grandes extensiones de zonas boscosas; sin embargo, también ha coincidido con una gran concentración de población y de actividades económicas a lo largo de su historia, lo que ha devenido en una sistemática explotación de sus recursos forestales. Desde principios de siglo esta explotación fue más notoria y visible alrededor de los grandes centros de población en donde el consumo de madera para diversos fines era sistemático en el uso de combustibles, elaboración de carbón y para la confección de muebles.

De esta manera es posible considerar la desaparición de masas boscosas desde el período de la colonia, situación o proceso que ha continuado hasta nuestros días ininterrumpidamente.



En la década de los cincuenta cuando comenzaron a extraer grandes volúmenes de agua en el Valle de Toluca para dotar a la población del Distrito Federal, no se contemplaron los efectos que esto produciría en su ámbito geográfico.

De esta manera el acelerado crecimiento poblacional de la ciudad de México y el estímulo al proceso de industrialización, demandaron mayores volúmenes de agua.

Por esta razón a partir de 1942, se inicia la explotación del acuífero del Lerma, mediante la captación y conducción del agua de los manantiales de Almoloya del Río, Texcaltenco y Ameyalco. Dichos manantiales no fueron suficientes para cubrir la demanda creciente de la Ciudad de México y en 1951 empezó a funcionar el sistema Lerma, a partir de la perforación de 75 pozos que aportaron $4\text{m}^3/\text{s}$.

Las razones que explican el haber escogido el Curso Alto de la Cuenca del Río Lerma como fuente de abastecimiento para la Ciudad de México, estaban: los problemas de hundimiento de dicha Ciudad, la cercanía entre ese valle y la Cuenca del Río Lerma y una diferencia altitudinal que favorecía el transporte por gravedad del agua del Lerma hacia la Ciudad de México (Contreras y Madrigal, 1989).

A partir de 1951 a la fecha se han llevado a cabo varias obras de infraestructura hidráulica en la perforación de pozos aportando cerca de $15\text{m}^3/\text{s}$. de agua a la ciudad de México (Gobierno del Estado de México, 1998)

En la actualidad dichas extracciones han modificado severamente las antiguas condiciones naturales, orillando a la población a transformar sus hábitos de trabajo, de vida y en última instancia, han fomentando el deterioro de las cualidades del entorno rural, particularmente aquellas de la planicie de la cuenca, la cual es la zona más afectada por las extracciones.

A partir de entonces se han hecho observaciones en el comportamiento de los acuíferos explotados; los resultados obtenidos indican que la potencialidad de los mismos fue sobrestimada, la alimentación total de los acuíferos con el aumento de pozos perforados en la Cuenca Alta del Río Lerma, es de 15 metros cúbicos por segundo, cantidad que impide que la recarga por infiltración, ahora interceptada por pozos, alimente el río a través de manantiales. Asimismo, el aumento progresivo en las extracciones reduce el flujo de los manantiales y provoca su desaparición.

Entre otras consecuencias se encuentran algunos agrietamientos y hundimientos de la planicie, desecación de terrenos, reducción de la superficie de las ciénegas o lagunas, incremento en el índice de aridez, o sea, la perturbación del régimen de lluvias ocasionado por la disminución de la evaporación en las superficies del agua.

Otros cambios que resaltan en el Curso Alto de la Cuenca del Río Lerma son la disminución y desaparición de innumerables manantiales con la consecuente disminución



de la superficie lacustre, como lo señala Romero (1979), quien menciona que las ciénegas ocuparon una extensión de más de 50 kilómetros de largo.

El deterioro y transformación de las ciénegas de la Cuenca Alta del Río Lerma se fue dando paulatinamente y estos acontecimientos influyeron de manera determinante en los cambios registrados en la región, tanto en el uso del suelo como en las condiciones ambientales en general. Pues estas ciénegas se formaban por parte del Río Lerma al ser insuficiente para contener el agua que brotaba de los manantiales de Almoloya del Río, lugar donde nace el río, de los demás borbollones de agua y de los diversos afluentes que vertían sus aguas al Lerma.

La existencia de estas áreas cenegosas propiciaban el desarrollo de una variada y abundante cantidad de especies animales y vegetales que permitían a los habitantes de la región realizar numerosas actividades económicas y al mismo tiempo contar con una rica y nutritiva alimentación.

Por su parte, el relieve, actúa como un limitante importante, facilita o dificulta el uso del suelo y de las herramientas para trabajarlo, propicia la erosión según al ángulo de pendiente, expone al terreno a una mayor o menor insolación e influye indirectamente como factor del clima; en el caso de este último (clima), son sus elementos los que propician una variedad en las condiciones ideales de cultivo de una zona. Ejemplo de ello es la influencia de la precipitación y la temperatura, ya que los cultivos tienen un mínimo y un máximo, pero el mínimo es mucho más importante, por lo que es necesaria la determinación de áreas para cultivo que se encuentren en rangos aceptables. Sin embargo en la cuenca las zonas más aptas para los cultivos han sido transformadas en centros urbanos e industriales modificando con esto la evapotranspiración de la zona.

Otro de los graves problemas a los que se enfrenta esta zona es el gran crecimiento en el ramo industrial, el Estado de México en su conjunto ha tenido un aumento superior al 500 por ciento en las últimas tres décadas y los primeros sitios de producción nacional en las industrias químicas, automotriz, textil, alimenticia y eléctrica. Dentro de ese conjunto el Valle de Toluca ha tenido un lugar preponderante en la creación de sus parques industriales.

Sin embargo a pesar de que en su planicie se ubica el corredor Toluca-Lerma y los parques industriales de Tianguistenco y Tenango; en los municipios que los componen, las actividades primarias continúan aún ocupando a casi la mitad de la fuerza laboral, y dentro de ellas, la agricultura es su quehacer principal.

Por otro lado este crecimiento industrial ha provocado una gran cantidad de contaminantes los cuales son depositados al Río Lerma, así la cantidad de sólidos que se encuentran en el río no permite el desagüe; según datos aportados por el Departamento de Tecnología Educativa (1990), dice que se generan 9,600 Kg. de materia orgánica de desecho al día por más de 75 industrias a la presa Antonio Alzate. Recibiendo este cuerpo de agua una descarga total de 66,700 metros cúbicos al día de desechos industriales y



municipales, contribuyendo de esta manera al proceso de efecto de invernadero e inversiones térmicas, como se explica más adelante.

Así los anteriores cambios productos de las actividades del hombre, han causado alteraciones en el curso normal de los climas alterando los pocos recursos que aún quedan en la cuenca.

1.2. EL CLIMA

Desde la formación de la Tierra el clima ha sido uno de los factores más importantes de la naturaleza, pero también uno de los más complejos del medio físico de cualquier región, en el último siglo se han apreciado cambios en el comportamiento térmico y pluviométrico, tanto locales, regionales y mundiales. Por tal razón se han llevado al cabo una serie de estudios e investigaciones en aras de proponer alternativas para mejorar las condiciones ambientales.

Los primeros estudios realizados sobre el clima fueron llevados a cabo en Alemania por: W. Hammond y F. W. Duenkel (1902) quienes observaron que el aire de la periferia de una ciudad era de 2° C mas frío que el del centro de la ciudad .El método de investigación usado en estos primeros estudios dependía de las observaciones hechas en un máximo limitado de estaciones fijas que generalmente eran dos. Pero en 1929 el climatólogo Alemán Albert Pepler realizo recorridos semejantes en la ciudad de Karlsruhe, utilizando un termómetro tipo Assman.

En 1933 Budel y Wolf, llevaron a cabo una investigación sobre el clima en la Ciudad de Munich, utilizando el método de la travesía, llegando a demostrar que la ciudad tenia un comportamiento térmico más elevado, que las áreas adyacentes, o que simplemente no habían sido alteradas por el impacto antropico.

En Toronto, Canadá Middleton y F. G. Miller en 1936 realizó, una travesía en automóvil, encontrando que la temperatura variaba hasta 20° C, en distancias relativamente cortas la cual fue de 11 kilómetros, del centro de la ciudad a la periferia.

Al finalizar la década de los años treinta, las investigaciones de Linke y Stummer (1939) en la ciudad de Franford había conducido a un mayor conocimiento de los cambios climáticos dentro del área urbana. Estummer, por medio de recorridos en automóvil, determino los contrastes de temperatura entre el centro de la ciudad y sus alrededores, observando también la distribución de los vientos superficiales que fluyen hacia el centro de Franford, debido al efecto térmico que se hacia presente en el lugar, y por otra parte a la topografía del Valle donde se encuentra la ciudad. Estos estudios demostraron que las áreas ocupadas por edificios y calles asfaltadas eran considerablemente más cálidas que los alrededores.

Los meteorólogos Duckwoth y Sandberg (1954) llevaron a cabo recorridos en la ciudad de los Angeles, con disposición de termómetros colocados en un globo, de esta manera



descubren que a diferentes altitudes, las situaciones térmicas varían y creaban un campo de inestabilidad atmosférica (fenómenos convectivos) y está se incrementaba cuando la capa negruzca de contaminantes ensanchaba sus dimensiones.

R. Geiger (1965), entre otros autores explica que la razón básica de las diferencias térmicas es el clima urbano, es la alteración del equilibrio y del calor hídrico (agua), esto se debe a la sustitución del suelo natural por superficie de piedra, concreto o pavimento, por los cuales el agua de lluvia escurre rápidamente casi en su totalidad, además del aumento de calor producido por la industria y los vehículos.

Otro de los estudios climáticos que sobresalen en la historia de esta ciencia es el realizado por Roberto Bornstein quien estudio las características de la distribución vertical y horizontal de la temperatura del aire de la ciudad de Nueva York y en el cual utilizo un helicóptero instrumentado, volando treinta y cuatro mañanas (dos horas antes de la salida del sol y dos horas después), durante el período de Julio de 1964 a Diciembre de 1966.

Goerogii (1969), señala que, al examinar el clima urbano, conviene distinguir entre las modificaciones del clima debidas a la acumulación de edificios, por una parte, a la alteración del clima, originada por la contaminación del aire. Además que la magnitud de los contrastes ciudad-campo esta relacionado por su tamaño; mientras más extensa sea la ciudad mayor aumento de la temperatura habrá.

Jáuregui Ostos (1970) realizó un estudio del mesomicroclima de la ciudad de México, y pone de manifiesto que en esta zona, las temperaturas varían notablemente del centro a la periferia, del día a la noche y del verano al invierno. Reconociendo que las fluctuaciones comprenden temperaturas de hasta 5° C entre la ciudad y el campo.

En la ciudad de Viena se lleva al cabo el “método de la travesía” en el que se recorre la distancia entre dos puntos llevando al cabo lecturas termométricas en automóvil abarcando toda la ciudad (Schmidt. 1972).

En México por su parte, Soto M. y Jauregui O. (1973) realizaron un estudio en el Estado de Querétaro cuyo objetivo fue la descripción y distribución de algunos elementos del clima, tales como : precipitación, intensidad de lluvia, los días con lluvia, días nublados, granizo y la distribución de las temperaturas máxima y mínima para lo cual fue necesario llevar al cabo la recopilación de datos meteorológicos, los cuales se obtuvieron de los archivos del Servicio Meteorológico Nacional y que corresponden al periodo de 1941 a 1965 estos datos fueron analizados, interpretados y comparados con otras estaciones que se localizan en la cercanía de los límites estatales.

Juan Vidal (1977) realiza un estudio de climatología agrícola del Estado de México el cual tenia por objeto analizar aquellos elementos que limitan en mayor o menor grado el desarrollo normal de los cultivos, tales como: precipitación, temperatura, frecuencia de granizo, heladas, evaporación, humedad y vientos. Para su elaboración se analizaron datos



meteorológicos proporcionados por el observatorio Nacional y algunas otras dependencias que trabajan esta información. Dicha información fue verificada con trabajo de campo.

Otro de los fenómenos muy notables en los climas urbanos y que ha sido motivo de grandes estudios es llamado "Isla de Calor".

Jáuregui. (1977) llevo al cabo un estudio sobre "la isla de calor" en la ciudad de Toluca, dicho estudio se realizo con la finalidad de determinar los grandes contrastes térmicos entre la ciudad y el campo. Dicho estudio se llevo al cabo mediante dos recorridos en automóvil, instrumentado de un psicrómetro a una altura de 1.20 m., en los puntos de observación, se midió también la dirección e intensidad del viento por medio del anemómetro. Dicho estudio demostró que el centro de la ciudad presenta temperaturas más altas que sus alrededores. De igual manera concluyó, que la mayor capacidad calorífica se concentra en los materiales rocosos con que esta construida la ciudad.

A partir de 1980 se iniciaron dos grandes proyectos, uno en Gran Bretaña y el otro en los Estados Unidos, para conocer si efectivamente la temperatura a nivel mundial se ha elevado, después de 10 años de investigación del análisis de cientos de estaciones meteorológicas en todo el mundo, las conclusiones han confirmado que el promedio de temperatura se ha acrecentado en medio grado centígrado, aunque en algunas regiones la elevación alcanza los 2° C en un siglo y en otras el promedio descendido.

Ante la evidencia del aumento de la temperatura los nuevos esfuerzos se han centrado en determinar las causas y posibles efectos futuros de este fenómeno. Se ha visto que el cambio térmico responde a una compleja situación de factores físicos y humanos que modificarán el clima mundial en las próximas décadas y en consecuencia los paisajes y ecosistemas de la tierra se verán afectados, lo que hace del fenómeno un problema geográfico mayor y de gran envergadura.

En 1980 Philip D. Jones, y otros investigadores climatólogos de la Universidad de East Anglia, Inglaterra, realizó un detallado estudio sobre el calentamiento de la atmósfera basados en el análisis de los registros de temperatura de 1584 estaciones meteorológicas; su resultado fue el siguiente: queda claro que el clima mundial varía considerablemente de un año a otro y segundo, se confirmo que la Tierra esta experimentando un sobrecalentamiento de medio grado centígrado desde finales del siglo XIX.

Thomas R. Karl, en 1980 investigador de la National Climatic Data Center de los Estados Unidos, realizó un estudio sobre las tendencias del calentamiento mundial, llegando a obtener resultados muy semejantes a los de Philip D. Jones, llevado al cabo en Inglaterra, es decir el clima esta cambiando de un lugar a otro. Sin embargo este estudio ha sido tomado como base para establecer la hipótesis de la atmósfera terrestre se esta calentando debido, fundamentalmente al aumento de emisiones de gases tales como el bióxido de carbono, bióxido de azufre, metano y otros que provocan el "Efecto invernadero".

A partir de estos dos últimos estudios y por la preocupación en el aumento de temperatura, durante los últimos 20 años la información meteorológica mundial con



aproximadamente 80 millones de observaciones ha sido transferida a dos bancos de datos; el comprehensive ocean-atmosphere data set de los Estados Unidos y el de la Meteorological Office de la Gran Bretaña, y de ellos se han elaborado toda una serie de modelos más conservadores señalan un aumento de 0.5 a 1° C para los próximos 50 años, mientras que los más aventurados señalan hasta 8° C de aumento.

Por lo anterior se han intentado precisar con mayor exactitud la magnitud del cambio, sus posibles efectos y las posibles medidas que contrarresten dichos efectos.

Bustos Trejo (1981), estudia las tendencias climáticas en tres centros urbanos de la República Mexicana: México DF, Guadalajara y Monterrey. La investigación se basó en observar el comportamiento de los elementos climáticos a través del tiempo en áreas urbanas, llegando a la conclusión que los parámetros climáticos experimentan cambios: algunos se incrementaban, otros disminuyen y se atribuyen estas anomalías a la acelerada construcción con cemento, pavimento, etc.

Briceño Muñoz (1982), emprende un estudio sobre la variación del microclima de la ciudad de Guadalajara. Argumenta que debido al crecimiento anárquico urbano, la insuficiencia de áreas verdes y al elevado número de automóviles, se ha gestado un microclima en las últimas décadas.

Otro de los estudios climáticos llevados a cabo, es el propuesto por Jones en 1982 titulado “enfermedades cardiovasculares y la situación meteorológica” en las ciudades de San Louis y Kansas, donde pone de manifiesto en forma comparada los efectos perjudiciales del calor de los climas urbanos y rural durante la ola de calor de 1980. En dicho estudio llegó a concluir que el total de las muertes debido a diferentes causas, aumento en un 64% en las zonas céntricas de la ciudad y que solo un 10% en las áreas rurales de Missouri. De igual manera demostró que uno de cada mil habitantes fue hospitalizado o murió a causa de una dolencia vinculada con el calor. La temperatura mínima diaria en el centro de la ciudad de Kansas fue, en promedio 4.1° C superior a la del área suburbana, hecho que demostraba que la población de la ciudad estaba expuesta al “Stress Térmico”. Durante 17 días consecutivos la temperatura máxima fue de 38.9° C y hubo 10 días en que llegó a 42.2° C.

Barradas (1986) estudia la “Isla de Calor” en la ciudad de Jalapa, Veracruz, encontrando que este fenómeno comienza a convertirse en un foco interesante en esta zona; pues el aumento de temperatura es muy palpable y la humedad atmosférica disminuye.

Pozos (1988), lleva a cabo estudios sobre la evolución de la temperatura en la región sur de la ciudad de México. Infiere que la temperatura no ha experimentado cambios significativos en aquellas zonas cubiertas por vegetación, no así en los sitios pavimentados y con estructura urbana. Sin embargo en sus resultados hallaron que las temperaturas máximas casi permanecieron igual en el transcurso de veinte años, mientras que las temperaturas mínimas aumentaron considerablemente.



A partir de estos estudios, se despertó un gran interés y preocupación, en los países del mundo, y en poco menos de un decenio la discusión del fenómeno conocido como "cambio climático" y sus consecuencias negativas para el planeta ha pasado de la indiferencia a lo estrictamente científico.

Es así como a partir de 1988 la temática del cambio climático ha entrado en claro auge en los diferentes foros internacionales, como la de Toronto (1988), la Haya (1989), Noordwyk (1989), Ginebra (1990), han reunido a científicos y representantes de organizaciones ambientales y hasta jefes de estado de diferentes partes del mundo para examinar el problema; en el ámbito latinoamericano, conferencias recientes en torno al tema, como la de Santiago de Chile (1990), México DF 1991, río de Janeiro Brasil (1992), y mas recientemente la de Kyoto Japón (1997), han incluido discusiones preliminares sobre el cambio climático.

Uno de los resultados más importantes de todas estas cumbres fue la obtenida en Kyoto Japón, pues los acuerdos despertaron gran interés en el mundo. Por vez primera en la historia, se establecieron límites a las emisiones de los principales gases de invernadero en los países desarrollados. Así 39 países se comprometieron a limitar sus emisiones durante los años de 2008 a 2012. Los países europeos reducirán un 8%, Estados Unidos 7%, Japón 6%, Ucrania, la Federación Rusa, Nueva Zelanda, Noruega, Australia, e Islandia mantendrán sus emisiones al mismo nivel. En términos globales, la reducción será de 5.2%.

López F. y Diana L (1990), analizan datos climatológicos y obtienen promedios de cada parámetro; temperatura media anual máxima, mínima, y mensual, precipitación máxima en 24 horas, días con lluvia apreciable, días con granizo, días con tormenta eléctrica, días nublados, días con helada, temperatura mínima, mensual entre otros parámetros, dicho trabajo abarcó un período comprendido entre 1982 y 1986. Esto fue publicado en el estudio "Los efectos de la urbanización sobre elementos del clima de la ciudad de Toluca y el corredor industrial"

Con los promedios obtenidos en el estudio anterior se llevó al cabo la elaboración de mapas de isoyetas, también se presentan gráficos y cuadros; una vez obtenido lo anterior se realizó el análisis de las condiciones atmosféricas entre el campo y la ciudad. En el mismo trabajo se habla de la "Isla de calor", como un resultado concreto de lo que es la variación entre el campo y la ciudad.

Morales (1993), llevó al cabo un estudio en la ciudad de Toluca titulado "Evolución climática en la ciudad de Toluca", en dicho trabajo establece en primer lugar las variaciones climáticas a nivel mundial, y que en las últimas décadas el clima en algunas áreas del planeta ha presentado cambios. En el mismo documento habla y cita la evolución climática de la ciudad de Toluca debido entre otras cosas a: Urbanismo, las actividades industriales, la explosión demográfica, parque vehicular, comercio, servicios públicos. De igual manera determina las variaciones que se han presentado en insolación, temperatura, presión atmosférica, el viento y precipitación. En sus resultados finales sostiene que las



fluctuaciones climáticas en la ciudad de Toluca son muy notorias en el transcurso del tiempo, pero más acentuadas a partir de la década de los setenta.

Gómez (1993), realizó un estudio denominado: "Cambio climático global", donde establece, que desde hace más de 30 años, meteorólogos y climatólogos han apreciado aumentos más bruscos locales y regionales en la temperatura. Los resultados a los que llega en sus análisis son muy similares a las de Jones y Wigley. Las tendencias en el cambio climático varían en las diferentes regiones de la superficie terrestre, el mayor aumento ha llegado a ser de 2° C en regiones del noroeste de Canadá, Siberia y las costas de Perú; de 1.5° C alrededor de las zonas anteriores, parte del pacifico norte, entre las antillas y las Azores, Golfo Pérsico, Mar Rojo, Península Arábiga, sur del Indico, Atlántico sur frente a Uruguay y Argentina; 0.5° C se presenta en extensas áreas como Canadá , costa oeste de los Estados Unidos, zona de los Apalaches, Altiplanicie Mexicana, Groenlandia, Labrador, este y sur de Italia, Yugoslavia, los Balcanes, porciones del sur de África. La conclusión a la que se llega en este análisis climático es que el 50% de las alteraciones térmicas se deban a causas humanas y el resto a causas naturales, desde las manchas solares, los cambios en el radio del sol, erupciones volcánicas, entre otras, lo cual implica que la atmósfera ha estado sufriendo cambios en su composición química que deben guardar estrecha relación con dichos cambios térmicos.

Morales (1993), llevó al cabo otro estudio en la ciudad de Toluca, cuya finalidad fue determinar las diferencias térmicas, para ello llevo al cabo la siguiente metodología. Se colocaron termómetros y anemómetros en diversos sitios de la ciudad, también se dispuso de un barómetro aneróide, y un barómetro eléctrico. El resultado al que se llego fue que el calentamiento diferencial entre la ciudad y el campo deja como consecuencia el establecimiento de un área de baja presión barométrica, además la ciudad es fuente de energía calorífica por el aumento de combustible que se genera por fábricas y vehículos.

Rosendo F Juana (1997), realizó un estudio titulado "Diferencias climáticas entre el centro de la ciudad de Toluca y áreas adyacentes". El resultado al que se llega es el que las diferencias climáticas del área urbana, respecto a la rural, son ocasionadas principalmente por la acción del hombre, es decir, las actividades que realiza cotidianamente (expansión de la ciudad, deforestación, contaminación del aire, entre otros), hacen que los elementos climáticos se vean alterados.

De esta manera el crecimiento de las ciudades suele producir variaciones en el clima, la naturaleza del suelo indicará diferencias en el calentamiento de la superficie, teniendo la ciudad de Toluca, una proporción más elevada de pavimento y concreto con respecto a la vegetación, es por esto que la ciudad adquiere una mayor temperatura que las áreas rurales vecinas, debido al incremento de la capacidad térmica y conductividad de los materiales con que está construida, lo que permite una mayor absorción calorífica, además de que con ello se forman las llamadas "islas de calor".

Dicho estudio sigue concluyendo que debido al acelerado aumento de las industrias en la ciudad de Toluca, contaminación del aire y la conurbación de los poblados cercanos a



ella, se deduce que en años posteriores los lugares adyacentes se verán afectados por las fluctuaciones climáticas.

Los trabajos realizados hasta ahora, consideran a los elementos climáticos en su disposición, realizando algunas comparaciones térmicas entre las ciudades y las zonas rurales; destacando esas variaciones entre las partes de concreto y pavimento con las áreas arboladas, con cierto tipo de vegetación o de superficie natural.

Lo que falta por estudiar más ampliamente son los cambios térmicos y pluviométricos que pudieran estar experimentado las áreas rurales, como una respuesta a la transformación de su geosistema, y al mismo tiempo también detectar su influencia o impacto en las demás actividades humanas y el medio ambiente físico.

Debido al crecimiento poblacional, urbano e industrial que se ha presentado en la Cuenca Alta del Río Lerma en los últimos años, se han producido variaciones ambientales importantes, tan notorias que al preguntarle a los habitantes de la zona sobre su percepción de las condiciones atmosféricas a través de los años, la mayoría contesta: realmente se han producido cambios en la atmósfera. Declaran, las temperaturas y las lluvias ya no son las mismas que ayer; en ocasiones hace mucho calor, luego mucho frío, en otras ocasiones llueve mucho y en otras escasea por varios días. Este tipo de comentarios es muy común en las personas de los centros urbanos, de sus alrededores y también de personas que manejan datos de estaciones climatológicas de esta zona.

Al respecto, en los medios de difusión científica, se dice que un grupo de viviendas puede armonizar con la naturaleza, pero si la aldea crece, convirtiéndose en un pueblo y éste en una ciudad, sobreviene un cambio. La acumulación de casas, centros comerciales, edificios, calles pavimentadas, provoca un gran cambio en el panorama. Si a esto se agrega el tránsito y la actividad industrial, se ponen en movimiento las fuerzas que pueden alterar radicalmente la atmósfera.

En las últimas décadas en la Cuenca Alta del Río Lerma, se han remplazado, la vegetación, las zonas arboladas, los cuerpos de agua, las zonas pecuarias, los cultivos; por piedra, tabique, asfalto, cemento entre otros. Ante esta situación, es obvio suponer que enormes cantidades de calor son producidas por el mismo crecimiento de las manchas urbanas, parque vehicular e industria, todo este trastorno está agravando las situaciones en la atmósfera.

1.3. EL PAISAJE

La geografía es una de las más viejas ramas del conocimiento. Sus raíces se remontan a la profundidad de los siglos, antecediendo a ciencias tales como la química, la física y la biología (Rodríguez, 1984).

Sin embargo a lo largo de su historia ha visto modificado su objeto de estudio y sus métodos, confirmando con esto, lo que dice Ávila (1982), la geografía tiene un largo



pasado y una breve historia, refiriéndose a la larga tradición (veinticinco siglos) de que a la geografía se le concibiera únicamente como la ciencia descriptiva.

No obstante en poco menos de un siglo las ciencias han comenzado a desarrollar con mayor intensidad una serie de métodos y conocimientos, estrictamente estructurados como lo dicta el rigor de la lógica científica.

Es precisamente en esta corta época donde la geografía comenzó a evolucionar sus principales líneas de acción, que le han permitido llevar a cabo su continuidad intelectual. Y es precisamente en una de esas líneas donde se sitúa el campo de acción de la geografía del paisaje.

En la literatura geográfica fue Passarge el primero que utilizó la denominación "Geografía del Paisaje" y desde 1913 lo propuso en varias obras, presentándolo como una rama de la geografía, a la cual se le debía de haber reconocido desde hace tiempo pero al no definir bien el concepto de paisaje en relación con región o país, se suscitó una discusión sobre el sentido y la razón de ser de esta ciencia. La palabra paisaje esta presente en la ciencia desde hace tiempo, sin embargo solo la geografía le ha dado un valor científico.

Es indiscutible que hoy en día no existe un enfoque que unifique criterios sobre el concepto del paisaje, esto debidamente a que no se trata de un concepto establecido; sino al contrario el enfoque paisajístico sigue incorporando ideas y planteamientos que complementen su análisis.

Sin embargo el desarrollo teórico de la geografía del paisaje, como ciencia, la comenzaron a utilizar los rusos, desde la época Zarista, creando la expresión de "Paisaje Aéreo" que significa complejos de fenómenos de la superficie terrestre que se pueden reconocer desde el aire como características de un territorio físico geográfico (Troll, 1971).

Los científicos europeos en especial los alemanes han sido también precursores, y en mucho se les debe al conocimiento de las ciencias de paisaje; es decir, las principales corrientes que se conocen en México sobre el paisaje; provienen de los estudios realizados por Cart Troll, Horacio Capel, Bobek Schmithusen, por citar algunos.

Es conveniente por lo tanto considerar la evolución del concepto "Paisaje", para lo cual es necesario remitirse a la evolución del pensamiento geográfico (González, 1981).

Mas recientemente, se han realizado una serie de propuestas, las cuales han coadyuvado a la realización de acciones que permitan englobar las diferentes propuestas sobre el tema de los paisajes, agrupándolos de acuerdo a sus similitudes cronológicas; lo cual ha sido llevado a cabo por las principales escuelas geográficas tanto internacionales como nacionales.

Por ello las unidades de paisajes en el mundo son de tamaño muy variado, y sus clasificaciones también han sido muy discutidas; sin embargo existen dos grandes



preguntas ¿Hasta que escala se puede efectuar una división geográfica del espacio? ¿Cual es la dimensión mínima de un paisaje geográfico?.

Es aquí en donde el desarrollo de la geografía social aleja a los geógrafos de las ciencias naturales; ya que a partir del mismo instante en que la geografía deja de limitarse al estudio de las relaciones entre el hombre y el medio físico, es inevitable que el estudio de los hechos humanos queden cada vez mas vinculados a las disciplinas sociales (Claval, 1974).

Para algunos geógrafos, el paisaje ha constituido el verdadero objeto de estudio de la geografía; otros tan solo lo han considerado como parte de ese objetivo, ya que permite conocer y por consiguiente experimentar nuevos métodos para llegar a otros temas de estudio (Dollfus, 1978).

E Juillard (1962) entiende al paisaje como un complejo formado por clima, agua, tierra, plantas y fenómenos culturales de cuyo agrupamiento resultaran unidades jerarquizadas de diferente orden.

Por otro lado Bertrand (1972), uno de los autores que más ha contribuido a los estudios recientes sobre el paisaje, lo concibe como "una combinación dinámica en la que intercalan todos los elementos geográficos, abióticos, bióticos y Antrópicos de los cuales uno o en grupo tiene carácter central y actúa como catalizador " entre los principios fundamentales para clasificar la unidades del paisaje Bertrand maneja cuatro:

- a) Son unidades sistemáticas susceptibles de clasificarse unas respecto a otras.
- b) Son realidades globales que existen independientemente de las unidades elementales.
- c) Son determinadas a partir de discontinuidades objetivas del espacio geográfico y no en función de niveles a priorí.
- d) Y únicamente pueden definirse y clasificarse considerando tanto a el tiempo como a el espacio.

Troll (1971). ha tratado de aclarar algunos puntos mediante un estudio concreto, al definir paisaje pequeño, por qué este es un rompecabezas, cuyas piezas nunca aparecen de forma independiente, sino que constituyen asociaciones individuales mínimas, caracterizadas por una configuración, definiéndolos Troll como "ecotopos" las cuales deben de entenderse como divisiones mínimas del paisaje geográfico.

El paisaje en el sistema lógico de la geografía procede de forma normativa, comparando y ordenando las distintas formas de la superficie, en tipos y género haciendo abstracciones de sus peculiaridades. A esta clase de unidades definidas se les llama paisaje, y estos pueden ser definidos en función de su estructura y dimensión espacial. (Bobek y Schmithusen, 1974).

Sin embargo Molina Ibáñez (1982) destacada investigadora de la Universidad de Alcalá, realizó un estudio, sobre paisaje y región en el cual concluye que existe una gran



similitud en ambos, ya que la geografía lo que busca es descomponer en unidades menores la superficie terrestre, en un intento por comprenderlo.

Por su parte Vivó (1945), define como la caracterización y asociación de hechos geográficos de un área o un espacio con caracteres fisonómicos propios.

Hoy en día es muy común escuchar que la palabra paisaje se asocie a un concepto estético, artístico, muy ligado a la pintura y recientemente a la fotografía, en este sentido los antecedentes son muy ambiguos. (Rodríguez, 1984).

Estas puntualizaciones no afectan a lo exclusivo a la geografía, sino que abarca a todo el conjunto de las ciencias humanas; y la respuesta particular de cada disciplina ha sido diferente, además hay que considerar que se esta presentando una creciente especialización del conocimiento lo que se manifiesta en la presencia de disciplinas que antes no existían y que están en franca fase de consolidación.

Además de estas consideraciones hay que agregar que los geógrafos de principio de siglo han observado que algunas de las recientes disciplinas se han derivado directamente del dominio de lo geográfico, como son la geología y la geofísica. Por lo que se hace necesario definir el objeto de estudio de la geografía, antes de que ésta termine siendo absorbida por otras ciencias. (Harsthorne cit. por Gómez, 1982).

En este ambiente es fácil entender el por que la mayor parte de los trabajos de la joven geografía del paisaje, hacen tanto énfasis en la delimitación de las investigaciones específicamente geográfica y la definición del lugar que ocupa la geografía dentro de todo el conjunto de ciencias.

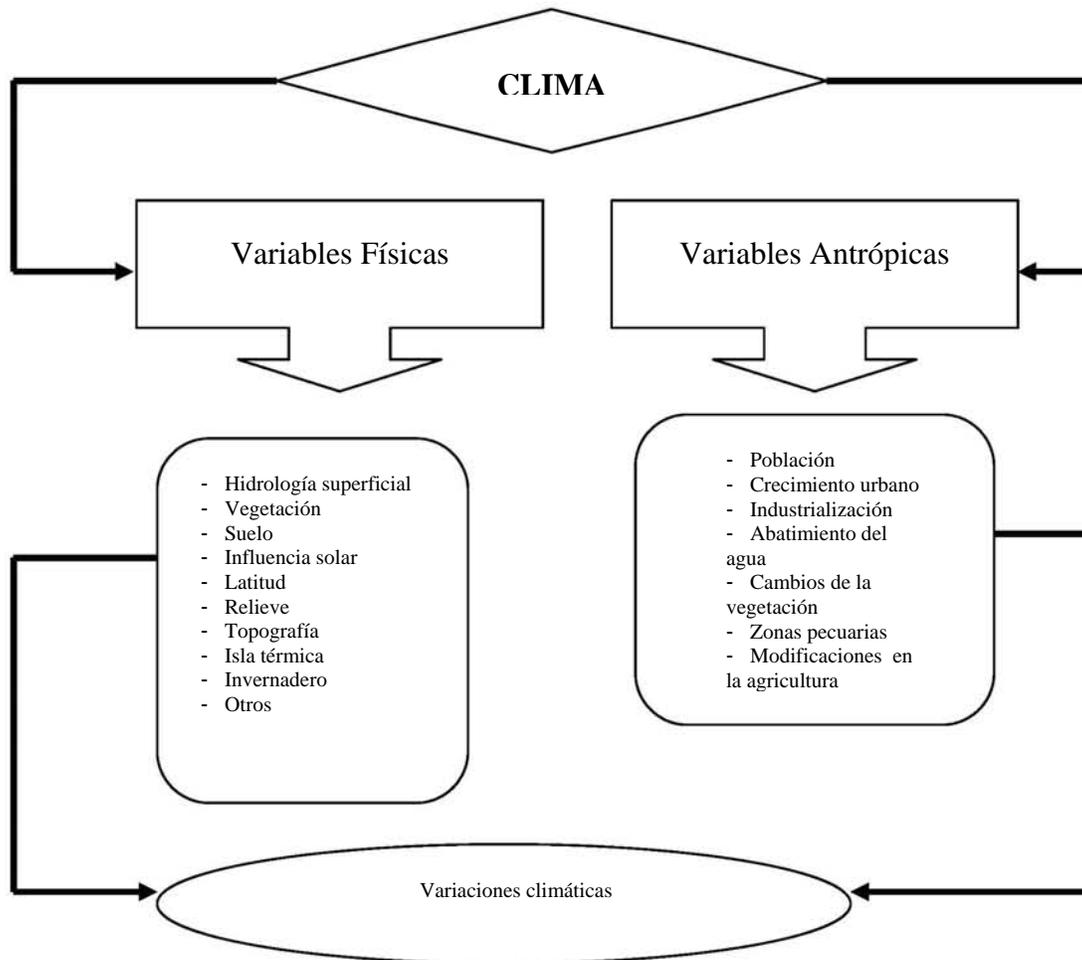
Claval (1974), en unos de sus estudios mencionan que durante el apogeo de la geografía del paisaje, entre 1910 y 1950, los geógrafos consideraban que su tarea era básicamente la de describir, explicar y clasificar a los paisajes.

Por otro lado J. Tricart (1981) acepta que hay una serie de fuerzas que actúan sobre la superficie terrestre; por lo que concibe el paisaje como un objeto concreto, directamente observable y compuesto por elementos diversos más o menos variados.

Como se puede observar existen un sinnúmero de corrientes, que hablan sobre la conceptualización del paisaje. En México este tema ha sido poco analizado y solamente algunas investigaciones aisladas tratan aspectos referentes al discernimiento de este tema; entre ellos destacan los trabajos de Sofía Puente, Jorge Cervantes Borja (1980), por citar algunos.



Cuadro 1. El clima dentro de las variables que conforman el paisaje



Elaboró: Velázquez González Jaime

Todo lo antes mencionado será motivo de análisis, por lo que se realizará la tarea de agrupar los pensamientos, ya sea por corriente o por escuelas. Cabe resaltar como se puede apreciar que ninguno de los autores revisados contemplan dentro de su conceptualización del paisaje, aspectos climáticos, por lo que se llevará a cabo un fuerte interpelación entre estos dos aspectos; tratando de aclarar cual es el que mayormente afecta para que se den cambios en la zona motivos de estudio.

Las variables del paisaje tienen una dinámica acelerada y es por ello que son modificadas constantemente alterando el paisaje, ya sea de manera natural o por acciones antrópicas, propiciando fluctuaciones climáticas.



CAPÍTULO 2 LA ZONA EN ESTUDIO

2.1. SITUACIÓN GEOGRÁFICA

La región hidrológica Lerma-Santiago tiene un eje longitudinal ESE-WNW; se inicia en el Valle de Toluca por su extremo oriental. La planicie del Valle de Toluca con un promedio de 2680 msnm esta considerada como la de mayor elevación de la República Mexicana.

Ubicada en los límites entre el Altiplano y la cordillera volcánica transmexicana la Cuenca Alta del Río Lerma comparte con la cuenca de México un mismo origen y posiblemente la misma secuencia en los fenómenos biológicos que le conforman. Ambas cuencas pertenecían a un mismo sistema hidrográfico que drenaba hacia el sur, como afluente del Amacuzac-Balsas. Sin embargo fue interrumpida a la dirección de los escurrimientos de sur a norte, debido a la actividad tectónica y volcánica del cuaternario la cual forma barreras, para que finalmente quedaran representados dos grandes cuerpos lacustres, que ocuparon tanto la zona del Valle de Toluca como la del Valle de Ixtlahuaca.

De esta forma quedaron diferenciados ambos valles como subcuencas integrantes de un nuevo sistema de drenaje, el sistema Lerma-Chapala -Santiago, la cual como ya se dijo tiene su origen en los escurrimientos provenientes de su parte alta. La porción que corresponde al Estado de México ha quedado dividido en tres cuencas (alta, media y baja), las cuales presentan diferentes condiciones paisajísticas; como se sabe, el río Lerma, unido con el Lago de Chapala y el río Santiago, forman uno de los sistemas fluviales más importantes del País. Para el caso de este estudio únicamente se analiza la Cuenca Alta del Río Lerma la cual comprende una superficie de 207909 hectáreas y pertenece al Estado de México. (S.A.R.H. 1988).

Cuenca Alta del Río Lerma esta comprendido entre los meridianos de 99° 52' y 99° 15' O.M.G. y los paralelos de 19° 05' y 19° 35' del hemisferio norte. (Mapa 1). Abarca veinte municipios y sus límites son los siguientes: norte con los poblados de Ixtlahuaca de Rayón, Jiquipilco y Santa Ana Jilotzingo; Al sur con los pueblos de Joquicingo, Tenancingo y San Pedro Zictepec; al sureste con el Nevado de Toluca; al este con la Sierra de las Cruces; al oeste sus límites son los pueblos de Almoloya de Juárez y Amanalco de Becerra (mapa 2).

2.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO LERMA

El clima predominante en esta zona pertenece al grupo de los climas templados húmedos y corresponde al C(W₂) (w) b(y)g clima templado, temperatura media del mes mas frío entre -3° y 18° C y la del mes mas cálido mayor de 6.5° C , con temperatura media anual entre 12° C y 18° C ; este tipo de clima también es característico por poseer un régimen de lluvias abundantes en el verano, y presenta variaciones zonales según las vertientes y la dirección de los vientos dominantes (García 1981).



Por su régimen de lluvias y su grado de humedad, este clima pertenece al subgrupo C (w_2), el más húmedo de los templados, subhúmedo con lluvias en verano, con un coeficiente T/P mayor de 5.50 y con un porcentaje de lluvias invernal menor de 5 de la anual de temperatura entre 5° C y 7° C, el mes más cálido del año es anterior a junio (mapa 3).

Por otra parte de acuerdo a la clasificación climática de Köppen los centros urbanos del valle de Toluca, tienen un clima Ctemplado subhúmedo, con temperatura media del mes más cálido inferior a 22° C.

En las vertientes interiores de las serranías que limitan el Curso Alto de la Cuenca del Río Lerma, las precipitaciones ascienden a más de 1000 mm. anuales mientras que en la planicie disminuye de norte a sur, presentándose hasta 450 mm. Anuales. (Brena J. et al 1981).

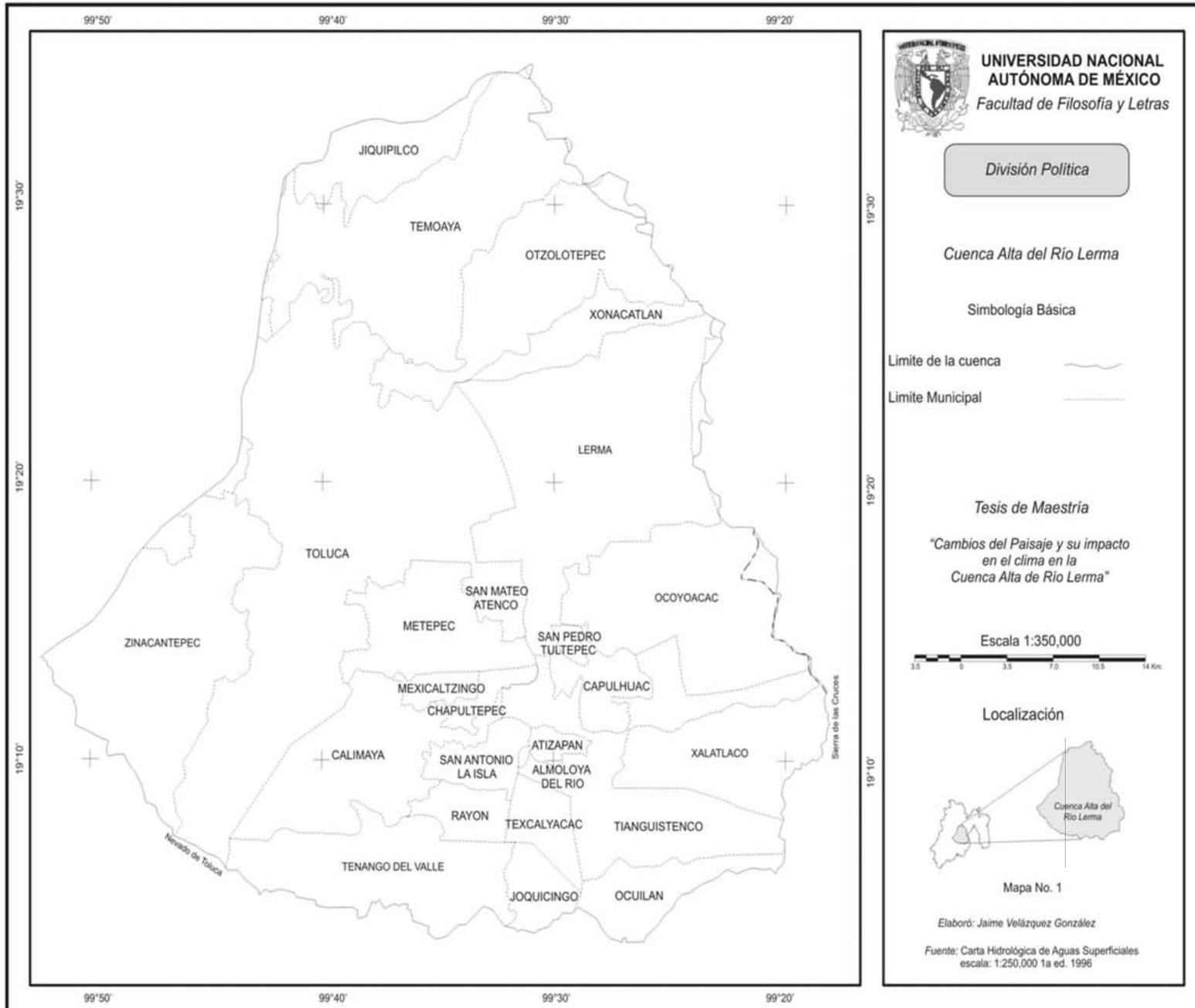
Cabe mencionar también que según datos proporcionados por el observatorio meteorológico de la Universidad Autónoma del Estado de México, el índice de las precipitaciones ha disminuido, esto debido a la resequedad de la atmósfera y el ciclo de las lluvias que ha cambiado.

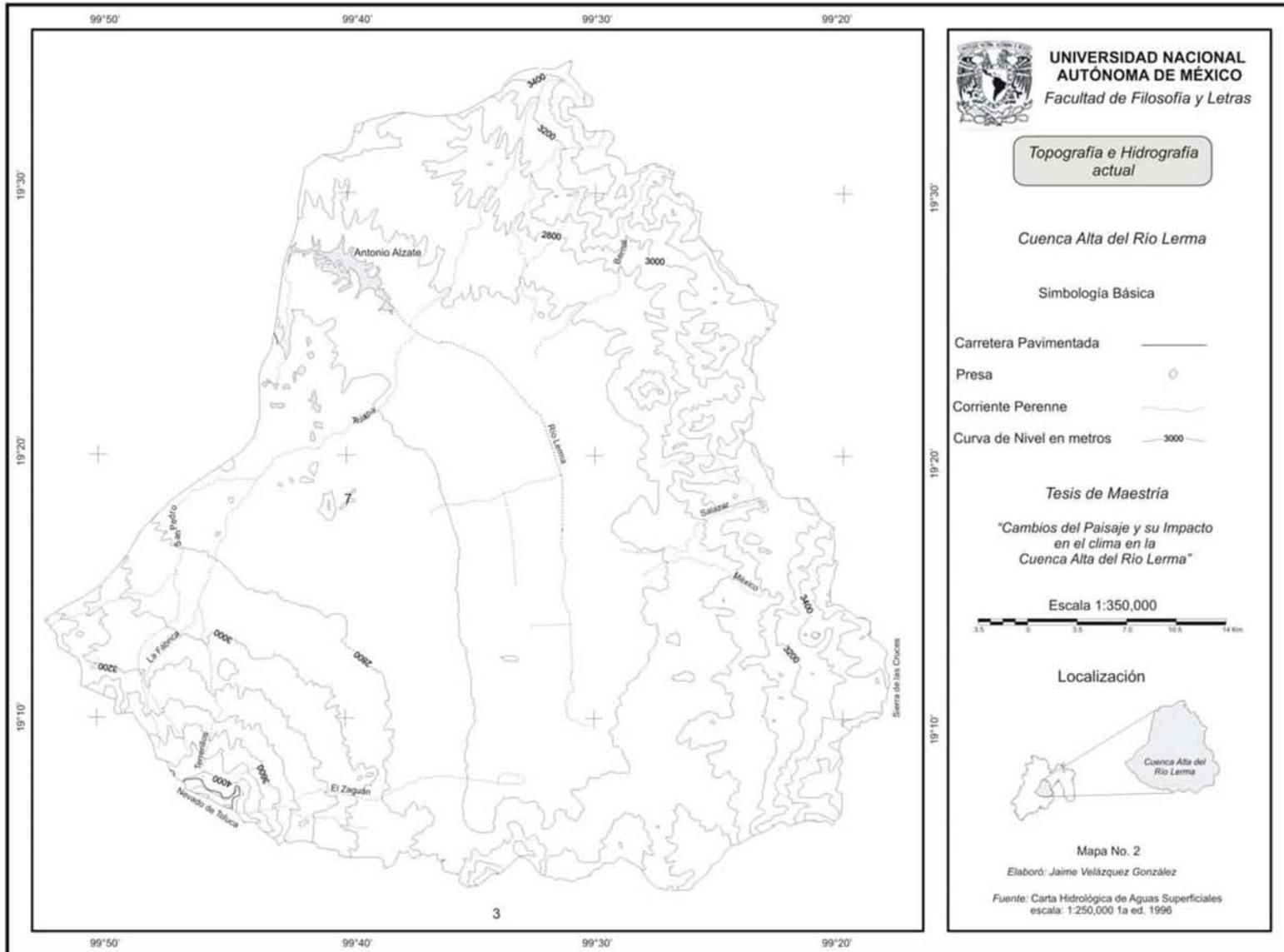
Indispensable resulta mencionar que factores climáticos tales como la latitud, altitud y topografía que rodean el área de estudio, determinan en gran medida la duración e intensidad de luz y calor recibidos del sol, entre otras variaciones. La ubicación y la altura en que se encuentran los instrumentos, así como los objetos, infraestructura y construcciones, pueden provocar también fluctuaciones atmosféricas. (mapa 3).

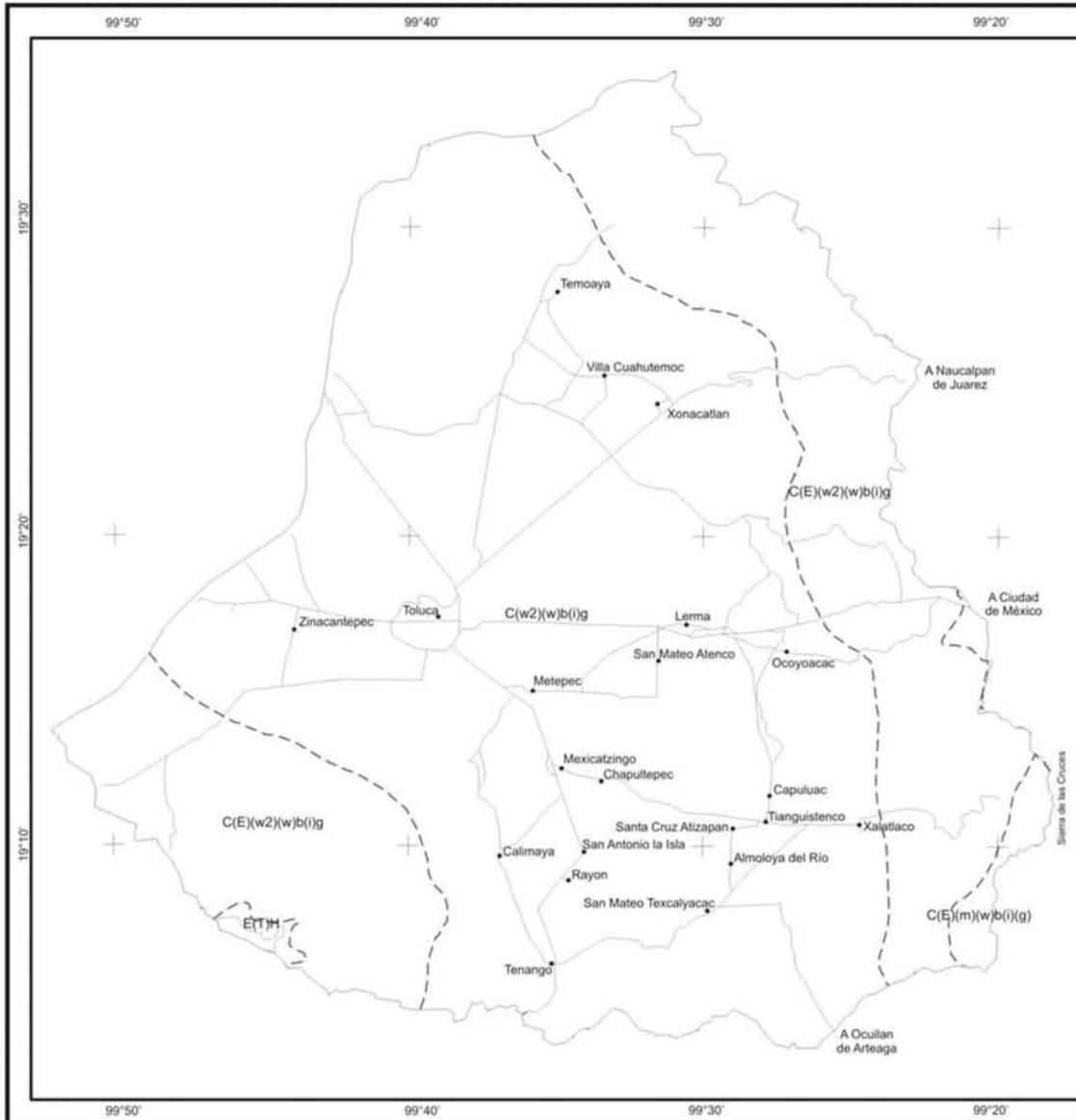
Geológicamente la Cuenca Alta del Río Lerma esta constituida de materiales aluviales; las montañas que lo rodean son estructuras rocosas de material ígneo extrusivo y tobas, estas montañas limitan en gran medida el crecimiento poblacional en las zonas norte y este del Valle. Los materiales aluviales están localizados en la zona central del área de estudio y se encuentran interrumpidos al este por areniscas, tobas y brechas volcánicas.

Sin embargo los materiales aluviales continúan con una dirección este-oeste hasta el poblado de Amomolulco, en donde limita con rocas basálticas y tobas muy intemperizadas.

En la carretera México-Toluca el material predominante dispuesto paralelamente desde la ciudad de Toluca hasta la Marquesa es de brechas y tobas volcánicas. Al sureste se encuentran rocas ígneas extrusivas intermedias producto de antiguas erupciones del Volcán Nevado de Toluca. La formación geológica de esta cuenca se remota a fines del pleistoceno aproximadamente hace 30,000 años y esta ligada a la formación de Ixtlaciualtl y Popocateptl.







UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 Facultad de Filosofía y Letras

Climas

Cuenca Alta del Río Lerma

Simbología Temática

C(E)(m)(w)b(i)(g) Clima semifrío, húmedo con verano largo, isotermal, la lluvia invernal es menor a 5% y la temperatura más alta se presenta antes del solsticio de verano

C(E)(w2)(w)b(i)g Clima semifrío, subhúmedo con porcentaje de precipitación invernal menor a 5, el verano es largo, es isotermal y la temperatura más elevada se presenta antes del solsticio de verano

C(w2)(w)b(i)g Clima templado, subhúmedo con verano largo, lluvia invernal inferior al 5%, es isotermal y la temperatura más elevada se manifiesta antes del solsticio de verano

E(T)H Clima frío, con temperatura media anual entre -2 °C y 5°C, y la del mes más frío es menor a 0°C

Tesis de Maestría

"Cambios del Paisaje y su Impacto en el Clima en la Cuenca Alta del Río Lerma"

Escala 1:350,000

Localización

Mapa No. 3

Elaboró: Jaime Velázquez González

Fuente: "Atlas General del Estado de México". IGECEM. 1993.



Las rocas ígneas están constituidas por diversos minerales, que al desintegrarse y descomponerse por diversos procesos, originan productos favorables al suelo y nutrientes para las plantas, por lo cual algunos suelos originados a partir de estas rocas, son productivos desde el punto de vista agrícola; sin embargo en la parte alta de la zona de estudio, por presentarse otros factores, esa característica se limita y solo pequeñas zonas son aptas para actividades agrícolas. Lo que se desarrolla favorablemente es la vegetación de bosque de pino, encino y oyamel.

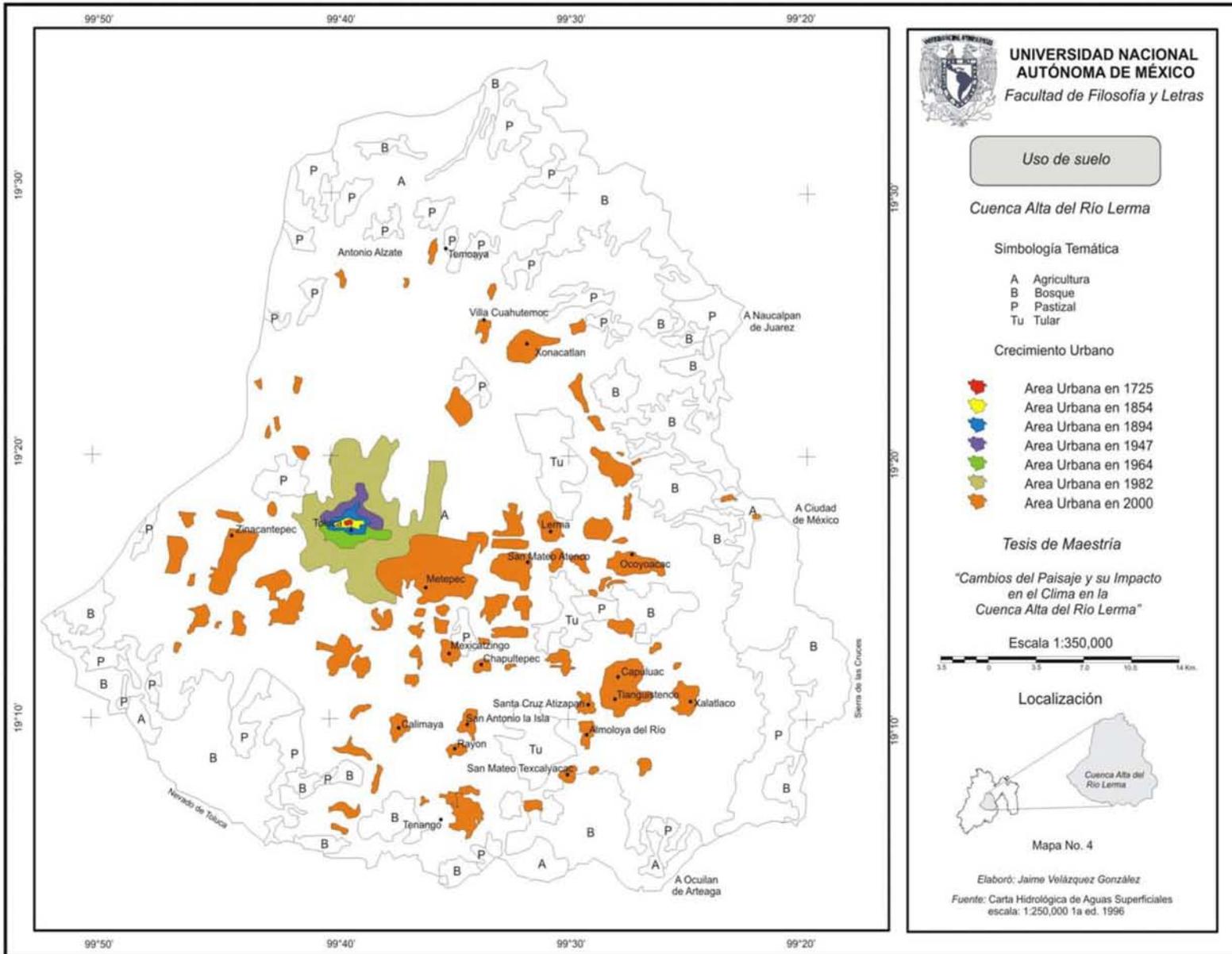
En la parte baja del área de estudio gracias a la formación de suelos aluviales y lacustres, formados por sedimentos depositados por corrientes de agua y por otros factores existentes en el área, se convierten en altamente productivos, por lo que la agricultura se ve favorecida.

Los suelos predominantes en la mayor parte de la Cuenca Alta del Río Lerma son de tipo Feosem Háptico combinados con vertisol pélico, tienen una intensidad de color baja, son suelos que se cubre solos, el mismo suelo cae de las fisuras que se forman al secarse el terreno; de acuerdo a la clasificación de Glynka, estos suelos corresponden a la clasificación de endodinamorficos y zonales, es decir se deben a condiciones externas y climáticas; en estos suelos se forma ácido carbónico como resultado de la oxidación de la materia orgánica, pero esta no se descompone correctamente, su potzolización es de color gris-café, característico de zonas templadas con lluvias en verano.

Este tipo de suelo que presenta la región de estudio, es el escenario de una gran diversidad de actividades de la población: desde el aprovechamiento de su potencial productivo (agrícola, forestal, pecuario entre otros) hasta el soporte de centros de población, industrias y su correspondiente equipamiento e infraestructura. (mapa 4).

El uso predominante del suelo de acuerdo a las características del mismo ha sido la agricultura, el cual ocupa una superficie aproximada del 56.5 %, respecto a la región, esta actividad se distribuye en todos los municipios ocupándolos en parte o en su totalidad.

El segundo uso en importancia esta el pecuario, pues esta actividad esta intercalada con los usos agrícola y forestal. Su presencia se da en todos los municipios, ocupando tierras agrícolas abandonadas, sobre los cuales se desarrolla un tipo de ganadería extensiva.





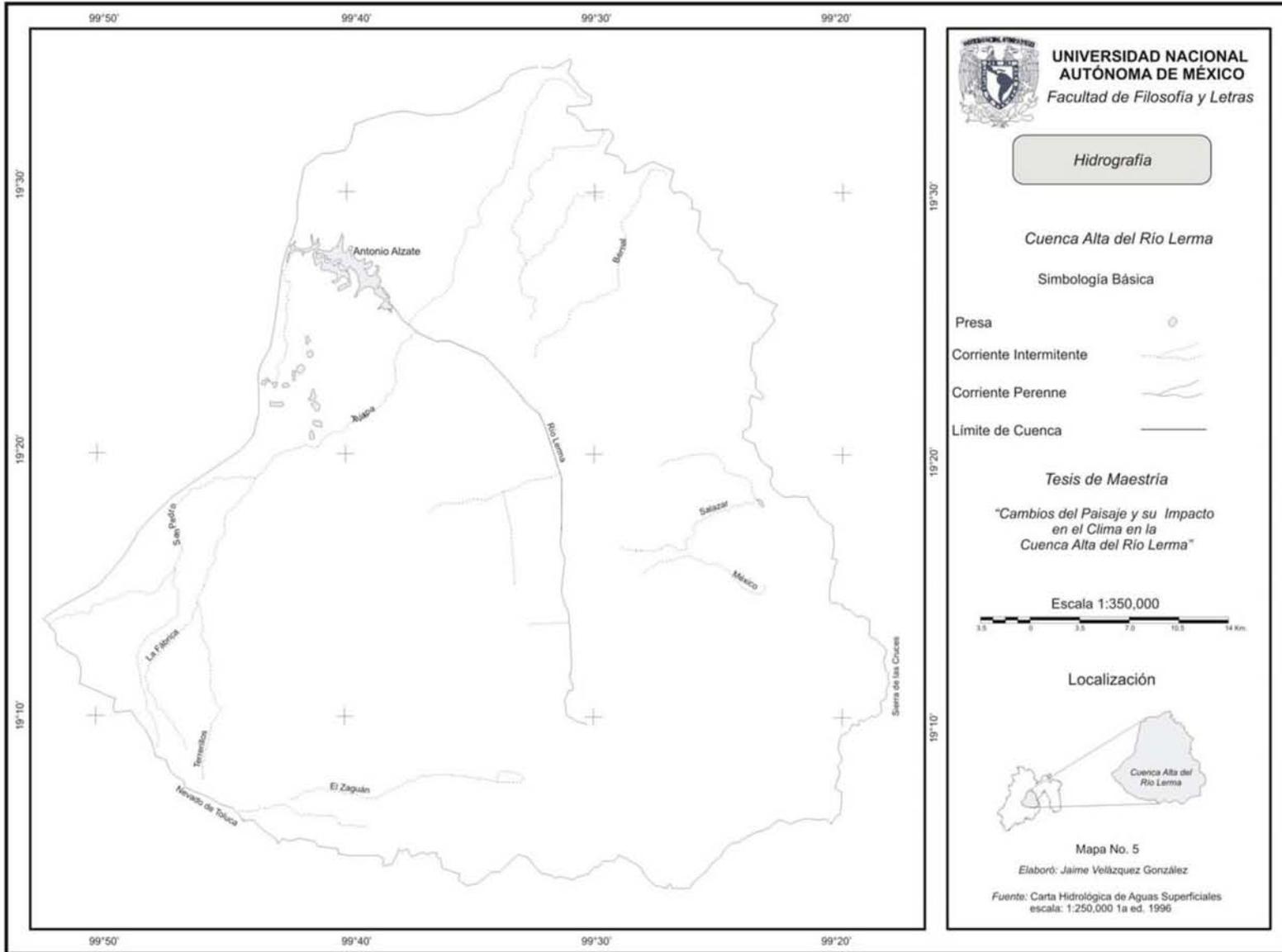
Por otro lado en las partes altas que circundan a la cuenca están ocupadas por uso forestal, el cual es explotado para extraer diversos tipos de maderas, así como carbón y leña para combustible. Esta explotación se ha venido desarrollando de una forma irracional lo que ha provocado una disminución en la densidad de los bosques que en algunos es de unos cuantos individuos por hectárea. Los terrenos desmontados son aprovechados para introducir pastizales o para apertura de nuevas tierras al cultivo.

La hidrología de la zona de estudio ha jugado un papel primordial en el desarrollo y dedicación de las actividades económicas, pues en gran medida la hidrología ha provocado cambios en el sector económico, esto debido al desecamiento y extracción del vital líquido el cual se envía a la Ciudad de México.

Actualmente las escorrentías superficiales del área, están compuestas principalmente por el Río Lerma, el cual nace en la laguna de Chignohuapan, en la parte más alta de la cuenca y corre con una dirección Norte-Sur, para descargar sus aguas en la presa “Antonio Alzate”; también existen en el área de estudio otros pequeños cuerpos de agua de menor importancia, así como un sin número de escorrentías temporales. (mapa 5).

Por la situación geográfica en la que se encuentra el curso alto de la cuenca del río Lerma, se consideran para esta investigación 17 estaciones climáticas de acuerdo a su ubicación en el área de estudio quedando distribuidas de la siguiente manera: hacia el norte se encuentran 5 estaciones climáticas que corresponden, hacienda la Y, Mimiapan, Atotonilco, Temoaya y Jiquipilco, las cuales por su orografía son de suma importancia para el desarrollo del trabajo, mientras tanto que en la parte sur de la zona de estudio se encuentra las estaciones: El nevado de Toluca, la cual por sus características geográficas se considera la estación más relevante de acuerdo a las datos meteorológicos obtenidos a través de esta, por su parte las estaciones Santiago Tianguistenco, Tenango del Valle y Almoloya del Río y el Capulín Xalatlaco, también son importantes para este tipo de investigaciones.

En lo que corresponde a la parte central del área de estudio encontramos las estaciones: Lerma, Toluca, Atarasquillo, San Francisco Tlalcilcalpan y Joquicingo. Finalmente en la parte noreste del curso Alto de la cuenca del río Lerma, tenemos las estaciones Huixquilucan y la Marquesa. Como se puede observar en el mapa de ubicación de estaciones climáticas la mayoría de las estaciones se encuentran alrededor de las zonas montañosas del área de estudio.





2.3. EL PASADO LACUSTRE Y ECONÓMICO DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO LERMA

Desde épocas muy remotas la Cuenca alta del Río Lerma ha tenido una gran participación en la vida social, política y económica de nuestro país.

Romero (1979) menciona, antes de la llegada de los españoles, el valle contaba ya con una larga tradición como centro productor agrícola y su variedad en este ramo conjuntamente a la de alimentos extraídos de sus lagunas, desdice la creencia de que el pueblo prehispánico estaba mal alimentado. Para aquel período “veríamos en las playas de las ciénegas de Chicnahuapan (hoy Lerma) y sus riveras de tierras húmedas y, los intensos cultivos que hacían los habitantes del valle; cultivaban centli o maíz, etl o frijol, huatli o alegría (amaranto) ayotl o calabaza, chillis o chiles y otras especies”.

Sánchez (1951) argumenta, esta tradición agrícola comienza desde que los toltecas llegan a la cuenca en el año de 544 y descubren la manera de cultivar y usar provechosamente el maíz, costumbre que se generaliza entre los subsecuentes habitantes de la cuenca. Ejemplo de ello fueron los matlatzincas, de origen tarasco, que residieron en la planicie de Toluca durante varios siglos y cultivaron intensamente este producto, por lo que pueblos vecinos, como los aztecas, los invadieron para apoderarse de sus graneros y grandes cosechas. Fue el año de 1472 cuando se lleva al cabo el primer encuentro entre aztecas y matlatzincas, a partir de entonces se suceden innumerables guerras de conquista y rebelión para que, finalmente, el valle y sus habitantes quedaran como una provincia más del imperio azteca.

Con el propósito de consolidar la Conquista, llegan grandes contrincantes de familias mexicas a poblar los sitios estratégicos, como en el caso de Tollocan o Teotenango, y a fundar multitud de pueblos nuevos, entre los que se puede mencionar a Mexicaltzingo y Chapultepec. A través de estos asentamientos del imperio reafirmo su poderío y tomó como propia la riqueza que significaban tanto los nuevos dominios, como los recursos existentes en ellos, sobre todo el maíz, que representaba para todos los pueblos mesoamericanos la base de su alimentación además de objeto de culto.

Gerhard (1972) cita, durante la conquista, la provincia azteca de Matlatzinco fue blanco de invasiones y destrucción por parte de los españoles, hasta que Hernán Cortés decide reedificar Toluca, su ciudad principao, y fundar el marquesado del valle en 1520.

A lo largo de la época colonial, la Cuenca Alta del río Lerma, mantuvo un lugar sobresaliente dentro de la economía del reino y la intendencia de México, primero como abastecedor de alimentos a los principales núcleos de población y, segundo, como paso forzoso hacia los grandes centros mineros de dichas unidades administrativas, cuya relevancia hizo posible la construcción de numerosos caminos ligados básicamente a la ciudad de México, a pesar de las dificultades geográficas a vencer (Béjar y Casanova, 1970).



A partir de entonces, y hasta la primera mitad del pasado siglo, la Cuenca alta del Río Lerma, llegó a considerarse como un sitio de gran importancia agrícola dentro del Estado de México y del país. Pero en los inicios de la década de los cincuenta, las actividades económicas del área presentan una nueva orientación, debido a que el Distrito Federal se pretende moderar el crecimiento industrial dentro de la zona metropolitana y se frena de golpe las autorizaciones para el establecimiento de nuevas industrias; por lo tanto, en 1965 el citado crecimiento industrial se tuvo que desplazar hacia los municipios colindantes del Estado de México y el valle de Toluca, este último por cierto, presentando una serie de ventajas sobre la zona de suburbios, ya que contaba con todos los servicios y que son el resultado de políticas gubernamentales, además de la ausencia de congestionamientos y la corta distancia que lo separa del Distrito Federal. (Bataillon, 1973).

Esto dio la pauta para que la Cuenca del Río Lerma, teniendo como centro a la ciudad de Toluca, presentará un despertar a la vida urbana regional, por la implantación de dichas industrias y pasará a ser un polo de atracción poblacional de gran fuerza.

En el ramo industrial, el Estado de México en su conjunto, ha tenido grandes avances, con un crecimiento superior al 500% en la década 1960-1970, la misma situación que se presenta en las posteriores décadas, aunque en menor porcentaje y los primeros sitios de producción nacional en las industrias química, automotriz, textil, alimenticia y eléctrica (en el capítulo posterior se hablará sobre este rubro). Dentro de ese conjunto de producción la Cuenca alta ha tenido un lugar preponderante al tiempo de la creación de los parques industriales.

Por otro lado, a pesar de que en su planicie de la cuenca, se ubica el corredor Toluca-Lerma, Toluca 2000 y los parques industriales de Tianguistengo y Tenango; en los municipios que la componen, las actividades primarias continúan aún ocupando a casi la mitad de la fuerza laboral y, dentro de ellas, la agricultura es su quehacer principal.

La intensidad de estas labores ha permitido que el valle se convierta en centro abastecedor de bienes agrícolas de varios estados y por supuesto, del área metropolitana del DF, misma que requiere de tales servicios debido a la reducción de su área dedicada al cultivo en aras del avance de la mancha urbana.

De esta forma, las relaciones interregionales con la ciudad de México se intensifican y fortalecen constantemente, y el Curso Alto de la Cuenca del Río Lerma pasa a integrar lo que Rentería (1975) llama la “Región polarizada del gran conglomerado central del país”, que basa su funcionamiento en el equilibrio que le brindan ciudades como Cuernavaca, Puebla, Querétaro, Pachuca, Tlaxcala y la misma ciudad de Toluca.

Finalmente y reforzándose este hecho, surge en la ciudad de México el problema de abastecer a su población de un servicio tan indispensable como lo es el agua, y una vez más el Estado de México, en especial el Curso Alto de la Cuenca del Río Lerma, es contemplado como la fuente de abastecimiento más viable, porque representa en función de su cercanía, su altura y la calidad de su agua, la mejor opción como fuente externa.



En estas condiciones el Gobierno del Estado de México y el Departamento del Distrito Federal convienen en inaugurar en 1951 las obras de extracción, conducción y abastecimiento, más importantes que se hayan realizado en México hasta ese entonces.

2.3.1 Potencial hidrológico

La Cuenca alta del Río Lerma, con un promedio de 2680 msnm considerada como la mayor elevación de la República Mexicana con estas características. Ubicada en los límites entre la Cordillera Volcánica Transmexicana y el altiplano, comparte con el valle de México un mismo origen y posiblemente la misma secuencia en los fenómenos geológicos que le conforman.

La actividad tectónica y volcánica del cuaternario formó barreras que interrumpieron la dirección de los escurrimientos hacia el sur, y quedaron represados para formar grandes cuerpos lacustres que ocupaban tanto la zona del valle de Toluca como la del valle de Ixtlahuaca.

Los depósitos lacustres fueron formados a partir de la desecación de los cuerpos de agua existentes en épocas geológicas pasadas, cubriendo la mayor parte del fondo de la cuenca e intercalándose con las cenizas volcánicas fruto de dicha actividad. Una vez que se rellenó la zona lacustre, se inició una nueva etapa de tectonismo y volcanes asociados, que siguiendo la dirección E-W, formaron escalones de falla y separaron el gran lago de Toluca-Ixtlahuaca en dos partes, iniciándose un nuevo sistema de drenaje hacia el norte.

De esta forma quedaron diferenciados ambos valles como subcuencas integrantes de un nuevo sistema de drenaje, el Lerma-Chapala-Santiago, que tiene su origen en los escurrimientos provenientes de su parte alta.

La Cuenca Alta del Río Lerma, posee ciertas características que la distinguen como parte importante del sistema hidrológico. En primer lugar, la determinación de sus límites se basa en la presencia de numerosas serranías que lo rodean y separan de otros valles.

La parte más amplia se localiza en el centro del valle y se va adelgazando hacia el noroeste para terminar en un estrechamiento donde ahora se ubica la presa José Antonio Álzate, construida en 1961, la Cuenca Alta del Río Lerma, se manifiesta como un amplio espacio geográfico cubierto de potentes espesores de depósitos lacustres, sensiblemente paralelo al antiguo cauce del Lerma.

Los procesos naturales que influyeron en la desecación de los lagos se puede relacionar a cambios climáticos, o a los mismos cambios de drenaje. El hecho es que las dimensiones y formas de los lagos, sufrieron numerosas transformaciones, quedando reducidos a lo que se conoce como lagunas Lerma. En cuanto a procesos artificiales antes de 1960, ya existían evidencias de gran utilización a través de pozos locales y canalizaciones para riego, pero a partir de la segunda mitad del siglo pasado, las reservas de agua comenzaron a ser



explotadas intensamente, logrando de 1950 a 2000, una transformación esencial en el conjunto del paisaje geográfico correspondiente.

Los cambios más evidentes son los sufridos por el drenaje superficial, evidenciados en una importante disminución de la superficie lacustre, en las captaciones de manantiales y en rectificación artificial del cauce para drenar las lagunas, además de la intercepción de numerosos escurrimientos.

Por la naturaleza de los manantiales y la zona de infiltración que constituyen la cuenca, el agua de lluvia escurre y se infiltra a grandes profundidades, formándose cuerpos acuíferos de importantes dimensiones. De esa agua, una parte está destinada a la formación de manantiales, lagunas y ríos. Otra parte forma zonas pantanosas y niveles freáticos someros. Por último, otra parte de menor importancia fluye probablemente siguiendo el drenaje general de la cuenca llegando a formar manantiales, a partir del afloramiento de acuíferos cortados por la erosión.

En general se captan aguas de 4 zonas de manantiales: Almoloya, Texcaltengo, Alta empresa y Ameyalco; y aguas artesanales profundas por medio de pozos localizados a lo largo de la margen oriental de la laguna Lerma.

Como se indicó con el drenaje superficial, el subterráneo también presenta alteraciones por la implantación de obras hidráulicas, tanto locales como del Distrito Federal. Las extracciones para el DF, consisten en la construcción de acueductos que tienen un desarrollo aproximado de 50 Km. A lo largo de los dos valles y otro de 14.3 Km. que une al área de estudio con la ciudad de México cruzando la Sierra de las Cruces a una profundidad promedio de 800 m. a partir de los picos más elevados.

La explotación de agua de esta zona obedece y/o es el resultado de dos fenómenos de índole natural. En primer lugar, el clima reinante en el valle (Cw) se caracteriza por poseer un régimen de lluvias abundantes en el verano y presenta variaciones zonales según las vertientes y la dirección de los vientos dominantes. En la vertientes interiores de las serranías que limitan el Curso Alto de la Cuenca del Río Lerma, las precipitaciones ascienden a 1066 mm anuales, mientras que en la planicie disminuyen de norte a sur, desde 900 mm a 447 mm anuales respectivamente. (Brena J. et al., 1981)

En este sentido, cabe agregar que el índice de precipitación total del área según el servicio Meteorológico de la UAEM, ha disminuido a 440 mm al año por la resequedad de la atmósfera y que el ciclo de lluvias ha cambiado, ya que se iniciaba a mediados de abril y en la actualidad comienza a principios de junio. Por lo cual la capacidad de infiltración, también se ve disminuida.

En segundo lugar, otro hecho que repercute en el volumen de recarga ya mencionado, es la capacidad de infiltración y almacenamiento que poseen las rocas y sedimentos de la cuenca.



2.3.2 El medio acuático

La Cuenca Alta del Río Lerma, nace precisamente en el municipio de Almoloya del Río, que se ubica en la planicie del valle de Toluca.

El nombre dado al río Lerma a partir de la colonia (1613), posiblemente no tenga que ver con la naturaleza y el funcionamiento del mismo, pero al investigar en sus orígenes prehispánicos se pudo conocer un poco más acerca de él.

En ese tiempo el río Lerma recibía el nombre de Chicnahuapan que en Náhuatl significa “nuevas aguas o aguas nueve veces extendidas”. El gran río de este nombre, nacía en Almoloya, lugar donde brota el agua, en el cual existían una gran cantidad de manantiales (se conocían hasta 1950, nueve de ellos) y a partir de su nacimiento se extendían sobre la planicie del valle, formando lagunas o ciénegas propiamente dichas (Romero Q. 1980).

Parte de esa agua se utilizaba para abastecer e irrigar a las poblaciones cercanas y los excedentes de uso se derramaban en la ciénega chicnahuapan, que se estrechaba poco a poco en dirección al desnivel del norte.

Según Domínguez (1988) al llegar a Tianguistenco, se ensanchaba otra vez formando una segunda ciénega, mayor que la primera, con el nombre de Chimaliapan. Esta también se veía reducida en su extensión norte, pero al llegar a los terrenos del municipio de Lerma, se volvía a expandir formando una tercera ciénega, llamada laguna Lerma.

A partir de la tercera ciénega, las aguas se encausaban definitivamente para formar el río Lerma, que atraviesa la parte Alto de la Cuenca en dirección noreste, recibiendo gran cantidad de afluentes. Por la margen derecha recibía las aguas del Tianguistenco, del manatial Texcaltenco, del Ocoayoacac, Ameyalco, Atarasquillo, San Pedro, el Caparrosa, el Temoaya, el Solano, del manatial Jocotitlán y del Sila. Por la margen izquierda recibía las aguas del Verdiguel, del Calixtlahuaca (Tecaxic), Santa María del Monte y Mineral de Oro.

Esta descripción presenta un panorama general de las condiciones hidrográficas previas a la extracción, un año antes (1950) de que fueran inauguradas formalmente las obras del Lerma.

Como se puede observar, el medio acuático se manifestaba abundante y variado en aquella época, por lo que las formas de vida asociadas a dicho hábitat presentaban gran diversidad y riqueza.

Las lagunas y ciénegas eran fuente de numerosas actividades, y se obtenían de ellas innumerables especies, tanto vegetales como animales. Estas especies conformaban la dieta diaria de los habitantes del lugar y en las entrevistas realizadas se recuerdan aquellas condiciones, como las de mayor variedad alimenticia.



El bombeo intensivo que actualmente se está efectuando en los valles de Toluca y de Ixtlahuaca, asciende a $15 \text{ m}^3/\text{seg}$ y demuestra la ineficiencia en los estudios para calcular la potencialidad de recarga de los acuíferos.

El impacto directo de la extracción por bombeo se advierte claramente en la disminución de la superficie lagunar y de los terrenos pantanosos por la desaparición del confinado acuoso en el secado de los manantiales y norias y en la reducción del gasto del flujo del río Lerma.

Por otra parte, el drenaje natural superficial, ha sido modificado por la canalización y captación de los afluentes y del río principal, tanto para las obras del Departamento del Distrito Federal, como para el uso local.

La extracción también tiene claras consecuencias en las funciones hidrológicas de la subcuenca. Durante la primera etapa de operación de las obras se registró un abatimiento en los niveles de los acuíferos, aunque no revistió gran importancia y solamente se afectó el caudal de algunos manantiales; con la operación de la segunda etapa segundo semestre de 1967, los niveles de los acuíferos cambiaron bruscamente. Hoy en día las condiciones que se tenían a mediados del siglo pasado, se han transformado rotundamente y de manera irreversible, situación que ha puesto en peligro las condiciones medioambientales de la Cuenca Alta del Río Lerma.

Para el uso del suelo, la disminución en la superficie lagunar y cenegosa ha permitido la creación y ocupación de nuevos terrenos agrícolas; pero en contraste, el abatimiento en los niveles freáticos tiene efectos negativos para su posible aprovechamiento ya que en las zonas en que antes se practicaba la agricultura de riego, en la actualidad quedaron reducidas al temporal, porque al descender al nivel de las aguas la carga de las bombas empleadas para tal fin no es suficiente y la carencia de recursos económicos para perforaciones mayores, determina que el agricultor se decida por lo más seguro y siembra aquellos productos que no representan riesgos en tales condiciones (Domínguez, 1989).

2.3.3. El medio terrestre

De acuerdo a los estudios sobre la evolución geológica de la zona, se tiene conocimiento de que el valle actuaba como el vaso receptor de un gran lago, que al descender dejó innumerables evidencias entre las cuales se puede citar: por un lado, el depósito de materiales, determinó la perfecta clasificación de los mismos en los estratos del fondo y la formación de grandes superficies planas; en las vertientes de los derrames lávicos que rodean la planicie, se presentan terrazas lacustres que evidencian los límites del antiguo cuerpo de agua, este fenómeno aún se observa en las cercanías de Texcalyacac; otra evidencia sería la existencia de actividad lacustre, todavía representaba en la formación de superficies lagunares (Ortiz, 1995).

De esta forma el medio terrestre de la Cuenca alta del Río Lerma estuvo caracterizado, hasta antes de 1950, por la combinación de tres formas predominantes: la zona montañosa



formando el vaso receptor, las grandes planicies con depósitos lacustres, y los conos volcánicos, que según su localización con respecto a las lagunas, formaban islas.

Estudios de la Comisión Hidrológica, menciona que los efectos en el relieve de la planicie no han sido muy profundos, sin embargo se observa un descenso general en el nivel de la planicie de muy poca importancia, nunca comparable al hundimiento de la ciudad de México, que se asienta a razón de 1 mm por año (también por la sobre explotación de sus acuíferos y el peso de los edificios); en el valle de Toluca el hundimiento no es tan importante debido al escaso número de construcciones (solo en Toluca) y que la extracción del agua es relativamente reciente (Carrillo, 1989).

Los únicos cambios importantes, en cuanto a relieve se refiere, serían los resumideros formados en la planicie recién desecada, entre Almoloya y Santa Cruz Atizapan. A finales de 1961, los habitantes de Almoloya del Río vieron desaparecer los últimos restos de su laguna, en grandes oquedades circulares que nunca habían visto, en un fenómeno repentino.

Según Mooser (1962), las causas de ello se remiten al funcionamiento hidrológico afectado por las extracciones: la laguna Lerma forma un vaso superficial colgante y el nivel freático regional debe haberse hallado originalmente muy cercano a la superficie, por lo que coincidían con el nivel del fondo del agua. Ahora por el intenso bombeo el nivel freático regional ha bajado unos metros y ha causado grandes espacios vacíos y como las aguas colgantes encontraron una grieta a través de las arcillas, se llevo a cabo una rápida y repentina comunicación a través de las oquedades subterráneas mencionadas.

Para los nuevos terrenos agrícolas o de pastizal, esta manifestación resulta un impedimento a la introducción de maquinaria de cualquier tipo, por que se teme que el peso haga ceder al terreno y se formen nuevos hundimientos, además de que se pierda la maquinaria. Los cambios en el relieve pueden ser poco significativos a corto plazo, pero con el paso del tiempo, se podrán observar los efectos ocasionados por el descenso del nivel de las aguas. El abatimiento, quedará evidenciado, a largo plazo, por la mayor profundidad de disección en los cauces de los escurrimientos que alimenten a los acuíferos.

Por otra parte, en cuanto a suelos y vegetación, las lagunas y planicies aledañas, estaban enmarcadas hasta mediados del siglo pasado por sauces, ahuejotes, pastizales y cultivos variados y de las montañas cercanas, los bosques abarcaban prácticamente hasta las zonas inmediatas en la planicie (Romero Q. 1980).

El comportamiento de patrones suelo-vegetación indica claramente que sus condiciones naturales han sido alteradas por acción del hombre, en dos sentidos principales:

Para el aprovechamiento del suelo en las zonas planas, la desecación está jugando un papel importante al dejar expuestos suelos muy ricos en nutrientes y listos para ser utilizados con los mejores rendimientos en la agricultura.



Por otro lado las condiciones demográficas y económicas que subsisten en la cuenca propician que la agricultura de la planicie se extienda hacia las zonas montañosas, no importando que las condiciones de los suelos en dichas zonas, no sean las mejores en cuanto a grado de pendiente, drenaje y nutrientes.



CAPÍTULO 3 EL PAISAJE EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO LERMA

3.1. CAMBIOS E IMPACTOS DEL PAISAJE EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO LERMA DE 1950-2000

En México, como en todo el mundo los modelos de uso de suelo han sido un factor de análisis pues cada quien le ha dado la vocación que mejor considere según la dirección política que este tenga; por ejemplo el crecimiento tan desmesurado de la población y las diferencias en los niveles de vida urbano-rural, han dejado como resultado el abandono del campo, ante la posibilidad de subsistir en el.

Esto ha dejado como consecuencia la estimulación en el cambio de uso del suelo, puesto que la ciudad brinda ventajas que las zonas rurales no poseen, por mencionar solo algunas, en la ciudad tenemos la reducción de los costos del transporte, fácil acceso a la mano de obra calificada, servicios técnicos especializados, medios culturales, educativos, etc.; así como la garantía de un mercado local y nacional para los bienes y servicios producidos en la ciudad (Flores, 1991).

Como se observa son muy atractivas estas ventajas, sin embargo hay que reconocer que traen consigo toda una serie de factores negativos entre los que podemos citar: áreas rurales cercanas transformadas en asentamientos urbanos, con un crecimiento sin planeación de la misma; cambios en las formas tradicionales creativas y de esparcimiento en la antigua población campesina; sustitución del arraigo al suelo es decir, cambios en los productos cultivados; la desaparición de las áreas verdes y de zonas hidrológicas entre otras (Montes y Rivera, 1997)

Pero no solo lo que ofrece y lo que se afecto a la ciudad-campo, es lo que cubre el presente trabajo el objetivo primordial del mismo es analizar cuales han sido los cambios en las últimas cinco décadas; de las zonas arboladas, la hidrología, las zonas pecuarias y las zonas urbanas la forma en la que se ha repercutido en las condiciones climáticas, entendiéndose estas variables como parte del paisaje como la cita Bertran (1972), uno de los autores que más han contribuido a los estudios recientes sobre el paisaje .

De esta manera en el siguiente cuadro se aprecia el comportamiento del uso del suelo de 1950 – 1960, 1960 – 1970, 1970 – 1980, 1980 – 1990 y de 1990 – 2000.



Cuadro 4. Comportamiento de Uso del Suelo en la Cuenca Alta del Río Lerma 1960-2000 (Hectáreas)

Curso alto de la Cuenca del río Lerma	1960	1970	1980	1990	2000
Urbano	2 301	2 974	6 153	12 239	12263
Hidrológico	15 857	7 634	5 172	4 135	4135
Forestal	55 729	21 409	38296	43053	42605
Pecuario	25 609	21 126	10 500	10889	10891
Agrícola	64 503	71 215	116 736	96570	96650

Fuente: Gobierno del Estado de México "Uso de suelo" 2000 IIIGCEM

Sin embargo, cuando se habla de cambios en el uso del suelo, no se puede dejar de lado entonces, las teorías que hablan sobre este tema; para ello, fue necesario la revisión de bibliografía existente, dedicada al uso del suelo y los factores que producen cambios en los mismos para de esta manera, establecer el patrón de la zona. Von Thunen (1971) es quien realiza el primer intento para explicar los cambios en el uso del suelo, haciendo un análisis sistemático de los factores predominantes tanto económicos como físicos.

A partir de esta teoría se han realizado un sin número de trabajos, los cuales buscan comprobar o disprobar el modelo de Thunen, como lo son el: Chishlom (1970), Lloyd y Dicken (1972) y el de Walter (1980).

Cuando el análisis se profundiza más, los resultados obtenidos llámese la teoría de que se está hablando, siempre serán negativas para el paisaje, puesto que las actividades del hombre han causado alteraciones en el curso normal de los climas originando un deterioro que cada día se expande, consumiendo los pocos recursos que aún quedan en el planeta.

Ante esta problemática y a través de un análisis del paisaje en los últimos 50 años, constituye una alternativa para poner de manifiesto los grandes problemas que se han ocasionado a estos importantes recursos y a la vez reorientar a la población de esta zona, anteponiendo la potencialidad de dichos recursos a un mejor aprovechamiento.

Por lo anterior y como parte del objetivo principal de la presente investigación se analizará más ampliamente los cambios del crecimiento urbano, la deforestación, la reducción de la barrera agrícola, la reducción de las zonas pecuarias y las superficies ocupadas por agua.

3.2. COMPORTAMIENTO DE LA POBLACIÓN EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO LERMA

Uno de los aspectos más importantes del paisaje lo compone sin duda alguna la población, tanto de manera cuantitativa como cualitativa; las variaciones cuantitativas pueden ser causa y/o efecto del abandono rural o de la disminución de la mano de obra agrícola. Por esa razón el análisis sociodemográfico de la Cuenca Alta del Río Lerma se contempla como un auxiliar en la consecución del conocimiento de la evolución y



comportamiento de la población del mismo, ya que estos dos parámetros pueden evidenciar la generosidad o las desventajas presentes en las condiciones del medio paisajístico. Razón por la cual se analizarán las condiciones de la población de 1950 - 1960, 1960 - 1970, 1970 - 1980, 1980 - 1990 y 1990 - 2000 para establecer el efecto de sus cambios en la utilización del uso del suelo.

La población de la Cuenca Alta del Río Lerma a lo largo del período comprendido de 1960 a 2000 ha manifestado grandes variaciones, las cuales responden al efecto nacional de un proceso de crecimiento económico industrial, que tiene como principal objetivo la atracción de la población rural a las zonas urbanas, dejando como resultado grandes urbes o metrópolis, así como también los parques o corredores industriales. Por otro lado también se ha comenzado a dar un gran abandono de la actividad rural, dejando como consecuencia que la población salga de su lugar de origen en búsqueda de un mejor nivel de vida así como la búsqueda de nuevas oportunidades.

El crecimiento poblacional en México se ha dado de manera exorbitante en las últimas décadas. El Estado de México, no ha sido la excepción pues para la década de los sesenta tenía una población de 1 000 001 habitantes, y 11 poblaciones con más de 50 000 habitantes; esta característica solamente la ciudad de Toluca la tenía pues para estas fechas ya contaba con una población de 156 033 habitantes, (Censo general de población 1960). También ocupa uno de los primeros lugares a nivel nacional ya que en su totalidad según datos del censo de población y vivienda presenta un crecimiento superior al 9% anual.

Para la década de los setenta y ochenta, superó al porcentaje nacional, que para las mismas fechas llegó a ser de 3.4% anual conforme al censo general de población (1980), este crecimiento sin duda alguna obedece a la cercanía con la zona metropolitana de la Ciudad de México.

Para el caso del área de estudio la Cuenca alta del Río Lerma las tasas de crecimiento poblacional son menores con respecto al resto del estado y muy semejantes a las medias nacionales. En el periodo de 1960-1970 se presenta un crecimiento de 3.5% anual superando lo de la década anterior la cual había sido de 2.4%, es decir, para 1960 la población que integraba la cuenca era de 367 759 habitantes, Y para 1970 la población ascendió a 524 108 lo cual representa un incremento de 42.5% en la década. (Ver cuadro 5). En este mismo decenio (60-70) se observó, también un considerable proceso de urbanización debido a la captación de mayores ingresos de las industrias ubicadas en esta región que comenzaba a pagar sus impuestos al estado después de una exención de 10 años (Velázquez 1980).

**Cuadro 5. Población y tasa de crecimiento de los municipios que integran la Cuenca alta del Río Lerma**

Municipio	1950	1960	T.C	1970	T.C	1980	T.C	1990	T.C	2000	T.C
A. Del Rio	2985	3387	1.26	3714	0.92	6193	5.00	6777	0.90	8823	2.62
S. C. Atizapan.	1811	2250	2.16	3001	2.86	5072	5.13	5339	0.51	8134	4.15
Calimaya	1007	12335	16.98	15666	2.38	21876	3.31	24906	1.30	35166	3.42
Capulhuac	8160	9609	1.63	12350	2.50	18257	3.86	22158	1.93	28700	2.57
Chapultepec	1462	1531	0.46	1909	2.20	3675	6.33	3863	0.50	5727	3.89
Jalatlaco	5241	5311	0.13	7861	3.87	12097	4.24	14047	1.49	19196	3.10
Lerma	23623	27814	1.63	36071	2.58	57219	4.53	66912	1.56	99714	3.94
Metepec	17247	18915	0.92	31724	5.06	83030	8.94	140218	5.12	194265	3.23
Mexicalcingo	2418	2897	1.80	4037	3.29	6079	4.04	7148	1.62	9217	2.53
Ocoyoacac	12423	14574	1.59	19364	2.82	33952	5.47	37395	0.97	49615	2.81
Otzolotepec	15463	15990	0.34	22203	3.25	29112	2.69	40407	3.25	57534	3.50
Rayón	2657	3063	1.42	3831	2.23	5688	3.90	7026	2.10	8996	2.46
S. A. Isla	2686	2794	0.39	4252	4.14	9504	7.64	7321	-2.59	10320	3.40
S. M. Atenco	9224	11987	2.61	18140	4.08	33719	6.01	41926	2.17	59601	3.48
Temoaya	19743	23131	1.58	30192	2.65	34120	1.22	49427	3.66	69186	3.33
T. D. Valle	20972	24628	1.60	29091	1.66	38381	2.75	45952	1.80	65147	3.46
Texcalyacac	1345	1222	-0.96	1604	2.70	2381	3.90	2961	2.17	4006	3.00
Tianguistenco	15927	19688	2.11	24600	2.22	37017	4.03	42448	1.37	57940	3.09
Toluca	115019	156033	3.03	239261	4.21	357071	3.95	487612	3.09	665617	3.09
Xonacatlan	8582	10600	2.10	15237	3.59	19546	2.48	28837	3.84	41255	3.54
Total	287995	367759	2.43	524108	3.51	813989	4.33	1082680	2.83	1498159	3.22

Fuente: Censo General de población y vivienda 1950, 1960, 1970, 1980, 1990, 2000. INEGI

En esto también contribuye la política adoptada en la ciudad de México en la década de los cincuentas, que prohibió el desarrollo de nuevos fraccionamientos, con el objeto de controlar el crecimiento de la ciudad, lo cual provocó que el crecimiento poblacional se orientara primordialmente hacia zonas del Estado de México vecinas al D.F y en particular al valle de Toluca.

Para este mismo período, como se aprecia en el cuadro anterior, sólo los municipios de Metepec, Toluca y San Mateo Atenco experimentaron crecimientos importantes. En Metepec correspondió a un 5.0% del crecimiento anual, resultado de 18 915 habitantes en 1960 a 31 724 habitantes para 1970; Toluca aumento su población de 156 033 habitantes en 1960 a 239 261 en 1970, con una tasa de crecimiento del 4.2%; San Mateo Atenco presentó una tasa de crecimiento en esta década del 4.0%, Mexicalcingo, Otzolotepec 3.2%, San Antonio la Isla y Xonacatlan 4.1% y 3.5% respectivamente.

El resto de los municipios que abarca la Cuenca Alta del Río Lerma manifestaron una tasa de crecimiento inferior a la media nacional (3.1%) para este mismo período, es decir, por debajo del 3.0% anual. Para el período de 1970 a 1980, se registraron cambios muy considerables, sus posibles causas pueden estar referidas al citado crecimiento industrial y a los procesos de urbanización.



Según Velázquez Torres (1980) “...la estructura ocupacional del Estado de acuerdo a las cifras de 1970, el 30.3% de la mano de obra estaba ocupada en el sector agropecuario, 32.5% en el industrial y 30.1% en los servicios. El 7.0% se clasificó en actividades no especificadas”.

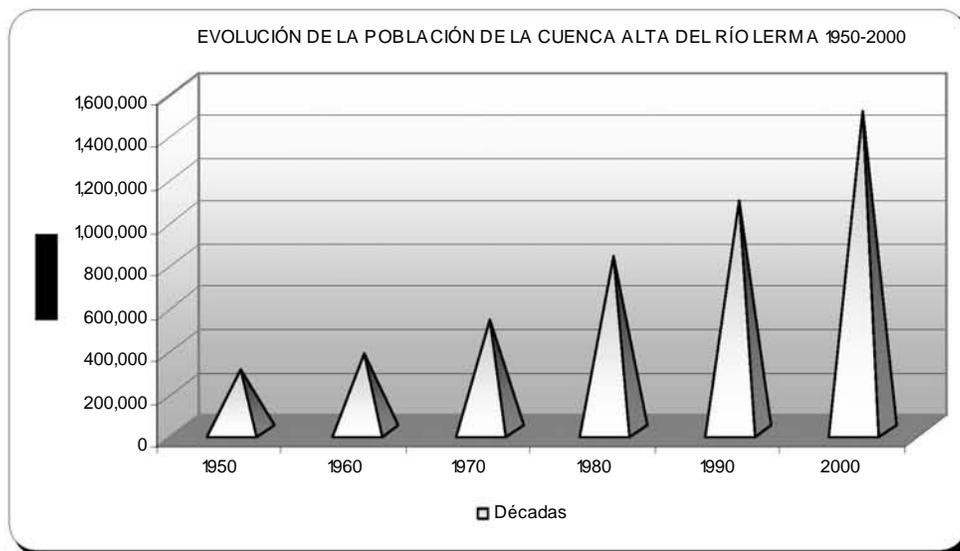
Para 1977 de acuerdo con el mismo autor sólo el 22.4% de la población estaba dedicada a las actividades primarias

La capacidad de absorción del Distrito Federal como polo de atracción poblacional ha sido superado por el Estado de México y en gran medida por la Cuenca alta del Río Lerma. Por lo anterior, y para este mismo período se tiene una tasa de crecimiento de 4.3% anual, es decir de 524 108 habitantes que había en 1970, paso a 813 989 para 1980 presentando diferencias importantes, en algunos municipios, sobre todos aquellos cercanos a la ciudad capital. Los municipios de Metepec y San Antonio la Isla presentan una tasa de crecimiento de 8.9% y 7.6% respectivamente, es decir el municipio de Metepec tuvo un crecimiento poblacional del 161% y San Antonio la Isla de 124%, siendo los mayores de la región.

Segundos en orden de importancia, se encuentran los municipios de: Almoloya del Río, Santa Cruz Atizapan, Chapultepec y San Mateo Atenco, presentando índices poblacionales que fluctúan entre 5.0% y 6.3%.

Sin embargo, la mayoría de los municipios manifiestan rangos de crecimiento correspondiente a valores entre 1.2% y 4.2%; sobre todo los localizados al norte y noreste de la Ciudad de Toluca, como, lo son: Calimaya, Capulhuac, Jalatlaco, Mexicalcingo, Oztolotepec, Tenango del Valle, Tianguistenco y Toluca, los cuales en el período anterior mostraron valores más bajos.

Grafica 2. Evolución de la población en la cuenca alta del Río Lerma 1950-2000



Elaborado con base en: Censo General de población y vivienda 1950, 1960, 1970, 1980, 1990, 2000. INEGI



Las menores tasas de crecimiento de este período se registraron en los municipios de Temoaya y Xonacatlan, cuyo índice de incremento fluctuó entre 1.2% y 2.4% anual (ver cuadro 5).

Para el período de 1980 a 1990 la dinámica poblacional, manifestó otro esquema, pues si bien es cierto que en las anteriores décadas las tasas de crecimiento siempre habían mostrado aumento, para este período las condiciones fueron distintas; posiblemente esta diferencia basada en una reducción considerable de la población, obedezca a los programas gubernamentales, pues se han planteado políticas de desarrollo urbano como son, el crear polos de desarrollo en las afueras de las ciudades.

Otro aspecto ha sido el ordenar el crecimiento anárquico, buscando puntos que presenten condiciones adecuadas entre otras acciones no de menor importancia.

Debido a estas y otras circunstancias en el presente período se presentó una tasa de crecimiento de 2.8% anual, menor al de la década anterior el cual había sido de 4.3 % anual.

El incremento de la población fue; para 1980, de 813 989 habitantes y para 1990 de 1 082 680 habitantes, nótese que a pesar de que el incremento fue de 33%, las tasas por municipio bajaron considerablemente.

Los municipios de Metepec y San Antonio la Isla que en la década precedente (1980) habían manifestado tasas de crecimiento anual que fluctuaban entre 8.9% y 7.6%, para el presente período sólo Metepec tuvo un aumento de 5.1%.

El resto de los municipios como se observa en el cuadro se encuentran con tasas de crecimiento anual que oscilan entre 0.5% y 3.8% anual.

Contrario a la tendencia general de crecimiento, el municipio de San Antonio la Isla que en la década pasada había alcanzado 7.6% de crecimiento anual, para el decenio de los noventa experimentó un decremento de -2.5% anual, de 9504 habitantes en 1980 baja a 7321 en 1990, caso semejante es el de Texcalyacac en 1960 que tuvo -0.96%, pero únicos en el período de estudio para la región.

Las características demográficas de la Cuenca Alta del Río Lerma se han visto afectadas profundamente por el modelo económico elegido por el Estado para regir la economía nacional.

Las características más sobresalientes son, por una parte, la concentración de población en unos cuantos centros privilegiados y por otra, la dispersión irregular en numerosas y pequeñas comunidades. Este patrón se repite en la región con los consiguientes efectos negativos en el uso que se hace del suelo y de los demás recursos naturales.



El crecimiento poblacional durante el período 1990-2000 presenta una aceleración superior a la media nacional, aunque menor a la media estatal. Es decir para 1990 había una población de 1 082 680 habitantes, y para el 2000 ésta se incremento a 1 498 159 habitantes, como se aprecia en los números, hubo un incremento de 415 479 habitantes, en la cuenca lo cual representa el 28% de aumento en la población.

Por otro lado la tasa de crecimiento que se presento en el 2000 fue mayor a la década anterior, pasando de 2.8 % en 1990 a 3.2 % para el 2000, siendo esta última muy similar a la de los años setenta y menor a la década de los ochenta.

En el recuadro se puede apreciar claramente que este aumento se presento de manera homogénea en todos los municipios que integran la Cuenca Alta del Río Lerma, situación que seguramente obedece al proceso de urbanización que se esta dando a nivel nacional.

Finalmente y como se aprecia en la gráfica 2, el comportamiento de la población en la cuenca, siempre ha ido en evolución, observándose periodos diferentes, el primero que se da en las décadas cincuenta y sesenta donde el comportamiento de la población tuvo un aumento muy poco considerable, apenas de 79764 habitantes, lo que representa un aumento del 21.6% en 10 años. Sin embargo a partir de 1970 ya se observa una aceleración en la tasa media de crecimiento, que llega en promedio, entre 1970 y 2000 a 3.4%, lo que significa un incremento de más del 65% al pasar de 524 108 habitantes, en 1970 a 1 498 159 habitantes, en el 2000.

Según las estadísticas la Cuenca alta del Río Lerma, fue la región más poblada del Estado de México hasta 1960, pasando a ocupar el tercer sitio a partir de 1970.

Cuadro 6. Tasas de crecimiento promedio de los municipios que integran la cuenca alta del Río Lerma por década

	Año	T.C	Aumento (%)	Aumento (absoluto)
Total de población de los municipios de la cuenca	1950-1960 287995 – 367759	2.43	27.6	79764
	1960-1970 367759 – 524108	3.51	42.5	156349
	1970-1980 524108 – 813989	4.33	55.3	289881
	1980-1990 813989 – 1082680	2.83	33.0	268691
	1990-2000 1 082680 – 498159	3.22	38.3	415479

Elaboro. Jaime Velázquez González



En conclusión, el aumento poblacional que se ha dado en la Cuenca Alta del Río Lerma, estimuló algunos cambios en la distribución de la población, manifestados estos, a su vez en una diferente clasificación en los municipios cercanos a la ciudad capital.

Sin embargo, cualquiera que sea el rango de las poblaciones, lo que más preocupa son los cambios que han ocasionado a la naturaleza producto de la dinámica que presenta.

3.3 CRECIMIENTO URBANO

La noción de urbanización comprende el aspecto cuantitativo del crecimiento numérico del espacio ocupado por las ciudades además incluye rasgos particulares en cuanto a actividades económicas no agropecuarias.

La urbanización se relaciona con los cambios económicos y sociales que tienen lugar en ciudades y pueblos bajo el impacto de la industrialización, el transporte y los servicios. Así puede interpretarse la urbanización no sólo como una causa primaria sino como un aspecto propio del desarrollo, puede verse en cualquier momento histórico como su efecto o como su premisa por lo tanto la urbanización es condicionada por leyes generales que rigen las formaciones económico- sociales. (Pivovarov, 1981).

La industrialización y su concentración en las ciudades, es condicionada por la demanda de gran cantidad de fuerza de trabajo e impulsa el desarrollo y la urbanización. En este proceso ocurre una continua transferencia de los recursos de las actividades primarias, las secundarias y terciarias, la cual conlleva también a un movimiento de la población de la agricultura a la manufactura y los servicios.

Por otra parte, el desarrollo económico sin industrialización es inconcebible y a su vez se sabe que la industrialización es decisiva para el desarrollo económico. Algunos autores señalan que la urbanización es un proceso de concentración de la población a través de la multiplicación de puntos de concentración y el incremento en el tamaño de la concentración individual.

Por su parte Quijano (1968) relaciona varios aspectos y dice que la urbanización actual en América Latina consiste en la expansión y modificación de los sectores urbanos ya existentes en la sociedad lo que tiende a alterar las relaciones urbano-rurales dentro de ella, condicionando y estimulando cambios correspondientes a los propios sectores rurales. Otros como Volente (1974) y Unikel (1978) han desarrollado importantes aportaciones sobre la conceptualización de la urbanización.

Estas últimas definiciones abordan el aspecto funcional en su complejidad y en su especialización pero a la vez dejan ver la dimensión espacial y temporal en la medida en que el significado de los términos, concentración y fase se relacionan en un momento dado del desarrollo del proceso de urbanización.



En México el proceso de urbanización se dio propiamente en las dos últimas décadas, se caracteriza por la expansión física de las ciudades, con la anexión de localidades rurales, debido a la movilización de grupos de población y de actividades económicas así como el control de la ciudad hacia su periferia. De tal manera que conforman unidades urbanas de mayor tamaño (Cárdenas, 1992).

El Estado de México, tomando como patrón la planeación nacional; a través del plan de desarrollo urbano estatal, delimitó dos sistemas urbanos y un conjunto de centros de población.

El primer sistema se refiere al del Valle Cuatlitlán Texcoco, que incorporó 17 municipios.

El segundo sistema urbano del Valle de Toluca-Lerma SUVTL, incorpora como centros de población estratégicos en varios de los municipios que conforman la Cuenca alta del Río Lerma, de los que podemos mencionar Toluca, Lerma, Ocoyoacac, Metepec, Zinacantepec, San Mateo Atenco, Tianguistenco, Capulhuac, Jalatlaco, Temoaya, Mexicaltzingo y Xonacatlan.

Estas locaciones más otras de no menos importancia conforman el área de estudio. El paisaje que las caracterizaba ha sido desplazado por el crecimiento tan desorbitado que se ha presentado.

Para 1960 la Cuenca alta del Río Lerma estaba conformado con una mancha urbana de apenas 2301.5 hectáreas representando el 1.2% del total del territorio en estudio (cuadro 7).

Para 1970, 2947.8 hectáreas eran ocupados por los asentamientos humanos, lo que representa un incremento de 28% con respecto a la década anterior; la ocupación se ha dado absorbiendo comunidades rurales, cambiando y mezclando en forma acelerada los usos de suelo, imprimiendo con ello nuevos elementos y orientaciones de la dinámica de la frontera urbana, en perjuicio principalmente de lo agropecuario. Para la década de 1970-1980, la ocupación urbana de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVTL), afecta el 3.2% del total del área de estudio, dicha expansión ha afectado básicamente, los terrenos de los municipios de Toluca, Metepec, Lerma, San Mateo Atenco, Chapultepec entre otros.

Metepec al integrarse funcionalmente a Toluca adquiere importancia regional, presentando un uso del suelo básicamente habitacional, con una superficie de 1119 has. lo que representó el 18% del total para la misma década.

Otro grupo lo conforman los municipios de Lerma, Ocoyoacac y San Mateo Atenco en el Oriente de la cuenca, a ambos lados del paseo Tollocan. Dichas áreas crecieron primordialmente por vía de la saturación de sus áreas urbanas; en uso habitacional para poblaciones de medios y bajo recursos.



Finalmente el tercer grupo lo componen las localidades de Tianguistenco, Capulhuac, Atizapan, Almoloya del río y Jalatlaco; los cuales presentan todavía un paisaje de tipo rural y alta dependencia con la ciudad de Toluca.

Cuadro 7. Uso urbano de la Cuenca alta del Río Lerma, por municipio (hectáreas)

MUNICIPIO	1960	1970	1980	1990	2000
Almoloya del Río	40.2	52.0	115.6	83.3	83.0
Atizapan	37.0	42.2	84.4	77.5	95
Calimaya	169.8	190.1	384.3	294.2	294
Calpulhuac	162.7	165.2	333.6	267.0	267
Chapultepec	18.0	20.0	45.36	47.7	48
Jalatlaco	83.4	93.0	119.2	127.6	128
Lerma	260.3	290.3	598.0	1029.9	1034
Metepec	203.5	410.0	1119.5	2206.5	2207
Mexicaltzingo	22.2	30.1	70.8	84.2	84
Ocoyoacac	149.6	180.4	359.9	657.4	657
Otzolotepec	51.8	56.0	128.4	256.2	256
Rayon	50.1	51.2	102.8	88.5	89
San A. la Isla	20.0	45.0	108.0	98.1	98
San Mateo Atenco	291.6	410.0	832.0	813.2	813
Temoaya	23.2	29.8	92.5	77.7	78
Tenango del Valle	191.0	222.6	515.1	615.5	616
Texcaliacac	10.4	21.3	58.8	43.6	44
Tianguistenco	180.6	208.3	416.5	432.3	432
Toluca	260.3	320.0	412.1	4745.6	4746
Xonacatlan	75.0	110.3	256.8	193.5	194
TOTAL	2301.5	2947.8	6153.6	12239.5	12263

FUENTE: Uso de suelo Gobierno del Estado de México (SECTE, IGESSEM)

Como se aprecia en el cuadro antes citado el proceso de urbanización para esta década, registra una expansión física acelerada, de 2,947 hectáreas en 1970 a 6,153 en 1980, es decir un crecimiento de 108 %: Dicho crecimiento se da principalmente en áreas urbanas de la ciudad de Toluca y zonas conurbadas a la misma capital.

Sin embargo aún y con todas las políticas impuestas por el gobierno del Estado de México tales como “pinte su raya”, Límite de la zona Urbana, entre otros; la concentración de los habitantes en la ciudad y su modo de vida, la propagación de la industria, la aglomeración de las edificaciones a lo largo de las vías, han dejado como resultado una zona sumamente urbanizada, situación que comúnmente ocurre en los países subdesarrollados, creándose aglomeraciones y grandes megalópolis.

Esta situación se aprecia para la década de los noventa, en la Cuenca alta del Río Lerma, pues lejos de frenar su loca carrera de urbanización aumentó casi 100% con respecto a la década anterior.

En la metamorfosis de las ciudades están implícitos dos fenómenos de expansión territorial: la difusión de la vida urbana cada vez más afuera de los límites, es decir, el



éxodo de la población hacia la periferia, y la movilidad pendular de los suburbios y asentamientos urbanos hacia el centro, en la medida que dicha periferia depende de él para satisfacer necesidades de trabajo y servicio.

Así se observa que para esta última década de los noventa, el crecimiento de la mancha urbana en el Valle de Toluca ha transformado por completo el paisaje de la zona, pues como se pudo observar; las partes bajas de la cuenca, lugar donde se localizan la mayor parte de los asentamientos casi se han unido territorialmente. El espacio ocupado en 1990 por la frontera urbana alcanzó las 12,239 hectáreas, es decir 98% más que la década de los ochenta, como se aprecia el cuadro 7.

Para esta misma época el Estado de México comprendía un área urbana de 110,750 hectáreas, de las cuales el 11% le correspondía a la Cuenca alta del río Lerma.

Este aumento se ve reflejado principalmente en las zonas conurbadas a la ciudad de Toluca, puesto que más del 80% de las localidades de 5 municipios han sido ocupados por la mancha urbana.

Las localidades afectadas son: San Mateo Oxtotitlan, San Lorenzo Tepaltitlan, San Buena Ventura, San Felipe Tlapaltitlan, Santiago Miltepec, San Juan Tilapa, Santa Ana Tlapaltitlan, Capultitlan, Santa Cruz Atzacapozalongo, El cerrillo, Santiago Tlacotepec, Tecaxic, Tlachaloya, San Martín Totoltepec y San Jerónimo Chicahualco; San Pedro Tultepec; San Luis Mextepec, San Juan de las Huertas, Santa Cruz Cuauhtenco. Todas estas locaciones corresponden a los municipios de Toluca, Metepec, San Mateo Atenco, Lerma y Zinacantepec respectivamente.

El aumento que registraron estos municipios y que se traduce en un fuerte avance en la marcha urbana es la siguiente:

Toluca en 1980 contaba con una área urbana de 412 hectáreas, para 1990, alcanza las 4,745 hectáreas, es decir, aumentó un 1,051 %. Metepec pasó de 1 119 hectáreas, en 1980 a 2,206 hectáreas, en 1990, Lerma de 598 a 1029 hectáreas, para 1980 y 1990 respectivamente. Como se puede apreciar el aumento en estos tres municipios es alarmante, rompiendo todas las expectativas, lo que significa que las políticas impuestas tanto por los Gobiernos federales y estatales no han sido respetadas.

En la Cuenca alta del Río Lerma las características geográficas permitieron el desarrollo de las actividades primarias; pero a medida que se consolida el proceso de industrialización y por ende el de urbanización, el porcentaje de participación de la población en las actividades productivas se modifica radicalmente.

Esta situación sin duda alguna lo experimentó la zona de estudio, para las décadas de 1990 y 2000, pues como se observa en el cuadro 7, la ocupación del suelo para fines urbanos cambió de 6153 hectáreas, en 1980 a 12263 para el 2000, lo que representa un crecimiento del 99.3% con respecto a la década de los ochenta.



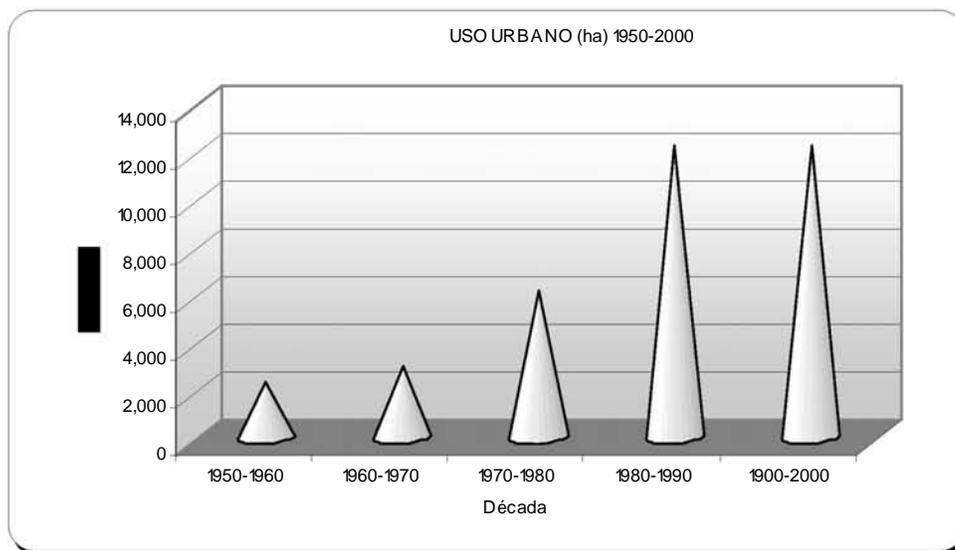
Cabe aclarar que la información estadística que se registra para el 2000, es muy similar a la de la década de los noventa, pues según informes de las dependencias visitadas aun no se cuenta con la estadística del año 2000, situación que obligo a utilizar la que en ese momento se encontraba.

Finalmente y como se observa en la gráfica 3 el comportamiento urbano durante las cinco décadas manifiesta siempre una tendencia progresiva, lo cual pudiera obedecer a lo siguiente.

En el período de 1960-1970 se registran cambios muy notorios en la mancha urbana y sus causas están referidas, al crecimiento industrial, que representaron un gran atractivo para la migración interna, las principales fuentes de migración para el Estado de México fueron el Distrito Federal y los estados de Michoacán, Guanajuato, Hidalgo, Puebla y Oaxaca.

El área de estudio para estas décadas, se manifestaba como una zona eminentemente rural, puesto que a lo largo de este período sólo la ciudad de Toluca presentaba características de una localidad urbana, o sea más de 15 000 habitantes, mientras que el resto de las localidades permanecieron como rurales o mixtas.

GRAFICA 3. CRECIMIENTO URBANO DE LA CUENCA ALTA DEL RIO LERMA 1950-2000



Fuente: Censo General de población y vivienda 1950, 1960, 1970, 1980, 1990, 2000.

Dentro del contexto estatal, Toluca capital y principal punto urbano del área de estudio ha registrado en los últimos 20 años acelerados ritmos de urbanización y crecimiento demográfico, esta situación se refleja hoy en día en el proceso de concentración y expansión experimentada en la ciudad y el desarrollo de una considerable zona metropolitana, centro funcional y una valle densamente poblado, en donde se incrementan constantemente la urbanización y paralelamente la destrucción de sus recursos naturales.



Así el espacio ocupado por la mancha urbana se disparó de 6153 hectáreas, que había en 1980 a 12263 en el 2000, es decir sufrió un aumento absoluto de más de 6110 hectáreas (gráfica 3).

Cabe resaltar también que la industrialización sigue siendo hasta el día de hoy un elemento detonador del proceso de urbanización para la caracterización del proceso de metropolización en la ciudad de Toluca, ya que es a partir de él, que se registran los incrementos más notorios en las tasas de crecimiento de la población, se observan desbordamientos de la mancha urbana, conurbando a los municipios más cercanos (Metepéc, Zinacantepec, Lerma y San Mateo Atenco), se incrementan los asentamientos irregulares en la periferia de la ciudad entre otros tantos problemas que trae consigo el crecimiento industrial.

3.4 INDUSTRIALIZACIÓN

Las políticas que el gobierno estatal promueve en su afán de solucionar algunos de los problemas existentes en la sociedad, resultan de la implementación de planes, en un esfuerzo por impulsar los asentamientos humanos y para conducir los flujos migratorios en congruencia con la estrategia nacional de desarrollo; se trata pues de cambiar los procesos migratorios, ocupacionales de urbanización y de localización industrial, fortaleciendo el pacto federal y apoyando la orientación de los asentamientos dentro de un esquema de desconcentrar lo concentrado (S.P.P, 1980).

En este marco de políticas, el valle de Toluca cuenta con una serie de planes y programas, tanto regionales como sectoriales, que influyen en las acciones gubernamentales dentro del área.

Por su parte al limitar el Distrito Federal, la localización de industrias dentro de su jurisdicción, el Estado de México se vio beneficiado por la situación geográfica. Para aprovechar esta situación y establecer industrias en el territorio y así obtener ingresos por concepto de impuestos, haciendo la aclaración que el aspecto de vocación del suelo no influyó en la localización de áreas industriales, debido a que no se hicieron los estudios correspondientes.

La incorporación del Estado de México al proceso nacional de industrialización tiene su base en la “*Ley de protección a la nueva industria*” en 1944 y más tarde en la “*Ley de protección a la industria*” del 16 de septiembre de 1945, postulándose con ello el crecimiento industrial como el eje dinámico de la economía estatal. Por otro lado la ciudad de Toluca está considerada como una ciudad intermedia dentro del sistema urbano integrado y se define como una ciudad de predominio estatal a la cual se le debe dar atención prioritaria en materia de desarrollo urbano e industrial.

Las acciones dirigidas a invertir en obras de infraestructura y equipamiento de orden industrial y urbano provienen de años atrás en los que no estaban aun concebidas las actuales políticas del desarrollo inicialmente mencionado.



De esta manera y ante los planteamientos anteriores el gobierno del Estado de México exenta de impuestos a la industria que se establezcan en su territorio a la vez que se desarrollan nuevos fraccionamientos en esta entidad. De ahí que se impulsara la formación de parques y ciudades industriales que ofrecieran condiciones favorables para la localización industrial en regiones no industrializadas (Vázquez, 1983)

La ciudad de Toluca se contempla como alternativa y se establece el corredor Lerma-Toluca, de esta manera en 1976 surgen los primeros espacios ocupados de manera oficial por la industria.

Para el período 1970-1980, debido a la actividad industrial, que se desarrolla en esta zona, se declara como polo de desarrollo y posteriormente como zona prioritaria. Así para 1980 el territorio ocupado por la industria mexiquense alcanzaba las 828 has, es decir, el 0.4% de total del área de estudio siendo ocupados espacios de los municipios de Lerma con 382 hectáreas, Ocoyoacac 143 hectáreas y Toluca con 300 hectáreas (cuadro 8).

Cuadro 8. Uso Industrial del Suelo en la Cuenca alta del río Lerma por municipios (hectáreas)

MUNICIPIO	1970-1980	1980-1990	1990-2000
Almoleya del Rio	0.0	0.0	0.0
Atizapan	0.0	0.0	0.0
Calimaya	0.0	0.0	0.0
Calpulhuac	0.0	16.3	16.3
Chapultepec	0.0	9.4	9.4
Jalatlaco	0.0	1.4	1.4
Lerma	382.9	469.2	469.2
Metepec	0.0	135.4	135.4
Mexicaltzingo	0.0	0.0	0.0
Ocoyoacac	143.8	103.6	103.6
Otzolotepec	0.0	0.0	0.0
Rayon	0.0	0.0	0.0
San A. la Isla	0.0	0.0	0.0
San Mateo Atenco	1.0	0.0	0.0
Temoaya	0.0	0.0	0.0
Tenango del Valle	0.0	27.0	27.0
Texcaliacac	0.0	0.0	0.0
Tianguistenco	0.0	57.1	57.1
Toluca	300.4	432.5	432.5
Xonacatlan	0.0	0.0	0.0
TOTAL	828.5	1279.2	1279.2

Fuente: INEGI. Censos económicos 1960, 1970, 1980, 1990



Sin embargo la gran demanda de empleo que proviene de las corrientes migratorias, la explosión demográfica, la demanda de productos, pasó por alto las formalidades que exigía la seguridad jurídica. De esta manera el gobierno estatal autorizó la creación de dos corredores industriales más: el de Tenango del Valle y el de Santiago Tianguistenco.

Así para 1990 se amplía el número de municipios con actividades industriales: Atizapan, Calpulhuac, Jalatlaco, Lerma, Metepec, Ocoyoacac, Tenango del Valle, Tianguistenco y Toluca, con área ocupada de 1279 hectáreas, 451 hectáreas que la década anterior.

Este esquema de industrialización si bien es cierto que solucionó el problema del empleo y mano de obra, por otro lado causó graves problemas al medio ambiente y si a esto le sumamos que dicho problema se acentuó más por la cercanía al Distrito Federal y sus alrededores, con un mercado potencial de aproximadamente 20 millones de habitantes, además de la facilidad de acceso, resulta ser una de las causas del acelerado crecimiento que ha sufrido la ciudad.

Sin el incremento de la industria no hubiera sido posible que en 50 años Toluca pasara de 115 019 habitantes, a más de 650 000, con lo que se ha representado también el fenómeno de la conurbación. Esto quiere decir que los pueblos cercanos se han unido a la ciudad de Toluca, e incluso los municipios de Metepec y Zinacantepec se han conurbado y esta a punto de hacerlo San Mateo Atenco, lo que ha traído consigo entre otros problemas el calentamiento diferencial entre la ciudad y el campo.

Este aumento poblacional no solo se vio reflejado en la ciudad de Toluca, sino también se extendió en todo el estado, tal es el caso de los municipios que conforman Cuenca alta del Río Lerma, puesto que al aumentar la población aumento con ello paralelamente la industrialización. Por ejemplo el padrón vehicular de la ciudad de Toluca, para 1970 tenía registrados 2187 unidades, para 1980 había 63509, y en 1990 se elevaron a 140 000 unidades, estas cifras se incrementaron hasta un 100% para la década actual según la dirección de policía y tránsito de la ciudad. Dicho incremento esta vinculado también con los automóviles provenientes del Distrito Federal, así como otras entidades y municipios conurbados.

De esta manera la cuenca de Lerma se ha visto en la necesidad de sufrir grandes trastornos en su paisaje por lo que deben buscarse espacios geográficamente estratégicos; de modo que permita alterar en menor medida al geosistema, por el otro lado el bienestar de la sociedad.

3.5 COMPORTAMIENTO HIDROLÓGICO

La Cuenca alta del Río Lerma abarca desde el nacimiento del río Lerma (laguna de Chignohuapan) hasta la presa Antonio Alzate ubicada al noreste de la cuenca.



La reconstrucción hidrológica del lugar se lleva a cabo identificando el espacio ocupado por la hidrología previo a las extracciones, esto es, anterior a 1951 fecha en que se perforó el primer pozo para la extracción de agua para el Distrito federal.

El segundo periodo que abarca de 1951 a 1961 año en que se construye la presa José Antonio Álzate. Otro más que va de 1961 a 1967 época en que se hace la ampliación de las obras de extracción. Y por último un patrón que refleja las condiciones actuales, donde las extracciones han alcanzado su máxima capacidad.

También este material ha permitido saber que el análisis de este importante recurso se tiene que llevar a cabo con dos enfoques:

- a) los problemas que han surgido con motivo de la extracción de agua.
- b) los problemas que se han presentado con motivo de la desecación de los cuerpos de agua existentes.

3.5.1 Abatimiento del agua

Las ciudades estimulan el cambio de uso del suelo alrededor de los poblados rurales y lo hacen en muchas ocasiones debido a las políticas de descentralización que promueve el estado.

El valle de Toluca y la misma capital son una evidencia de la repetición que tiene el crecimiento macrocefálico de la Ciudad de México, ya que esta última absorbe y concentra gran parte de los recursos que se generan en su alrededor. Uno de estos recursos lo ha constituido el agua. De esta manera se decide implementar el primer proyecto, el cual duró en construirse nueve años; es decir de 1903 a 1912, esta obra pretendía abastecer de agua a 500 000 habitantes.

Sin embargo, el levantamiento armado de 1910 dio lugar a movimientos migratorios, dejando como resultado, un incremento acelerado de la población de la ciudad de México, lo cual agudiza nuevamente el problema de abastecimiento de agua; ante esta situación y para resolver el problema, se construyen obras adicionales de captación y bombeo de los mismos manantiales de Xochimilco, así como explotar otras fuentes localizadas dentro de la cuenca de México y la extracción de agua del subsuelo.

Si bien es cierto que de esta manera se estuvo resolviendo el problema, por otro se estaban originando hundimientos, agrietamientos en construcciones, dislocamiento en drenajes. Es entonces cuando se contempla la posibilidad de extraer e importar el agua de otras cuencas (Carrillo, 1969).

Es así como se pone en práctica el segundo proyecto propuesto por el señor Mackenzie el cual había sido planeado desde el siglo pasado y en el que se contemplaba la posibilidad de traer agua de la zona de Lerma como fuente alternativa.



Fue hasta 1930 cuando el señor Villarello y Orozco por parte de la Secretaría de Agricultura, se le otorga la concesión para realizar los estudios pertinentes para el aprovechamiento del agua.

Ante esta situación la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas, en 1937, comisionó al señor Torres para que definiera el caudal y la localización de las obras. De esta manera en 1942 se inicia la construcción de las obras del sistema Lerma, concluyéndose 1951, pretendiendo alcanzar $9 \text{ m}^3 / \text{seg}$ cuando se formalizara la operación.

Sin embargo el crecimiento demográfico, en las últimas décadas rebasó todas las estimaciones realizadas por los organismos encargados, quedando por abajo muchas de las necesidades vitales, entre ellas el agua.

La Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México (CHCVM) realizó varios estudios sobre cuales serían los requerimientos al futuro de este vital líquido para la Ciudad de México y de esta manera tomar las medidas necesarias.

También dentro de las hipótesis realizadas por esta misma comisión (CHCVM) y para una de las más altas, estimó que la Ciudad de México tendría para la década de los ochenta una población de más de 12 millones de habitantes lo cual demandaría $54 \text{ m}^3 / \text{seg}$ de agua. (Magaña y Ortiz 1979).

No obstante la realidad fue muy distinta, para esta década (1980 -1990) la población de la ciudad de México según el censo de Población, alcanzo 12.8 millones de habitantes, con una insuficiente dotación de agua para la población de la metrópoli, pues apenas se alcanzada un suministro de $41 \text{ m}^3 / \text{seg}$, quedando por abajo de lo estimado. Es decir con una dotación de 189 litros por persona al día y no los 395 litros que se tenían calculados; esto, sin contemplar aquí la mala distribución de este vital líquido, lo cual hace todavía más difícil la situación (Rojas R. 1983).

Ante esta situación el gobierno se vio en la necesidad de solicitar proyectos que otorgaran la posibilidad de llevar agua a la ciudad de México, no importando el costo ni los efectos que pudieran provocar.

Así las autoridades comenzaron a realizar estudios formales para encontrar la fuente que mejor calidad tuviera. Dentro de estas investigaciones destacan el anteproyecto del ingeniero Manuel Marroquín, quien sugiere que se aproveche los manantiales de Xochimilco; el del señor William Mackenzie, quien desde entonces propone el aprovechamiento de las aguas de la cuenca del Lerma.

En 1951 comienzan a funcionar las obras conjuntamente con las ya existentes en Xochimilco y pozos locales, suministrando de manera eficiente a la población capitalina, un abastecimiento de $20 \text{ m}^3 / \text{seg}$.



Este volumen fue insuficiente para la siguiente década, pues el aumento de la población de la Ciudad de México sobrepasó los 5 000, 000 habitantes haciendo con esto imposible el suministro del vital líquido, dando lugar a una nueva crisis.

Ante esta problemática las autoridades del Distrito Federal y el Estado de México, acuerdan en llevar a cabo una ampliación de las obras que permitiera proveer de agua a la Ciudad de México, hecho que se pone en marcha en 1965 y se concluye en 1967.

Con esta ampliación se envía un volumen adicional de $6 \text{ m}^3/\text{s}$ con el cual se abasteció tanto al Distrito Federal como a los municipios conurbados del Estado de México. Las obras consistieron en la construcción de 30 pozos, los cuales se suman a los 175 con que ya se contaban y 141 sobre el acueducto antiguo (SRH, 1990).

A partir de entonces se han hecho observaciones en el comportamiento de los acuíferos explotados los resultados obtenidos indican que la potencialidad de los mismos fue sobre explotada; la alimentación total entre el Valle de Toluca e Ixtlahuaca es de $15 \text{ m}^3/\text{s}$, de los cuales $11 \text{ m}^3/\text{s}$ pertenece al primero de estos (Valle de Toluca). Esta cantidad impide que la recarga por infiltración alimente al río (Cuadro 9).

Cuadro 9. Abastecimiento de agua para el Distrito Federal (1990)

SISTEMA	CAUDAL	(%)
1.- Acuífero subterráneo del Valle	$44.10 \text{ m}^3 / \text{s}$	69
2.- Aguas sup. Dentro del Valle de México	$1.00 \text{ m}^3 / \text{s}$	2
3.- Rehúso de aguas residuales	$2.00 \text{ m}^3 / \text{s}$	3
4.- Sistema Lerma	$15.40 \text{ m}^3 / \text{s}$	16
5.- Sistema Cutzamala	$6.5 \text{ m}^3 / \text{s}$	10
TOTAL	$69.00 \text{ m}^3 / \text{s}$	100

Elaboro: Jaime Velázquez González

También estas extracciones provocaron la reducción del flujo de los manantiales, causando su desaparición. Asimismo se han registrado abatimientos progresivos en los niveles piezómetros de los acuíferos profundos.

Otras consecuencias de carácter secundario se encuentran en hundimientos y agrietamientos de la planicie, pues según Robledo 1975 las obras de ampliación de 1965 permitieron reducirse de manera considerable, la extracción de aguas dentro de la Ciudad, disminuyendo también con esto el ritmo neto de hundimientos de 50 centímetros anuales de 1950 a 4 centímetros en 1974.

La disminución de la superficie de las ciénegas o lagunas Lerma ha sido otro grave problema de los elementos que componen el paisaje y en especial la Cuenca Alta del río Lerma.



La Secretaría de Recursos Hidráulicos en estudios realizados, estimó también como un problema, un incremento en el índice de aridez, o sea, la perturbación del régimen de lluvias ocasionado por la disminución de la evaporación en las superficies de agua.

3.5.2 La hidrología superficial

Las superficies inundadas (ciénegas, lagunas) en la Cuenca alta del Río Lerma, a lo largo del periodo 1950 - 2000 han manifestado grandes variaciones que corresponden a necesidades concretas del desarrollo y crecimiento de la población.

El área de estudio tenía una superficie inundada para 1950 - 1960, de 15,957 hectáreas, de las cuales los municipios de Lerma, Toluca y Otzolotepec ocupaban el 90.9 % del total de la zona, es decir los municipios restantes solo contaban con un mínimo de aguas superficiales, es decir tan solo 9.0%. De esta cantidad cabe resaltar que el municipio de Lerma contaba con 44.3%, el 39.2% el municipio de Toluca y el 7.3% Otzolotepec (cuadro 10).

Estas aguas ocupaban las zonas centro y este. Para esas épocas, la extracción de las aguas para la Ciudad de México, era incipiente, lo cual todavía no agudizaba el problema, por lo que el paisaje de la zona era más armónico entre los elementos que lo componen, pues el impacto que este tenía era relativamente poco.

Por otra parte la cantidad restante de hectáreas inundadas lo compartían en 1960 cuatro municipios más, Almoloya del Río, Metepec, Ocoyoacac y Tenango del Valle, es decir el 9.0% .

Como se observa existía una distribución desigual de las áreas inundadas, concentrándose estas mayormente al Este de la cuenca, en las partes más bajas de la misma.

Contrario a lo anterior, existen municipios en donde no existen áreas inundadas, hecho que se presenta en los 12 municipios restantes, localizados principalmente en la parte media y alta (cuadro 10).

Para el siguiente periodo, de 1960 a 1970, hubo importantes cambios, en cuanto a las condiciones de las zonas inundadas, pues se registra una reducción en las mismas de 55.2% con respecto a la década anterior.

Para 1970 las hectáreas inundadas son de 7634, datos que se obtienen de la gran dinámica que presentaron los municipios pues por un lado algunos disminuyeron sus zonas inundadas mientras que otros las ampliaron.

Estos cambios en gran medida obedecen al crecimiento industrial pues muchos espacios hidrológicos han sido cambiados por cemento.

De esta manera existen 10 municipios con zonas inundadas, es decir, el 50% del total de los mismos, mientras que el 50 % restante no cuenta con almacenamientos.



Así municipios como Atizapan, Calimaya, Capuluac, Chapultepec que en la década anterior no contaba con almacenamiento, para esta década cuenta con 1930 hectáreas, es decir con un 28.6 % del total de la cuenca (cuadro 10).

En cuanto a reducciones el municipio de Lerma en 1960 contaba con 7070 hectáreas, para 1970 disminuyó su superficie inundada en un 48.3 %, es decir a 3415 hectáreas, esta disminución puede ser advertida por la demanda de agua que exigía el Distrito Federal, y que en su mayoría era explotada de este municipio.

El caso del municipio de Toluca es otro punto importante en lo referente a la reducción se refiere pues al crecimiento de la población y como consecuencia de la mancha urbana, ha provocado el cambio del uso del suelo, pues de 6169 hectáreas con que contaba en 1960, para 1970 sólo sumo 320 hectáreas, este mismo caso lo vivió el municipio de Metepec.

Mención aparte merece el municipio de Temoaya, pues en esta década se agudizaron más los problemas de inundación en la parte baja de la cuenca alta del río Lerma, así como las necesidades agropecuarias, lo que deja como resultado, que el Gobierno del Estado de México en 1961 efectuara obras de capacitación hidrológica, hecho que comienza con la construcción de la presa “José Antonio Alzate”, construida en el mismo municipio.

Esta obra cubre un espejo de 480 hectáreas más las restantes del municipio hacen un 9 % con respecto al total del área, como se aprecia en el siguiente cuadro. Así en esta década la distribución hidrológica sigue manteniendo una distribución desigual, puesto que la mayor cantidad de cuerpos de agua se siguen localizando en las partes bajas de la cuenca, es decir al sureste y noreste. Cabe resaltar también que en visitas hechas a campo se pudo observar que los cuerpos naturales de agua casi desaparecieron.

Para el periodo 1970 - 1980, la cantidad de hectáreas inundadas es de 5172 (ver cuadro), es decir un decremento de 27.6 %, con respecto al decenio precedente.

Obsérvese que si bien es cierto que hubo un decremento, éste fue menor en relación con la década anterior (1960 - 1970).

**Cuadro 10. Hidrología superficial de la Cuenca Alta del Río Lerma (hectáreas)**

MUNICIPIO	1960	1970	1980	1990	2000
Almoloya del Río	126.0	126.0	117.8	65.1	65.1
Atizapan	0.0	920.0	122.0	43.7	43.7
Calimaya	0.0	650.0	2.0	1.2	1.2
Capulhuac	0.0	100.0	0.4	17.8	17.8
Chapultepec	0.0	260.0	0.0	44.8	44.8
Jalatlaco	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Lerma	7070.0	3415.0	2685.0	1697.7	1697.7
Metepec	730.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Mexicalzingo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ocoyoacac	210.0	185.0	88.5	100.3	100.3
Otzolotepec	1172.0	1013.0	5.6	51.6	51.6
Rayon	0.0	0.0	2.4	0.0	0.0
S Antonio la Isla	0.0	0.0	469.6	0.0	0.0
San Mateo Atenco	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Temoaya	110.0	645.0	702.6	1089.7	1089.7
Tenango del Valle	270.0	0.0	0.0	0.5	0.5
Texcalyacac	0.0	0.0	564.4	339.3	339.3
Tianguistenco	0.0	0.0	52.1	211.9	211.9
Toluca	6169.0	320.0	359.6	464.8	464.8
Xonacatlan	0.0	0.0	0.0	7.2	7.2
TOTAL	15857.0	7634	5172.6	4135.6	4135.6

Fuente: Censo agrícola y ganadero 1960, 1970, 1980, 1990, 2000.

El comportamiento en cuanto a la cantidad y distribución comenzó a ser más equilibrado pues para esta década el Gobierno Federal pone en práctica el programa denominado “pro bordo” el cual consiste en realizar pequeños cuerpos de agua que beneficiaria en el riego de parcelas de los pequeños y medianos productores.

Así, de esta forma municipios como Tianguistenco, Texcalyacac, San Antonio la Isla, que en décadas pasadas no contaban con almacenamientos, para la presente, suman más de 1,058 hectáreas cubiertas de agua.

Sin embargo, hubo otros municipios que no aprovecharon, y su superficie inundada sigue siendo nula, tal es el caso de Xonacatlan, Tenango del Valle, San Mateo Atenco, Mexicalcingo, Metepec, Jalatlaco y Chapultepec.

Para 1990, en esta década tanto el continuo crecimiento poblacional, la mancha urbana y la industrialización, provocaron un cambio sustancial en el uso del suelo, hecho que se prueba con el espacio ocupado por cuerpos de agua, pues para esta década solamente existen 4,135.6 hectáreas, espacio mismo que se mantuvo hasta el año 2000.

En el cuadro se observa que el comportamiento por municipio es muy similar a décadas anteriores, es decir en el caso de Almoloya del Río, Atizapan, Lerma, Texcalyacac muestran reducciones considerables, no así Xonacatlan, Toluca, Temoaya, donde se observa lo contrario.



Toda esta dinámica de ampliación por un lado y por otra de reducción, han traído serios problemas, por un lado, los cambios del ecosistema en las lagunas del Río Lerma, sus afluentes y las presas construidas más recientemente.

Estudios recientes reportan la presencia y abundancia de plantas acuáticas, dichos vegetales han desaparecido y otras están en peligro de extinción. Las aves acuáticas migratorias y las aves locales que imprimían al paisaje una imagen de riqueza y calidad del ambiente también han desaparecido. La mayoría de estas especies se han extinguido y de las pocas que quedan, su presencia es esporádica, lo que da una idea clara de la disminución y casi desaparición de la zona lacustre del área de estudio.

En lo económico y social, no es posible afirmar que la sobreexplotación de los acuíferos, sea el factor responsable del cambio en la relación de las actividades económicas dentro de la Cuenca alta del Río Lerma, en la medida en que el modelo de desarrollo capitalista dependiente en que está inserto el país, es quién determina la dinámica nacional, regional, local y sectorial; sin embargo, si podemos afirmar que la disminución en la disponibilidad de agua dentro de la zona de estudio, produjo diversos efectos que hasta la fecha no sólo se mantienen, sino que además se han ampliado.

Uno de los efectos más significativos de la desaparición de las lagunas y cuerpos de agua y lo que ellas producían en su interior y alrededor, es sin lugar a dudas, la causa del cambio en las formas y calidad de vida de los campesinos del área en cuestión.

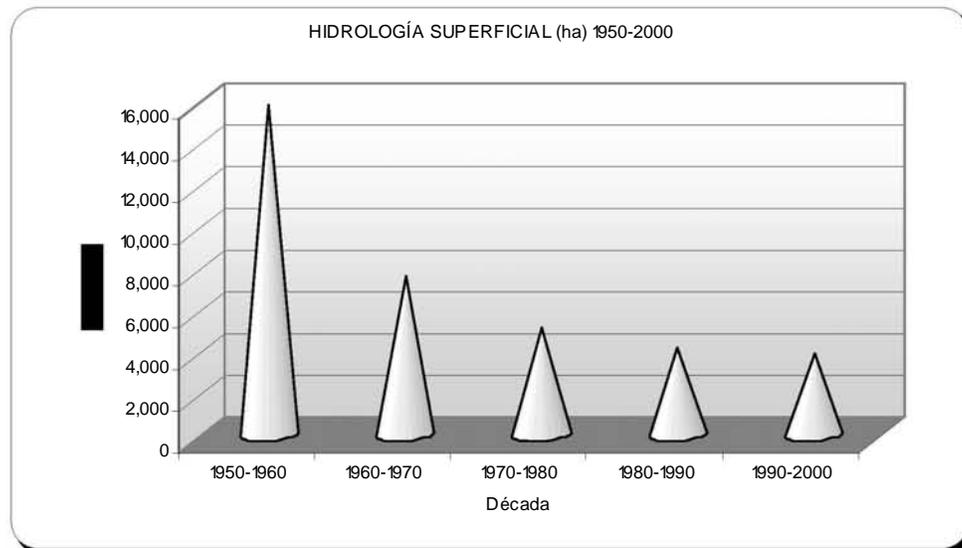
La sobreexplotación del agua, limitó la posibilidad para regar sus parcelas y para cubrir sus necesidades humanas; la sequedad de los terrenos y del ambiente, la ausencia de aves y animales cuya presencia era familiar, la falta de espacios recreativos, como las lagunas, donde pasear era una práctica común, el agrietamiento de algunas viviendas y en general de la transformación de su hábitat, son elementos que reflejan un impacto negativo en la calidad de vida de los campesinos.

A manera de resultado se advierte una disminución de 1960 a la fecha, de 15,957 hectáreas a 4,135.6. Con una diferencia de zona inundada de 11,821 hectáreas.

Para 1960 existían 15,957 hectáreas, en 1970 se reduce a menos de la mitad, es decir a tan solo 7,634 hectáreas; en 1980 la superficie ocupada por este líquido solo alcanzó las 5,172 hectáreas como se observa la reducción siguió dándose, pues no solo para esa década, sino también para 1990, ocupando tan solo 4,135.6 hectáreas (gráfica 4).



GRAFICA 4. HIDROLOGIA SUPERFICIAL DE LA CUENCA ALTA DEL RIO LERMA (HECTAREAS)



Fuente: Censo Agrícola y Ganadero. 1960, 1970, 1980, 1990, 2000.

3.6 CAMBIOS EN LA VEGETACIÓN

La Cuenca alta del Río Lerma es una estructura tectónica volcánica ubicada dentro de la porción central del Sistema Volcánico Transversal. En su estructura se distinguen diferentes unidades geomorfológicas. Dentro de estas unidades se localizan las cadenas montañosas y montañas aisladas, las cuales representan las tierras más altas y en las cuales predominan, las áreas forestales.

Como lo señala Cervantes (1992), en los paisajes montañosos y en el talud, la vegetación constituye el elemento del paisaje más importante; las diferentes comunidades que lo representan son bosques de encino, encino-pino y pino, sin embargo también es el más perturbado

Las características mencionadas por este autor son las mismas que presenta el área en estudio, es decir las principales asociaciones de bosque se localizan en las estribaciones y partes altas de la cuenca y en mucho menor medida en las partes bajas.

Sin embargo y a pesar de que este importante recurso ha sido el más impactado por los procesos antrópicos, para la década de 1960, la cuenca alta del Lerma contaba con 55,729 hectáreas, lo cual representaba 29.5% del área total de la cuenca. (Censo agrícola y ganadero 1960).

Los municipios que componen el porcentaje anterior son: Calimaya, Capulhuac, Jalatlaco, Lerma, Ocoyoacac, Oztolotepec, Temoaya, Tenango, Tianquistengo, Xonacatlan y Toluca, así como la Sierra de las Cruces. Cabe resaltar que de las 55, 729 hectáreas



ocupadas por bosque, el municipio de Ocoyoacac y Jalatlaco ocupan el 69% de las mismas es decir 38, 752 hectáreas (cuadro 11).

El resto de los municipios que integran la zona de estudio, según los datos recabados es inapreciable el espacio ocupado por este recurso.

Para esta misma década el crecimiento de la población, no fue muy representativo y tal vez esto colaboró para que los ecosistemas boscosos no fueran tan alterados.

Sin embargo para la siguiente década, 1960-1970 las circunstancias cambiarían radicalmente pues en las áreas que habían permanecido sin alteraciones considerables durante muchos años, a principios de esta década se incrementa la tala de los bosques mexicanos.

Para los principios de 1970, se abolió la veda permanente, y a partir de estos años se incrementó la actividad silvícola, hubo mayor producción de resinas, fabricación de células, aumentos en la obtención de rollos y trozos de madera, de postes telefónicos y de energía eléctrica y mayores gastos en los usos de leña, lo que se extendió en todo el país (Reina y Flores 1992).

La Cuenca alta del Río Lerma al igual que el resto del país no podía ser la excepción de este impacto, por lo que tuvo que coordinar su industria forestal a través de PROTINBOS (Protectora e industrializadora de Bosques). De esta manera y para esta década el Estado de México contaba con 244,593 hectáreas de las cuales 21, 140 corresponde a la Cuenca alta del Río Lerma.

Como se puede apreciar en el cuadro 11, existe un notable decremento del espacio ocupado por los bosques del Valle de Toluca, pues mientras que en la década anterior, se registran 55,729, para 1970 se redujo un 61%, es decir 34, 319 hectáreas menos, su explicación tal vez sea la misma que se dijo en renglones anteriores.

Los espacios vacíos que van quedando al hacer la deforestación, según entrevistas realizadas directamente con algunos ejidatarios, son ocupados uno o dos años por la milpa que camina, papa, zanahoria, y hasta un poco de tomate o jitomate.

En algunas otras zonas alteradas se han introducido árboles frutales y particularmente algunos espacios fueron deforestados con el interés particular de sobrevivencia.

De esta manera, y como se aprecia para el año de 1970, los espacios ocupados por los bosques se concreta a los mismos municipios que lo ocupan la década anterior, con la diferencia de reducción de áreas así como la densidad.

Para la década de 1970-1980, el comportamiento de este importante recurso cambió de 21,409 hectáreas que se cuantificaron en 1970, aumentó a 38,296 hectáreas para 1980, es decir hubo un incremento de 16887 hectáreas, más con respecto a la década anterior, o lo que es igual al 78.8% de aumento.



Dada la situación tan difícil que había prevalecido en el país con los bosques mexicanos, el gobierno federal, a través de los gobiernos estatales implementó políticas que permitieron aminorar el problema que se presentaba.

De esta manera es como se crean en México un sinnúmero de organizaciones tanto civiles como oficiales encargadas de proteger el bosque. Surgiendo programas de recuperación denominados reforestación masiva, es decir recuperar lo perdido.

Esta situación fue precisamente lo que se presentó en la Cuenca alta del Río Lerma, dejando como resultado un aumento considerable con respecto a la década anterior. Como se cita párrafos arriba.

De los veinte municipios que integran el área de estudio once aumentaron de manera considerable su espacio ocupado por árboles, con respecto a la década anterior.

Se puede apreciar que el espacio casi vuelve a ser el mismo de 1960, sin embargo no hay que olvidar que buena parte del mismo forma parte de los programas de reforestación.

CUADRO 11. Uso Forestal del Suelo de la Cuenca Alta del Río Lerma (hectáreas)

MUNICIPIO	1960	1970	1980	1990	2000
Almoleya del Río	0.0	8.5	0.0	1.8	2.0
Atizapan	0.0	0.0	0.0	2.1	2.0
Calimaya	4153.0	404.0	1917.5	2071.7	2072
Capulhuac	331.0	618.2	212.6	321.2	321
Chapultepec	0.0	0.0	3.6	3.0	3.3
Jalatlaco	9502.0	0.0	4125.0	4499.0	4491
Lerma	3337.0	2570.0	4982.1	5636.0	5636
Metepec	0.0	9.6	10.4	26.2	26
Mexicalcingo	0.0	0.0	0.0	0.0	0
Ocoyoacac	29250.0	548.6	5198.6	5977.0	5978
Otzolotepec	400.0	1700.3	4816.1	4580.0	4580
Rayon	0.0	0.0	0.0	0.0	0
San A. la Isla	0.0	0.0	0.0	0.0	0
San M. Atenco	0.0	0.2	0.0	442.5	0
Temoaya	2413.0	5474.9	3102.5	3433.7	3434
Tenango del Valle	3827.0	2856.0	541.2	7098.0	7098
Texcalyacac	0.0	1119.9	413.5	405.9	406
Tlanguistenco	10.0	0.0	4775.4	3293.7	3294
Toluca	596.0	4930.2	7730.1	4616.0	4616
Xonacatlan	1910.0	1169.3	468.0	645.7	646
TOTAL	55729.0	21409.7	38296.6	43053.5	42605.3

FUENTE: Uso del Suelo Gobierno del Estado de México (SECTE) y Censo Agrícola y Ganadero de 1960 y 1970, 1980, 1990 y 2000.

Sin embargo, las crisis económicas, la falta de empleo, producto esta última de la explosión demográfica; entre otros factores, han provocado talas clandestinas y sí a esto le agregamos incendios intencionales para sacar leña y carbón; la presión urbana tanto por desmonte como por contaminación son algunas causas más para la década de 1990 (Cervantes y Calderón 1992).



Aun cuando las cantidades de la cobertura forestal de la zona de trabajo muestren que la reducción en hectáreas entre una década y otra es insignificante no dejan de ser impactadas por los aspectos del capítulo precedente. Así se tiene que en 1980 existieron 38296 hectáreas, para 1990, 43053, nótese que la diferencia solo fue de 4757 hectáreas.

Cabe indicar y precisar que estas variaciones de la cobertura forestal no son obra del cuidado de estas áreas, sino más bien reflejan el resultado de los programas de reforestación, y a las medidas que han implantado los Gobiernos Federal y el Estatal.

Las autoridades gubernamentales han enfrentado los problemas ocasionados de diferentes formas, principalmente a través de planes para la explotación de cada recurso y para la satisfacción de las necesidades de los diferentes sectores de la población. En este sentido, se han diseñado inventarios de los bosques, en los que se establecen las condiciones y la disponibilidad del recurso en forma general y algunas de las pautas económicas y sociales para su aprovechamiento nacional, estatal y regional.

Sin embargo es preciso idear globalmente, con base en una zonificación, los principales problemas socio-económicos y ecológicos que la explotación plantea, caracterizando los factores principales que intervienen en los procesos implicados, especialmente en lo que se refiere a las necesidades de la población.

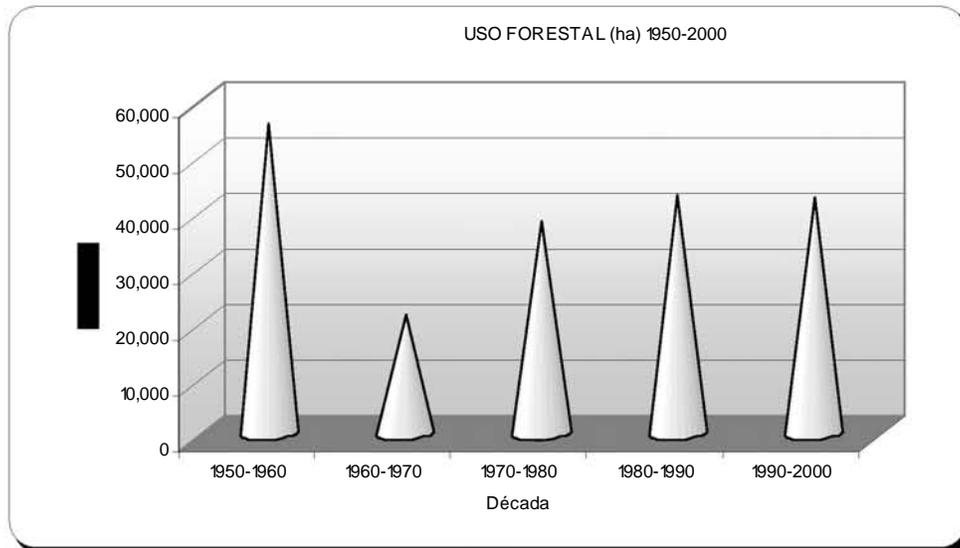
Este tipo de políticas ya fueron tomadas en cuenta para la última década (1990 - 2000), pues como se aprecia en la estadística y en visitas realizadas a campo, el área ocupada por las zonas arboladas casi se mantuvo al igual que la década de 1990, es decir ocupando un área de 42605 hectáreas, lo que se traduce en 1% menos, sin embargo en dichas visitas se pudo apreciar que la disminución obedece más que el área a su densidad.

En una forma más concreta, el problema forestal implica la presencia y la acción de elementos políticos, económicos y sociales que se asocian e influyen directamente en la disminución de la densidad arbórea; a la apertura de claros en los bosques, con la finalidad de satisfacer necesidades apremiantes de nuevos espacios para el cultivo agrícola, la reducción de pastizales para el ganado o el uso del sotobosque para el ramoneo.

Como se aprecia en la gráfica 5, el comportamiento del espacio ocupado por bosques durante las cinco décadas ha sido casi homogéneo, exceptuado la década de 1970 cuyas posibles causas ya se mencionaron antes. La homogeneidad en las décadas restantes obedece a su área; sin embargo su densidad es la que más preocupa. Olmar B. (1992), dice que las bajas densidades de vegetación producto de la problemática ya mencionada pueden ser causa de: erosión, modificación del clima, modificaciones de los regímenes fluviales y extinción de recursos naturales como el suelo y el agua, desertificación, empobrecimiento del campo, éxodo rural entre algunos.



GRAFICA 5. SUPERFICIE FORESTAL OCUPADA EN LA CUENCA ALTA DEL RIO LERMA (HECTAREAS)



FUENTE: Subdirección de estudio y consulta del territorio Estatal. Gobierno del Estado de México (SECTE) y Censo Agrícola y Ganadero de 1960 y 1970, 1980, 1990 y 2000.

Los suelos despojados de su cubierta vegetal no son adecuados, en la mayor parte de los casos, para las actividades agropecuarias, dado su origen volcánico y susceptibilidad al desgaste, alteración y degradación erosiva, sobre todo cuando éstos se encuentran sobre laderas con pendientes pronunciadas.

Al mismo tiempo, se presenta una serie de procesos asociados a las actividades productivas o como parte de conflictos políticos entre los municipios, como para el caso de los incendios forestales, cuyo número es proporcionalmente muy alto en este renglón y en especial en el Volcán Nevado de Toluca. De igual modo llama la atención la enorme incidencia de plagas forestales, cuya movilidad es propiciada por la ruptura de cadenas tróficas importantes en el bosque o como consecuencia directa del abatimiento continuo de los individuos por los incendios.

A esto hay que aunar el incremento continuo de la demanda de productos forestales, como parte de las actuales necesidades urbanas en el ramo de la construcción, las artesanías o la industria del mueble, entre otras, lo cual implica el aumento de las actividades de extracción forestal, no sólo en esta región, sino en todo el estado.

A su vez, como consecuencia directa de la pérdida de cobertura vegetal, se desarrollan fenómenos de abatimiento de un gran número de manantiales que anteriormente alimentaban corrientes y arroyos importantes en el Nevado de Toluca o en las estribaciones de la Sierra de las Cruces y que junto con los mermados procesos de infiltración, disminuyen los procesos de recarga hidrológica de la Cuenca alta del Río Lerma.



Por lo anterior se debe tener cuidado, reorientar y evitar consecuencias más graves tales como un desequilibrio ecológico.

3.7 ZONAS PECUARIAS

Comúnmente el pastizal se localiza asociado a la agricultura, por lo que es difícil referirse a reducciones importantes en el mismo, sin embargo se observa una constante sustitución ya sea pastizal por agricultura o viceversa, o bien la creación de nuevas superficies para la desecación de las ciénegas.

Por lo anterior en este capítulo se consideró exclusivamente el análisis de las áreas cubiertas de pastizal, dedicadas a las actividades pecuarias que comprende la región.

Las superficies ocupadas por este uso para los cinco períodos fueron de 25,609 hectáreas para 1960, 21,126 en 1970, 10,500 y 10,889 para 1980 y 1990 respectivamente y finalmente de 10891 para el 2000 (cuadro 12).

Cuadro 12. Uso de suelo pecuario de la Cuenca Alta del Río Lerma (hectáreas)

MUNICIPIO	1960	1970	1980	1990	2000
Almoloya del Río	0.0	0.0	0.0	55.7	56.0
Atizapan	328.0	35.0	24.7	46.6	47
Calimaya	960.0	1291.6	515.1	305.6	306
Capulhuac	7.0	13.6	61.0	112.7	113
Chapultepec	25.0	228.0	183.1	85.2	85.0
Jalatlaco	1773.0	0.0	290.8	2134.0	2135
Lerma	2468.0	4493.8	816.8	950.8	951
Metepec	782.0	544.9	537.3	175.4	175
Mexicalcingo	502.0	0.0	232.8	250.2	250
Ocoyoacac	2253.0	6715.0	1731.6	1261.0	1261
Otzolotepec	734.0	485.4	346.2	896.0	896
Rayon	333.0	93.7	216.4	39.3	39
San A. La Isla	287.0	75.1	0.0	36.7	37
San M. Atenco	161.0	4.0	1.0	0.0	0
Temoaya	5195.0	3076.5	762.5	1036.0	1036
Tenango del valle	3248.0	1206.6	1961.9	144.7	145
Texcalyacac	0.0	0.0	3.3	329.0	329
Tianguiستenco	148.0	227.6	674.2	887.1	887
Toluca	5797.0	1466.7	2079.5	2049.3	2049
Xonacatlan	608.0	1169.3	62.3	93.8	94
TOTAL	25609.0	21126.8	10500.5	10889.1	10891

Fuente: Uso de suelo, Gobierno del Estado de México (IIIGCEM) y censo agrícola y ganadero de 1960, 1970, 1980, 1990, 2000.

En 1960 la asociación agricultura-pastizal se presentó principalmente a las orillas de las ciénegas que conformaban el curso bajo de la cuenca, parte media de la zona entre Villa Cuauhtemoc y Xonacatlan, otra gran dimensión al borde norte del corredor Lerma-Toluca.



El área ocupada por el pastizal para esta década fue de 25,609 hectáreas, lo que significaba apenas el 13% de la superficie total de la cuenca.

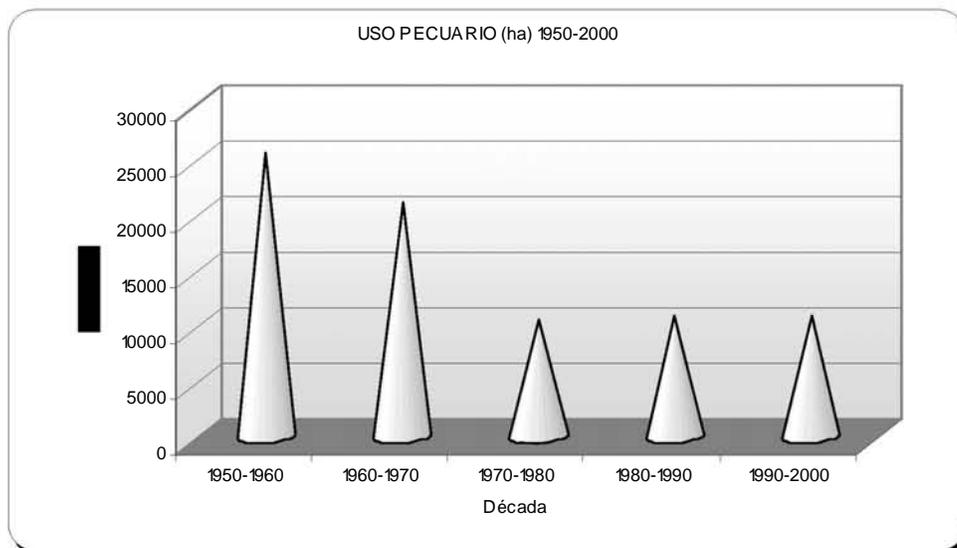
Para la década de 1960-1970, la extracción de las grandes cantidades de agua, para el Distrito Federal situación que provocó la desecación de las áreas que se dedicaban a la agricultura-pastizal, fue una de las principales causas en la variación de la superficie.

De esta manera y para esta década comienza el gran descenso en el uso del pastizal; aunque su localización es la misma que en la década anterior, su cantidad ya no fue la misma, pues apenas alcanzó las 21,126 hectáreas, es decir 4,483 hectáreas menos que la década anterior.

No obstante, el acelerado crecimiento de la población las expansiones de los centros urbanos, los corredores industriales, entre otros, provocan que el espacio ocupado para 1980 se reduzca a menos del 50% con respecto a la década anterior, presentándose en total para este mismo periodo 10,500 hectáreas. fraccionadas en casi toda el área de la cuenca como se aprecia en el cuadro 12.

Finalmente, de manera aproximada se puede decir que en la Cuenca alta del Río Lerma, el comportamiento del espacio ocupado por el pastoreo es casi homogéneo para las décadas de 1960 y 1970 mientras que para las restantes (1980, 1990 y 2000) el área que ocuparon fue mucho menor. Las razones que explican lo anterior pueden ser, que para mediados del siglo pasado, las actividades económicas que predominaban eran las de extracción entre las cuales se encuentra la agricultura y la ganadería, de las cuales se sustentaba la población, sin embargo la industrialización y la demanda de un mejor nivel de vida exigió un éxodo de la población del campo a la ciudad, provocando con esto el abandono de sus tierras y ganado (gráfica 6).

GRAFICA 6. SUPERFICIE PECUARIA OCUPADA EN LA CUENCA ALTA DEL RIO LERMA (HECTAREAS)



Fuente: Uso de suelo, Gobierno del Estado de México (IIIGCEM) y censo agrícola y ganadero de 1960, 1970, 1980, 1990, 2000.



En este sentido, es evidente que una población rural tenga como base principal para su sostenimiento el uso de los recursos del campo, sea este uso permanente o temporal; y en la Cuenca Alta del Río Lerma esa base se ha visto disminuida considerablemente, por lo cual, la mano de obra agrícola pasa a engrosar las filas de los ocupados en el sector secundario y terciario y no precisamente como mano de obra calificada.

Puede decirse que el pastoreo en zonas forestales es el factor que dispara directamente los demás impactos sobre el recurso y que cierra el ciclo de afectación en la Cuenca alta del Río Lerma. Particularmente en zonas ejidales, la falta de otras alternativas productivas obliga a la cría de ganado, a través de la inducción de pastizales en forma de potreros o al ramoneo en prácticamente todas las áreas del bosque del área de estudio, pudiéndose afirmar que el impacto en todos los casos es al recurso forestal.

Esta situación se ve reflejada en la década de 1990 a 2000, pues como se puede apreciar en el cuadro 12 el área ocupada por el pastoreo, casi se mantuvo igual, con un ligero aumento para el 2000; es decir para 1990 el espacio ocupado por las zonas pecuarias alcanzó las 10889 hectáreas, mientras que para el 2000 llegó a 10891 hectáreas, con un incremento de apenas el 0.01%, esta alternativa de mantener los mismos espacios es incentivada por la demanda y el consumo de los productos ganaderos, tanto en las localidades urbanas como en las industrias del vestido, especialmente la de la lana.

Otra característica importante que resalta a la vista es que, casualmente, los mismos municipios forestales se les considera de la misma manera como los más ganaderos, lo que puede observarse a través de las reducidas superficies que supuestamente son dedicadas a pastizales.

3.8 MODIFICACIONES EN LA AGRICULTURA

Desde finales de la década de los años sesenta y principios de los setenta, México se halla inmerso en una fuerte crisis económica que ha trascendido en la estructura productiva y territorial. Esta crisis lleva aparejada una recomposición en las estrategias de la reproducción tanto estatales como nacionales, lo cual trae una serie de cambios en las características del aparato productivo, dejando como resultado grandes cambios en la vocación del suelo (Ávila, 1992). Este mismo autor considera que en México como en una buena parte de los países en vías de desarrollo el capital está modificando la utilización de los territorios.

Por lo tanto es claro entender que la política agrícola es la base de la acumulación en el campo, sus instrumentos principales son el crédito y el financiamiento, los cuales han provocado en muchas ocasiones de estas, cuando las políticas gubernamentales fallan.

La apertura, en el desarrollo nacional, se pone de manifiesto al comparar la situación económico-social de las distintas regiones que componen el país. En cada una de ellas ya es palpable el cambio que sufren desde hace aproximadamente más de medio siglo, en que



han transitado por el camino de la liberación, y sea buscado una apertura total al capitalismo (Orozco, 1991).

Es notable el desnivel en el desarrollo que actualmente presentan las regiones económicas que componen el país, considerando en este análisis una división arbitraria del mismo, es decir norte, centro y sur.

El centro del país concentra el grueso de la actividad productiva nacional en sus principales ciudades, México, León, Toluca y Puebla, desarrollando una potente industria y también las actividades agropecuarias que se llevan a cabo en esta parte del país, intercalando numerosas áreas agrícolas típicas de la economía mexicana. Sin embargo la expansión de las grandes ciudades ha dejado como resultado una reducción en la barrera agrícola.

Es aquí donde se debe hacer un paréntesis de reflexión, pues sí bien es cierto que el crecimiento de las ciudades, la industria y el hombre han dejado como resultado un gran adelanto tanto en la ciencia como en la tecnología, por el otro lado la agricultura desde tiempo inmemorables, ha jugado un papel preponderante en el desarrollo de las civilizaciones, pues esta, por muchos años ha sido la base de la economía mexicana y en especial de la parte central del país, lugar donde se ubica el área de estudio.

De esta manera, el Diario Oficial publicado el 11 de septiembre de 1943, acuerda y especifica que los terrenos que se descubran producto de la captación de agua, serán reservas para satisfacer necesidades agrarias de varios pueblos del Alto Lerma.

Sin embargo un factor limitante de la zona que siempre ha jugado un papel primordial lo compone la tecnificación de la agricultura, pues la tecnología mexicana en los procesos agrícolas ha sido determinante para la apertura de la exportación de granos al extranjero (Borkin, Dilemus 1991).

Esto obligó como ya se mencionó antes a que se introdujeran políticas económicas las cuales se dividen en cuatro grandes etapas:

1. Se marca desde el inicio en la crisis del capitalismo de 1917 a 1933 con la gran crisis mundial.
2. Se inicia con la derrota del fascismo en 1944 y culmina con la segunda guerra mundial.
3. Se ubica en la posguerra en 1947 a 1965.
4. Se caracteriza desde 1966 hasta aproximadamente 1988 con el periodo presidencial de Carlos Salinas de Gortari.

Partiendo de esta premisa se hablará de los dos últimos períodos, pues es ahí donde se ubica nuestro tiempo de investigación.



La Cuenca Alta del Río Lerma está caracterizada por ser una zona con suelos altamente productivos, esto lo podemos observar en los datos estadísticos, un poco menos del 50 % de la superficie del territorio del valle es dedicado a las actividades primarias y en especial a la agricultura.

Para el período de 1960 el espacio ocupado por la actividad agrícola fue de 64, 503 hectáreas, lo que representa un 34% con respecto al área total (cuadro 13). La distribución espacial de la misma, como se pudo observar en visitas al campo, es homogénea en el área, es decir comparte espacios con otros usos del suelo, como los bosques, asentamientos humanos y actividades pecuarias.

Para esta misma década, la industria se convierte en un potente motor de desarrollo rural, ya que incentivo el surgimiento de una agricultura empresarial y campesina en zonas de riego y buen temporal lo que se tradujo en un dinámico mercado interno (Orozco, 1991).

Sin embargo en el área de estudio la topografía ha jugado un papel preponderante, puesto que ésta ha permitido el desarrollo de la agricultura gracias a las características físicas de los suelos.

Según estudios realizados por Velázquez (1980), los suelos que ocupa la Cuenca alta del Río Lerma, se encuentran entre las clases I, II y III. Es decir, son suelos propicios para el desarrollo de cultivos, pues son ricos en nutrientes por localizarse en la parte más baja del área de estudio. Según comentarios de los ejidatarios los rendimientos por hectárea fueron muy altos, sin embargo estas altas producciones se vieron afectadas por la industrialización que se dio en la cuenca.

Es importante mencionar que a pesar de que para esta década (1960) el área ocupada por la agricultura es la más baja dentro del período de estudio, pues apenas alcanza las 64503 hectáreas de cultivo, la explicación de esta se basa en que para estas épocas aun existían las lagunas de San Mateo Atenco y Lerma y cuando estas se secaron por la extracción del agua para el D. F fueron ocupadas por la actividad agrícola, razón por la cual para las siguientes décadas el espacio agrícola fue mayor.

Sin embargo los problemas de producción tanto a nivel nacional, como estatal disminuyeron notablemente, y se comenzó la especialización de bienes producidos por la industria química y automotriz, que no tenían nada que ver con el sector agropecuario. De esta manera se apoyo a la industria y paulatinamente disminuye la inversión al campo. Además se apoyó a los cultivos de mayor rentabilidad como frutas, sorgo y legumbres dejando fuera el cultivo de maíz, tendencia que marcaba una orientación hacia el mercado externo.

Ese declive no podría ser la excepción en el estado de México y en especial para la Cuenca alta del Río Lerma. Para la década de 1960 a 1970 existió un ligero crecimiento de apenas 10.4% lo que refleja la crisis que vivía la agricultura. Este crecimiento obedece más



a las extracciones de agua del Lerma y al crecimiento poblacional que demanda más espacio, que a una política económica emanada por el estado.

Datos estadísticos reflejan que la producción agrícola tiene tasas inferiores al crecimiento de la población. La superficie cosechada de maíz, frijol, trigo, y arroz bajo del 70 % al 58% del total en tanto que los forrajes y oleaginosas aumentaron su importancia al pasar del 3 % al 11% y del 2% al 6% respectivamente (SPP, 1995).

Bajo esta panorámica la cuenca alta del río Lerma si bien es cierto que aumentó su producción agrícola en términos generales en un 10% para la década de los setenta, por otro lado la zona tuvo un importante decremento por municipio pues de los 20 que la integran 11 sufrieron reducción en su barrera agrícola y de los 9 restantes el municipio de Tenango del Valle aumentó 9090 hectáreas con respecto a la década anterior lo que viene a mostrar que este fue el único municipio que produjo el cambio de una década a otra.

Para la década de 1970 a 1980 se aprecia un notable aumento en cuanto a las hectáreas ocupadas por la agricultura pues de 71 215 hectáreas que existían en 1970, para 1980 alcanzaron las 116, 736 hectáreas, es decir un 64% más con respecto a la década anterior.

Para estas mismas épocas se inicia un período de lento crecimiento de la agricultura, también se denomina crisis agrícola de la insuficiencia alimenticia. Para ello el entonces gobierno mexicano de Luis Echeverría Álvarez, pone en práctica medidas como la unión de las entidades crediticias del campo en un solo Banco nacional de crédito rural (BANRURAL), promulga la ley de crédito agrícola para el apoyo de mediano y pequeño ejidatario se crea la Secretaria de la Reforma Agrícola (S.R.A) entre otras, no de menor importancia (Orozco 1991).

El crecimiento que se da sigue con la política de la década anterior, es decir se centra la atención en productos de exportación olvidando en menor medida los productos básicos de las regiones.



Por su parte y ante esta perspectiva el gobierno estatal promueve las mismas políticas del gobierno federal con la diferencia de que se abrieron nuevas tierras al cultivo hecho que se logra para esta época.

En la Cuenca Alta del Río Lerma se observa esta tendencia de los 20 municipios que la componen 16 aumentaron su barrera agrícola en un promedio de 55%, Llegándose a ocupar una área total 116736 hectáreas, para 1980.

Este aumento si bien es cierto que solucionaba por un lado los problemas de granos en la región por otro se sacrificó zonas enteras cambiando su vocación como se pudo apreciar en visitas al campo, las zonas inundadas y la densidad boscosa disminuyeron dejando como resultado un fuerte impacto en los elementos que interactúan formando el paisaje.

Cuadro 13. Uso de suelo agrícola de la Cuenca Alta del río Lerma, por municipio (hectáreas)

MUNICIPIO	1960	1970	1980	1990	2000
Almoloya del Río	392.0	536.7	404.8	360.5	361.0
Atizapan Santa Cruz	653.0	416.19	582.5	599.7	600
Calimaya	4508.0	4643.7	7387.4	7098.9	7099
Capulhuac	951.0	871.9	1531.4	1157.3	1157
Chapultepec	840.0	661.5	940.5	895.7	887.8
Jalatlaco	1120.0	1531.4	4613.9	1738.8	1739
Lerma	5611.0	4622.0	11991.2	8943.5	9022
Metepec	4942.0	3845.2	5220.1	4185.0	4185
Mexicalzingo	629.0	767.5	807.7	692.0	692
Ocoyoacac	2357.0	3263.9	5550.0	4122.9	4123
Otzolotepec	3793.0	3805.4	7100.6	6525.7	6526
Rayon	1217.0	1199.7	1683.3	1928.0	1928
San A. Isla	985.0	1152.4	1819.2	2065.4	2065
San M. Atenco	1796.0	1176.5	966.2	442.5	443
Temoaya	6320.0	8189.7	14617.5	13299.1	13299
Tenango del valle	4379.0	13469.1	12634.9	11275.2	11275
Texcalyacac	204.0	134.2	458.4	639.3	639
Tianguistenco	2491.0	2063.9	5916.7	5358.6	5359
Toluca	18740.0	16554.8	30315.5	23360	23372
Xonacatlan	2575.0	2308.2	2194.5	1879.3	1879
Total	64503.0	71215.6	116736.3	96570.4	96650.8

Fuente: Subdirección de Estudio y Consulta del territorio estatal Gobierno del Estado de México (SECTE) y Censos Agrícolas y Ganaderos de 1960, 1970, 1980 y 1990, 2000.

En dichas visitas se pudo apreciar, cómo la distribución espacial de la agricultura está completamente intercalada con los demás usos del suelo esto tal vez pudiera obedecer a que la población de esta región ha crecido simultáneamente ocupando todo el valle de Toluca.

La década de 1980- 1990 se caracterizó por problemas de inflación, disminución de la capacidad productiva, perdida del poder adquisitivo y bajo nivel de vida entre otros para esta década y debido a lo anterior, el número de hectáreas cultivadas tuvo un notable descenso, mientras que para 1980 existía un área cosechada de 116736 hectáreas. para 1990

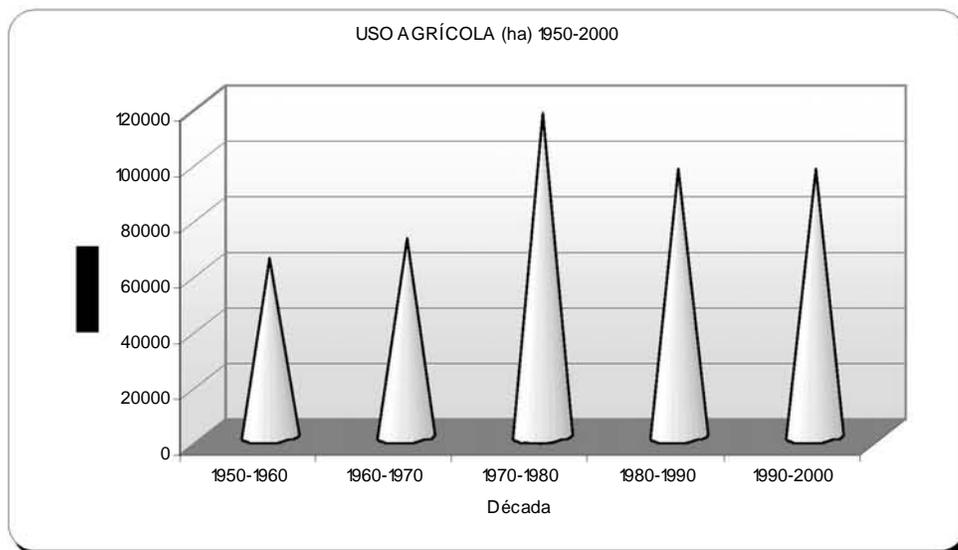


se redujo potencialmente a 96570 hectáreas, lo que corresponde a un decremento del 17% con respecto a la década anterior.

Entre los factores que intervinieron para este descenso pudo ser la crisis económica que azotó al país a principios de 1980, sin embargo no se puede descartar que otro problema fue la distribución y ubicación tan desigual de la población que se da para estas fechas, la cual demandó mayores espacios para la vivienda, notándose estas consecuencias en el municipio de Toluca, Jalatlaco, Xonacatlan entre otros.

A pesar de que la información estadística proporcionada por los censos no permiten hacer un seguimiento exacto de los cambios en el uso del suelo durante este período, (1990-2000), lo anterior obedece a que en la última década, los datos que arroja el Censo Agrícola y Ganadero son muy similares, razón por la cual el análisis y comportamiento de la barrera agrícola es muy semejante a los comentarios hechos por las décadas anteriores.

GRAFICA 7. SUPERFICIE AGRÍCOLA OCUPADA EN LA CUENCA ALTA DEL RIO LERMA (HECTAREAS)



Fuente: Subdirección de Estudio y Consulta del territorio estatal (SECTE) Gobierno del Estado de México y Censos Agrícolas y Ganaderos de 1960, 1970, 1980 y 1990, 2000.

Sin embargo cabe destacar que las modificaciones en la barrera agrícola durante el período 1960-2000, se debieron seguramente a dos hechos sobresalientes: la extracción de agua para dotar a la ciudad de México y el impulso dado a las actividades industriales.

A su vez, la extracción de agua originó dos fenómenos; por un lado, la aceleración en la desecación de la superficie lagunar que proporcionó más tierras para el cultivo; pero por el otro, al abatirse el nivel del acuífero y descender el nivel del agua subterránea los costos para sostener la agricultura de riego se incrementaron ocasionando que los campesinos optaron por la agricultura de temporal. En estas condiciones, no se compensa el incremento



de las tierras de cultivo, ya que continúa siendo una agricultura de temporal, tradicional y donde el cultivo principal es el maíz.

En resumen, en este período la zona de estudio se caracteriza por la predominancia del uso de suelo agrícola, que mantiene a la región como un importante proveedor de granos. Sin embargo se empiezan a gestar los cambios que llevarán a la Cuenca Alta del Río Lerma y al estado a ser la segunda entidad más industrializada y poblada del país, lo cual tuvo como efecto la transformación radical de sus paisajes.



CAPITULO 4

ALGUNOS FACTORES QUE CONDICIONAN Y EXPLICAN LAS FLUCTUACIONES CLIMÁTICAS

4.1. GENERALIDADES DEL CLIMA

Al realizar estudios climáticos es de primordial importancia saber la conceptualización de la climatología, y de la misma manera conocer cual ha sido su evolución a través del tiempo, pues los conceptos se han venido modificando para dar respuesta a ciertas necesidades tanto de tipo ambiental como de carácter antrópico.

El clima de un lugar determinado se define por la interacción de los elementos atmosféricos (temperatura, humedad del aire, lluvia, velocidad del viento, radiación solar entre otros) y factores geográficos (altitud, dirección del viento, continentalidad, relieve, naturaleza del suelo, vegetación por mencionar algunos). Los elementos son modificados por la presencia de diversos factores.

Desde el punto de vista etimológico la palabra clima proviene del griego “*Klino*” que significa inclinación. De esta manera de Alemany (1986) “*Klino*” dice que es la inclinación de los rayos solares a lo largo del año y durante un día.

A partir de esta definición, la noción del clima a través del tiempo ha venido siguiendo los avances de la ciencia. A principios del siglo XIX, como consecuencia del gran bagaje cultural y científico que se tenía de casi todos los fenómenos de la tierra, se tuvo la necesidad de organizar el conocimiento en diversas áreas, y así también se dieron los lineamientos para definir el clima (Morales, 2001).

De esta manera desde 1830 ya Alexander Von Humboldt definió al clima como el conjunto de las variaciones atmosféricas que afectan nuestros órganos de manera sensible: la temperatura, la humedad, los cambios de presión barométrica, la calma de la atmósfera, los vientos, la tensión más o menos de la electricidad atmosférica, la pureza del aire y por último el grado ordinario de transparencia del cielo (Gómez, 1985).

La definición de Humboldt no introduce la noción de un espacio tiempo que resulta de mayor importancia hoy en día, ni tampoco menciona la intervención de los factores los cuales son determinantes para los elementos, y por ende éstos últimos delimitan a los climas.

Sin embargo la definición climática propuesta por este ilustre geógrafo, se ha utilizado por varias décadas. A este investigador se le ha denominado el padre de la geografía pero también de la climatología, por esta razón su influencia intelectual predomina hasta nuestros días.

Así, cuando se habla del clima de un lugar, se hace referencia a un conjunto de condiciones meteorológicas típicas de él y en las cuales existen posibilidades de cambio. Se



entiende por condiciones meteorológicas el conjunto de valores de los elementos de las variables meteorológicas en determinado lugar y tiempo.

A principios del siglo pasado Julios Hann (1908), definió al clima como el conjunto de fenómenos meteorológicos que caracterizan el estado medio de la atmósfera en un punto de la superficie terrestre.

Más recientemente se propone otra definición en la cual se establece que el clima es la serie de estados de la atmósfera sobre un lugar en su sucesión habitual (Sorre, 1943).

Esta última definición esta totalmente más limitada que las anteriores, pues habla de la atmósfera, sin mencionar explícitamente que factores o fenómenos están involucrados por lo que resulta muy ambigua.

Por tal razón Miller (1975), retoma la definición de Sorre y le agrega que es necesario contar con datos que abarquen un considerable período, y considera que como mínimo deben ser 35 años, tiempo en el que se estima se pueden dar o encontrar las condiciones meteorológicas susceptibles de ocurrir en el lugar de que se trate.

Para la década de los sesenta, La organización Meteorológica Mundial (OMM), define al clima como el conjunto fluctuante de las condiciones atmosféricas, caracterizado por los estados y las evoluciones del tiempo en una porción determinada de espacio; también propuso que se considerará "Clima normal" aquellos valores medios climatológicos obtenidos cuando menos durante un período de 30 años.

La misma organización Meteorológica Mundial, definió que la climatología es el estudio de los climas: causas, variaciones, distribuciones, tipos entre otros.

Existen otras definiciones de la climatología, que sugieren una razón por la que interesa su conocimiento "Climatología es el estudio de las generalizaciones que se obtienen de la comparación entre ejemplos del comportamiento atmosférico".

Por esta razón a la sociedad le interesa la climatología para obtener un idea general de lo que puede esperar de la atmósfera en el corto plazo, basándose en ejemplos de lo que ésta ha hecho en el pasado.

La conceptualización del clima siguieron llevándose varios estudios a lo largo de las décadas, así destacan las críticas de: Lamb (1950), Bryson y Murria (1985), el primero destaca que no puede definirse el clima normal tomando en cuenta sólo un período de 30 años, ya que a lo largo de este tiempo se presentan eventos extraordinarios, y en las evaluaciones estadísticas se encubren valores extremos. Los segundos se contraponen a Lamb. Pues mencionan que ese período de 30 años obedece a una escala humana, es decir que solo se relaciona con lo que el ser humano puede experimentar durante su ciclo vital.

Por su parte Maunder (1990) en sus consideraciones climáticas hace énfasis en las fluctuaciones atmosféricas que en ocasiones pueden presentarse de manera extraordinaria,



motivo por el que la condición de "variabilidad" debe ser expresada en la definición de clima. Además menciona que todos los sucesos climáticos tienen repercusiones económicas, políticas y sociales.

Para Henderson y Sellers (1990) menciona que el clima son todas las estadísticas de un estado climático determinado durante un intervalo de tiempo acordado, calculado para el mundo o para una región determinada, también hace patente el tiempo para delimitar el clima, el cual debe ser acordado tomando en cuenta, períodos estacionales, décadas o más tiempo.

Como se puede percibir en las anteriores connotaciones, resulta difícil hallar una definición completa del clima ya que para comprenderlo es necesario tomar en cuenta todos aquellos factores y elementos climáticos locales, regionales, mundiales y cósmicos. Asimismo, es difícil introducir una escala de tiempo para relacionarlo con el clima. Sin embargo, es indispensable disponer de un concepto.

Por lo anterior, una de las definiciones más completas y que se ajusta a nuestra realidad es la propuesta por el maestro Morales (2001), quien define al clima como el estudio sistemático de la interacción de los elementos (temperatura, presión, viento, humedad entre otras) y los factores (latitud, altitud, relieve, continentalidad, fenómenos cósmicos) atmosféricos en un espacio de la tierra, considerando una escala de tiempo suficiente (10-30 años) para observar y medir su comportamiento medio, así como sus variaciones extremas.

4.1.1 Fenómenos Aerodinámicos

La meteorología depende de la interacción entre el océano y la atmósfera. La troposfera que es donde se desarrolla el tiempo atmosférico, es una capa de aire que se extiende desde la superficie de la tierra hasta una altitud de unos 14 a 20 Km. contiene más del 80% de la masa total de la atmósfera. La troposfera es más gruesa en el ecuador y más delgada en los polos, donde el aire es más frío y más denso y está por tanto más comprimido. La característica más sorprendente de la troposfera es que esta en continuo movimiento. El aire cálido asciende en el ecuador, se mueve hacia los polos, choca con los frentes fríos y produce las tormentas.

Por lo anterior la circulación del aire cerca de la superficie tiene grandes diferencias entre un punto y otro. Por ejemplo en los centros urbanos, la rugosidad natural de la superficie ha sido alterada. Las numerosas estructuras de la ciudad tienen un efecto frenador sobre el viento, aumentando por tanto su turbulencia y reduciendo la cantidad de calor arrastrada consigo; ya que entonces el viento se mueve más en la vertical que en la horizontal.

Al respecto Griffiths (1985) menciona que son pocos los estudios sobre la circulación del aire en las ciudades, los cuales no han sido generalizados, aunque muestran que la velocidad del aire en las banquetas a sotavento corresponde, a menudo, a la mitad de la velocidad del lado de barlovento. Los árboles a lo largo de los caminos y banquetas, tiene



una participación importante en la reducción de la velocidad del viento; entendiéndose esto como una barrera para la circulación del viento.

Posteriormente se han realizado otros estudios, por ejemplo el que se realizó en Francfort Alemania donde se encontró que la velocidad del viento en las calles se relacionaba linealmente con la medida al nivel de los techos, encontrándose que la velocidad en el lado de barlovento era de 30% mayor que la velocidad por encima de los techos en el lado de sotavento.

Este tipo de estudios nos llevan a concluir que la reducida velocidad del viento tiende a concentrar la contaminación, así como el período de estancamiento. Esto deja como resultado que dentro de los límites que conforman la zona urbana se produzca una canalización de flujo de aire y un aumento en la turbulencia, formando remolinos; e incluso en algunos lugares, la velocidad del aire puede ser mayor que en un campo abierto, trayendo consigo un cambio en los elementos que conforman el clima.

Otros estudios como el realizado por Chandler (1972), señala que las velocidades del viento son generalmente más bajas en las zonas donde existen construcciones, que en la campiña que las rodea. Sin embargo, en el caso de vientos suaves, se ha observado que las velocidades de los mismos aumentan en las zonas urbanas, donde el enfriamiento rural nocturno induce la formación de la inversión superficial. Y esto por supuesto reduce la velocidad del viento.

Finalmente, se puede decir que cuando el aire no está en calma tanto en la zona rural como urbana, tiende a desarrollar una circulación centrípeta estimulada por la formación de la “isla térmica”, la cual es muy característica en la estación seca. Es importante resaltar también que los vientos son más constantes y tienen mayor velocidad sobre los mares que sobre los continentes, debido a que no encuentran obstáculos en su curso. Ni los vientos alisios son constantes sobre la tierra, especialmente en regiones de acusado relieve, es decir en lugares cuyo terreno característico son las elevaciones. Por otro lado, las condiciones más aproximadas a las marinas se encuentran en terrenos llanos como praderas, y donde la fuerza y la constancia de los vientos se aprovechan mediante numerosos molinos de viento utilizados para elevar agua y para muchos otros fines. Los molinos de viento son una de las características de los países bajos (Holanda).

Así Landsberg (1981) en su estudio sobre los efectos de los vientos en las actividades humanas, encuentra en Munich que el viento tiende a disminuir dentro del área urbana, ya que los edificios impiden su libre paso. Este acontecimiento puede ocurrir en las grandes ciudades con elevado número de edificios y con topografía variada.



4.1.2 Influencia solar

La radiación solar, por su acción sobre la vida orgánica de nuestro planeta y por su importancia en la comprensión de los fenómenos meteorológicos, es el elemento del tiempo y clima que debe estudiarse primero en un orden de causa efecto. Sin la radiación, la fuente de energía en la superficie terrestre y en la atmósfera, no podrían existir sus diferencias térmicas, la evaporación, ni las variaciones en la densidad del aire, que a su vez, causan los movimientos dentro de la atmósfera con sus fenómenos relacionados para constituir el complejo del tiempo meteorológico.

Del total de energía emitida por el sol, la interceptada por el sistema tierra-atmósfera es mínima, sin embargo, en un solo año, representa entre 5 a 10 veces la reserva probada en combustibles fósiles.

No obstante, el interés en el estudio de la radiación solar, todavía se ignora en muchas áreas del globo, los datos de este elemento, necesarios para analizar sus distribución geográfica adecuadamente (Guevara, 1988).

Se entiende por radiación a la propagación de energía en forma de ondas electromagnéticas que llega al límite superior externo de la atmósfera terrestre, y su valor es de 1.94 calorías-gramo por centímetro cuadrado y por minuto.

El término insolación se refiere al número de horas y décimas durante las cuales el sol brilla en un lugar. Y de esta manera se mide mediante el heliofanógrafo. También se sabe que a lo largo de toda la vida del sol, éste ha estado creciendo. Hace unos 3500 millones de años el astro era un 8.5 % más pequeño y su luminosidad era de un 3 a 4 % menor que actualmente, lo que indica que la constante solar era menor en relación con lo que sucede en la actualidad (Morales, 2001).

La fuente fundamental, casi única, del calor atmosférico y terrestre proviene del sol. Las investigaciones han revelado que la radiación extraterrestre proveniente de la luna, planetas y de todas las estrellas es insignificante, calculándose este calor en apenas una diezmilésima parte del calor solar en la cima de la atmósfera. Por otra parte, el calor del interior de la tierra que podría pensarse tenga algún efecto, es muy reducido y también se considera nulo.

El sol tiene una temperatura en su núcleo de unos 20 millones de grados centígrados; esta temperatura disminuye rápidamente hacia la superficie, donde alcanza alrededor de 6000° C. Las elevadas temperaturas del sol permiten reacciones termonucleares, como la fusión de átomos de hidrógeno, lo que da lugar a la formación de átomos de helio. Al producirse estas reacciones se originan fenómenos convectivos, es decir ascensos de energía hacia la superficie y el espacio interestelar.

En el sol aparecen, en ciertos períodos, manchas oscuras, que aumentan o disminuyen, siguiendo un ciclo de once años aproximadamente llamado ciclo solar. La polaridad



magnética solar se invierte cada once años y este cambio coincide con el máximo de actividad solar. Se cree que las variaciones de la constante solar están asociadas con este ciclo. Parece ser que hubo un período de mínima actividad de las manchas solares desde 1645 a 1715 que se conoce como el mínimo de Maunder, dado que fue Walter Maunder, astrónomo inglés, que lo descubrió en 1894.

A este mínimo se le hizo responsable de un período de tiempo excepcionalmente frío que afectó a Europa y Norteamérica durante lo que se conoció como la “Pequeña Edad de Hielo”. (Gribbin, 1986).

El mismo autor comenta que este período de enfriamiento empezó hacia 1500 y se prolongó durante unos 350 años. El inicio de la pequeña Edad de Hielo estuvo relacionado con un aumento de actividad volcánica. Las cenizas volcánicas puede que obscurecieran el sol en la atmósfera superior y redujeron las temperaturas. El aumento de los niveles de industrialización y la consecuente aportación de dióxido de carbono a la atmósfera habrían sacado al planeta de la Pequeña Edad de Hielo al incrementar el efecto de invernadero. Si no fuera por esto, este período podría haber sido el preludio de la próxima gran glaciación.

Las manchas solares ya eran conocidas por los antiguos astrónomos, pero Galileo fue el primero en observarlas por telescopio. Posteriormente como ya se mencionó fue Walter Maunder quien hizo el descubrimiento de una interrupción de 70 años en la actividad de las manchas solares. Hoy en día se conoce a este tiempo como mínimo de Maunder, que estuvo relacionado en la parte más fría del pequeño período glacial.

Se ha intentado correlacionar el sol y los efectos a la atmósfera. Quizá la relación más sólida identificada hasta ahora sea el efecto de las manchas solares sobre el centro de giro de los vientos de la estratosfera.

Hedí, (1983) al estudiar las relaciones entre el clima y la radiación solar hasta 7000 años atrás, descubrió que en el pasado remoto hubo varios períodos semejantes al mínimo de Maunder, las cuales parecen coincidir siempre con épocas de clima especialmente fría. Advirtió también que las épocas de las altas temperaturas en la tierra se desarrollaban en períodos prolongados de la actividad solar elevada.

Estos cambios sólo se dan cuando hay un número máximo de manchas solares, esto indica que el sol está muy activo y por tanto las temperaturas de invierno son más altas debido a la desaparición del eje polar y de la consecuente entrada de aire cálido.

En la gráfica de Schneider (1970) citado por Gribbin (1986) se puede apreciar que a principios del siglo XX la actividad solar fue relativamente escasa, pero a partir de 1930 han aumentado de manera considerable las manchas solares. Dicho incremento coincide con el supuesto incremento de la temperatura a nivel mundial. De igual manera argumentan que la temperatura en la tierra a lo largo de los pasados tres siglos se puede explicar bien si la cantidad de calor que alcanza la superficie terrestre varía acompasadamente con el número de manchas solares.



Así de esta manera y de acuerdo a los estudios realizados por más de un científico, se puede concluir que las manchas solares sigue una pauta periódica que abarca unos 9 a 14 años, con una duración media de once años. Otros estudios realizados por la NASA citan que otras actividades solares varían directamente con el ciclo solar, que tiene un período de unos 22 años. La polaridad del campo magnético del sol se invierte con el inicio de cada ciclo de manchas solares, es decir, cada 22 años, las manchas solares están relacionadas con los campos magnéticos solares, que son varios miles de veces más fuertes que el campo magnético de la superficie terrestre.

También la oscilación afecta también sin duda alguna el clima terrestre, pues según estudios recientes revelan que las sequías en Norteamérica han mostrado un ciclo de alrededor de 22 años que parece corresponde con el ciclo solar.

Otoala (1993) citado por Morales, (2001) considera a la variabilidad solar como uno de los principales agentes externos causantes de cambios en el clima, desde un año hasta miles de millones de años, y concluye en su estudio diciendo, es claro que en el tiempo y el clima confluyen múltiples factores, algunos internos y otros externos, que operan sobre un sistema extremadamente complejo, en un enorme rango de escalas temporales. Pero lo que los meteorólogos no pueden olvidar ni descartar es que dicho sistema está dominado de manera considerable por un factor externo: el sol.

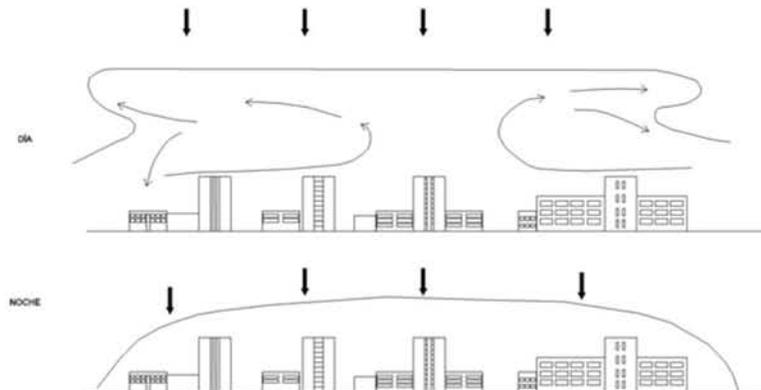
4.1.3 Isla térmica o “Isla de calor”

Las ciudades son nódulos que reflejan el mayor impacto del hombre en la naturaleza, son lugares en los que el hombre ha alterado al máximo la tierra, el aire, los organismos y el agua. La ciudad es la quinta esencia de la capacidad del hombre ha creado mediante la urbanización, nuevos ecosistemas dentro de los cuales son ejemplos, la interacción del hombre con sus actividades y su propia naturaleza. (Detwyler y Marcus 1972).

Partiendo de esta premisa se puede decir que una “Isla de calor “es un fenómeno que afecta principalmente a las ciudades, provocado por el cambio en la estructura y uso del suelo y por las actividades producidas desarrolladas en la ciudad.



Esquema. 1



Isla de calor

Fuente: Casallanes. Contaminación hoy

La “isla de calor” tiende a acumularse en el centro de las ciudades debido muy probablemente al hacinamiento de construcciones, edificios y calles pavimentadas. El aire caliente se lleva, arrastrando la carga de contaminación, luego se expande hacia los extremos de las ciudades, el aire se expande, se enfría, de esta manera el aire más frío en los extremos fluirá de nuevo hacia el centro de las ciudades, cerca de la superficie del suelo. Se forma así un sistema circulatorio autocontenido, que se podrá alterar o romper por los efectos de un viento fuerte tal como se muestra en el esquema 1.

La razón básica de las diferencias térmicas en el clima urbano es la alteración del equilibrio de calor. Esto se debe a la sustitución del suelo natural por una superficie de piedra, concreto, pavimento, metal o tabique, por las cuales el agua escurre rápidamente casi en su totalidad. Además la ciudad tiene una cantidad creciente de fuentes de calor debido a las industrias, vehículos de combustión interna y a la calefacción de los locales en invierno, ya que es sabido que las ciudades tienen, en general, temperatura mayor que sus alrededores. Y a este fenómeno es al que se le ha denominado “Isla de calor”.

Lowry (1969) destaca que en un estudio realizado por Murray, este investigador encontró tres pruebas de que el conjunto de las condiciones climáticas de la ciudad, tiene como causa principal a la propia ciudad y no a otras variables. Así en las áreas urbanas se observa lo siguiente:

Primero, donde quiera que se encuentren las ciudades, ya sea en zonas planas o accidentadas, siempre presentarán el fenómeno de “Isla de calor”; segundo los registros de temperatura muestran una diferencia marcada entre los días laborales y los fines de semana. Esto debido a que entre semana aumenta el número de fuentes generadoras de calor. Y tercero, el tamaño de la “Isla de calor” y la diferencia de temperatura entre la ciudad y el campo aumentan con el número de la población.

Así el impacto de los “nuevos ecosistemas” se acentúa más dentro de las ciudades, generando y llevando consigo un cambio en las condiciones medioambientales.



La superficie en la ciudad absorbe mayor cantidad de radiación solar, en comparación con la superficie de las zonas rurales, ya que en los techos y muros altos pintados de color oscuro se retiene mayor porcentaje de la radiación. Las superficies de concreto tienen una elevada conductividad y capacidad térmica, almacenando calor durante el día y liberándolo durante la noche.

Por otro lado Jáuregui (1977), afirma, las diferencias térmicas entre la ciudad y el campo, se acentúan en las noches invernales. Entonces el manto de impurezas que cubre la ciudad absorbe la radiación de onda larga del área urbana, la reirradia hacia el suelo. Mientras mayor sea el tamaño de la ciudad, más acentuado será el efecto de contraste térmico entre la ciudad y el campo. Es sabido que las ciudades tienen, en general, temperatura mayor que sus alrededores. A este fenómeno él también le ha llamado “Isla de calor”.

En el área rural, el pasto u otro tipo de vegetación actúan como cobertor y la temperatura es más baja durante el día y la noche, acentuándose por la evaporación y la evapotranspiración. Además, la ciudad produce una cantidad considerable de calor artificial. Durante el invierno en las latitudes medias y altas, la fuente principal de calor de algunas ciudades es de origen artificial y no solar.

Kenneth, (1992) menciona que la “Isla de calor”, se forma cuando el aire caliente tiende a acumularse en el centro de la ciudad, debido quizá a la concentración de edificios altos y de calles pavimentadas. Este aire caliente se eleva, arrastrando consigo la carga de contaminación, luego se expande y fluye hacia los bordes de la ciudad. El mismo autor explica que el aire se expande se enfría y, de este modo, el aire más frío en los bordes de la ciudad fluirá de nuevo hacia el centro de la ciudad, cerca de la superficie del suelo. Así se forma un sistema circulatorio auto contenido, que sólo se podrá alterar o romper por el efecto de un viento fuerte. De esta manera las partículas pequeñas presentes en el aire sobre la ciudad, tienden a reducir la energía solar e impiden de este modo que el sol caliente el aire cercano a la superficie, también se reducen las corrientes normales y verticales del aire, y finalmente el aire inferior bajo el “Domo de polvo” o la cubierta de bruma de la ciudad tiende a contaminarse cada vez más.

Un estudio realizado en Manhattan dejó como resultado que el calor producido tan solo por máquinas de combustión es dos veces y medio mayor que el aportado por la radiación solar. El calor producido en una casa habitación, llega a difundirse hacia el exterior; los automóviles aportan gran cantidad de calor e inclusive, el calor metabólico de las personas es considerable.

El mismo estudio revela que en las ciudades subtropicales durante el invierno, la cantidad de calor producido por el hombre y sus actividades puede representar aproximadamente 10% de la cantidad de calor aportada por la radiación solar. En el verano el porcentaje es menor, aunque los sistemas de aire acondicionado producen una cantidad apreciable de calor, todos estos y otros factores contribuyen a explicar, el hecho de que los centros urbanos e industrializados, existen ocasionando las variaciones sobre la



temperatura, humedad, precipitación, viento entre otros. Y debido a que estos procesos influyen en la mayoría de los elementos del clima, no es extraño esperar que las modificaciones climáticas sean lentas pero efectivas a través del tiempo.

4.1.4. Efecto invernadero

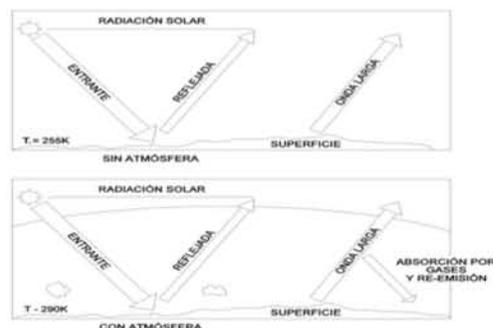
Desde que el planeta surgió ha vivido encerrado en un invernadero o bóveda de aire. En ese aire hay ciertos gases, aerosoles y partículas de polvo; algunas de estas sustancias son de origen natural y otras han sido producidas por el hombre, pero si la cantidad de esas sustancias es excesiva, el planeta podría adquirir un incontrolado efecto invernadero similar al de Venus (temperatura superior a los 400° C).

Sin embargo si en la atmósfera no hubiera suficientes gases de invernadero o materia en forma de partículas, la tierra se volvería tan fría como Marte con una temperatura inferior a menos 53 °C. Pero afortunadamente para la Tierra, la atmósfera se mantiene en equilibrio se altera por la intromisión del hombre, las futuras generaciones tendrían que decidir si irse a los polos, en caso de que la tierra se volviera demasiado calurosa, o a los trópicos si se enfrían en exceso. (Gribbin J. 1986).

Aún cuando hasta hace poco tiempo se han pasado a primera plana y, por lo que nos informan los medios de comunicación, foros y conferencias, parece que se trata de algo nuevo en la historia de la tierra, como un efecto secundario de las actividades humanas, sin embargo, el efecto de invernadero ha tenido en realidad una importancia durante la larga historia de nuestro planeta.

Thomas et al citado por Gómez (1994), señalan que la atmósfera nunca ha estado libre de cambios, sin embargo la reciente tendencia al calentamiento se debe a la intensificación del efecto invernadero, de acuerdo al cual la tierra se calienta por los gases que absorben radiación infrarroja, emitida por la superficie del planeta calentada por el sol y la envían luego a la tierra.

Esquema. 2



Efecto invernadero, mostrando el balance entre incidente reflejada y emitida al exterior en (a) un planeta sin atmósfera, (b) un planeta con atmósfera

Fuente: Gribbin 1986, el clima del futuro



La intensificación del mencionado efecto se debe, en gran parte, a aumentos de los niveles de algunos de los componentes atmosféricos menos abundantes, o gases como bióxido de azufre, los óxidos de nitrógeno, varios clorofluorcarburos o holocarburos (compuestos que contiene cloro, flúor, carbono y algunas veces hidrógeno) además del bióxido de carbono. Como se representa en esquema 2.

Como ya se mencionó el aumento de estos gases pueden deberse a causas naturales, sin embargo, es notorio que las actividades humanas den cuenta de los cambios más rápidos en la tendencia térmica de los últimos 200 años.

Las actividades humanas que más inciden en este hecho son la combustión de hidrocarburos y carbón para producir energía, la quema de vegetación, la deforestación y ciertas prácticas industriales y agrícolas. Según la FAO la agricultura y la silvicultura contribuyen al efecto invernadero. El resto de emisiones que provoca el efecto invernadero se debe a las actividades industriales, combustión de automotores y a causas naturales. A pesar de todo no se han determinado a ciencia cierta los porcentajes debido a las diferentes causas.

Al respecto Gómez (1994) menciona que ciertas prácticas agrícolas emiten, asimismo gases diversos. La quema de bosques y praderas en la sabana de las regiones tropicales y subtropicales, para crear pastizales o zonas de cultivos, originan grandes cantidades adicionales de monóxido de carbono, metano y óxidos de nitrógeno. Además el suelo descubierto después de talar los bosques emite óxido nitroso, como lo hacen también los fertilizantes ricos en nitrógeno que abonan los campos. La cría de animales domésticos constituye otra fuente importante de metano (liberado por las bacterias anaerobias del tubo digestivo del ganado y otros rumiantes), como lo es el cultivo de arroz. En consecuencia la agricultura contribuye al efecto invernadero con emisiones de óxido nítrico, monóxido de carbono pero sobre todo de anhídrido carbónico, metano y óxido nitroso, sin embargo, las emisiones de bióxido de carbono por la agricultura son prácticamente nulas.

Estudios realizados por CONACYT (1993) menciona que el efecto invernadero consiste en el sobrecalentamiento de la superficie terrestre, causado principalmente por la quema de combustibles fósiles y la destrucción de bosques tropicales, lo cual produce una gran cantidad de CO₂, que aumenta cada año. Estados Unidos, la Ex Unión Soviética y la Unión Europea, son los causantes principales de este efecto. Sin embargo, se ha procurado hacer creer que el problema está en la destrucción de los bosques tropicales de los países del Tercer Mundo, ya que en efecto, existe una relación entre el mal uso de los recursos naturales y el sobrecalentamiento.

Maunder (1990), citado por Morales Méndez, destaca que en la conferencia que organizó la Organización Meteorológica Mundial, sobre la evaluación del papel del dióxido de carbono y otros gases de invernadero sobre las variaciones climáticas; se llegó a la conclusión de que, como consecuencia de las mayores concentraciones de gases de invernadero, se cree que en la primera mitad del siglo siguiente podría suceder un incremento de la temperatura media global mayor que ningún otro de los que han sucedido



en toda la historia humana. Sin embargo el tema polémico; no existe ninguna razón para crear a priori que los modelos informáticos de una atmósfera con incrementos de CO₂ represente la realidad de forma razonable.

Sadourny (1993) comenta, a fines del siglo pasado, ya había llamado la atención sobre las consecuencias climáticas de las actividades del hombre. Mediante un cálculo sencillo demostró que una duplicación de la carga atmosférica de dióxido de carbono debida al aumento rápido de la industria se traduciría en un recalentamiento global de la tierra del orden de 6° C. El resultado cuantitativo es, evidentemente discutible, pero el argumento del principio sigue teniendo una base sólida.

Morales, (2001) en su tesis de maestría destaca, que el efecto de invernadero es un fenómeno que se presenta en la tierra desde que existe vapor de agua y dióxido de carbono en la atmósfera. Este fenómeno permite que las temperaturas en nuestro planeta no se eleven demasiado durante el día y no descendan bruscamente en la noche, lo que ha permitido a través del tiempo mantener un equilibrio térmico y dar lugar a las diversas formas de vida. La intensidad y la magnitud del efecto invernadero han variado también en el transcurso del tiempo; no obstante, en la actualidad se considera que el proceso se ha incrementado como consecuencia de un aumento de gases derivados de diversas actividades humanas.

El mismo autor destaca que cálculos teóricos han demostrado que cuando se llegue a la duplicación del índice de dióxido de carbono, la temperatura media mundial aumentará unos 2.0° C. Muchos de los estudios de la respuesta climática no contemplan los efectos en la circulación oceánica, los continentes y la atmósfera. Así en la actualidad, el argumento más sólido de los investigadores del clima es el aumento del dióxido de carbono.

Recientemente, se ha atribuido al efecto invernadero la causa de sequías e inundaciones, así como condiciones meteorológicas excepcionales. Los niveles de dióxido de carbono atmosférico han aumentado un tercio desde el inicio de la revolución industrial. La temperatura media mundial se ha elevado medio grado centígrado desde el principio de este siglo. A mediados del siglo XXII, la cantidad de dióxido de carbono de la atmósfera puede duplicarse y las temperaturas de la superficie del planeta pueden llegar a elevarse entre 3 y 5.5 grados centígrados. Pues según Erickson (1992) esto podría cambiar la distribución mundial de las precipitaciones, extender los desiertos del planeta y reducir drásticamente la producción agrícola, se piensa también que cualquiera de estos hechos, o todos a la vez, serian desastrosos.

Así todos los factores que se han mencionado, en el presente apartado, tienen una participación significativa en las diferencias climáticas, es decir su relación entre ellos dan como consecuencia alteraciones en los diferentes elementos, sin olvidar que el ser humano es el principal detonador de dichas fluctuaciones y que también, es quién resulta perjudicado en este aspecto.



Resulta importante también mencionar que tanto el incremento poblacional como industrial en las ciudades, deja como resultado una menor evaporación y un aumento de temperatura, situación que en las zonas rurales no se presenta.

4.1.5. Contaminación del aire

En sentido amplio, la contaminación ambiental ha existido en diversos grados antes de la aparición del hombre sobre el planeta. Gran cantidad de gases tóxicos debieron haber permanecido en suspensión en la atmósfera primitiva de hace unos 500 millones de años. Es posible imaginar los productos de las inmensas erupciones volcánicas que se sucedieron en el transcurso cronológico. La ciencia moderna ha encontrado evidencias de que los gases, los humos y polvos así expedidos, contaminaron la hidrosfera y la atmósfera y de la fauna que se han podido conocer las huellas que dejaron en la litosfera.

Vizcaíno, (1980) menciona que, el hombre primitivo no solo contaminó su ambiente desde que apareció sobre la tierra, sino que propicio el deterioro y la degradación de los sistemas ecológicos. Grandes fueron los beneficios que obtuvo con el descubrimiento y el uso del fuego, pero no sabiendo como controlarlo, causó la pérdida de grandes extensiones boscosas, con las subsiguientes lluvias, los espacios vacíos se cubrieron de pastizales inmensos que favorecieron el incremento de poblaciones de mamíferos herbívoros; tal fenómeno, por un lado, impidió la regeneración natural de los bosques, y, por el otro, los animales humificaron la tierra y la hicieron propicia para la agricultura, lo que permitió la sedentarización del hombre y el comienzo de su desarrollo cultural.

Así después de más de 7000 años de estos sucesos, las interrelaciones de los seres vivos y su medio ambiente son muy complejas; el hombre ha modificado, en su mayoría, los ecosistemas originales y, en no pocos casos, ha puesto en grave predicamento el equilibrio de las fuerzas del clima, haciéndolo derivar, muchas veces de manera irreversible hacia el caos.

Hoy en día el concepto de la contaminación no ha cambiado, y se sigue entendiendo como: toda sustancia extraña que se introduzca a la composición de la atmósfera, ya sea de manera natural o por ser el ser humano se considera contaminación. Los contaminantes naturales son: cloruro de sodio, polen, polvo, esporas, ceniza volcánica entre otros. La contaminación se ha incrementado por el hombre sobre todo después de la revolución industrial que se da en Inglaterra a mediados del siglo XVIII; desde entonces las fábricas arrojan al aire humos nocivos para el ambiente. (Morales, 2001).

La connotación anterior se le debe agregar que otros de los graves problemas a parte de lo ya citado, ha sido sin duda alguna el rápido crecimiento poblacional e industrial, que origina en las ciudades un gran deterioro ambiental, precisamente una de las manifestaciones de la degradación se da en la calidad del aire, que se ubica en las zonas urbanas.



Cuando los contaminantes se mezclan con el aire, reaccionan químicamente con otros gases como el oxígeno y el vapor de agua, con lo que resultan productos fotoquímicos, ácidos corrosivos y tóxicos como el ozono. Este último es benéfico para el planeta estando en la estratosfera, pero cerca del suelo daña a los organismos vivos.

Cuadro 2. Gases que más contaminan el aire

Gases	%
CO ₂ procedente de la combustión de petróleo, gas y carbón	30
CO ₂ procedente de la deforestación	20
Metano	18
Fluoroclorocarbonados CFCs	14
Ozono troposférico formado por la contaminación atmosférica	12
No, procedente de automóviles y fertilizantes	6

Fuente: Naredo, 1993 Hacia una ciencia de los recursos naturales

No olvidemos, que el aire es un elemento vital para el ser humano; no podemos vivir sin respirar. Sin embargo, estamos cambiando la calidad del aire al utilizarlo como medio para arrojar los desechos de la combustión, el aire puro es una mezcla de gases de nitrógeno (78%), oxígeno (20.9%), vapor de agua y pequeñísimas cantidades de dióxido de carbono y de gases raros. Pero estas condiciones hoy en día solo se encuentra en las llanuras, en bosques alejados de centros urbanos, en las montañas y en el mar.

La contaminación atmosférica puede estar aumentando el efecto invernadero en la tierra. Con el aumento de la temperatura se modifican los sistemas del tiempo atmosférico y el clima. Las partículas contaminantes actúan como núcleos de condensación y de sublimación. Así las lluvias, nieblas y neblinas contienen esas sustancias. Esos estados del agua adquieren un color oscuro: de ahí se deriva la palabra smog (nebluno) y se adaptó para describir una mezcla de humo y niebla.

Cuando se presentan inversiones térmicas el aire frío queda cerca de la superficie terrestre, permaneciendo por algún tiempo con muy poco movimiento. En ocasiones la masa de aire frío contiene muchos contaminantes y quedan atrapados muy cerca del suelo. El smog cuando se estanca por mucho tiempo en ciertas áreas puede causar envenenamiento como han ocurrido en las ciudades de Nueva York y Londres, en 1948 y 1952 respectivamente.

La distribución del aire altera la distribución, la frecuencia y la intensidad de los elementos atmosféricos en varias regiones del mundo, pero también está provocando un gran deterioro ambiental.

Kratzer (1976), señaló que la contaminación del aire es uno de los fenómenos más destacados del clima urbano: por ejemplo visto desde las alturas, puede observarse la ubicación de una ciudad por el polvo que la cubre. En las áreas urbanas se concentran diversos tipos de fuentes de contaminación. Los contaminantes emitidos se mezclan con el aire, por lo cual una masa de aire contaminada cubre la zona urbana y se extiende hacia las regiones suburbanas y rurales.



Existen otros estudios y modelos muy sencillos como los propuestos por Bach (1970); Oke (1979) y Landsberg (1981), quienes muestran el régimen de circulación del aire en las ciudades y el comportamiento correspondiente del aire contaminado, a pesar de que existen pocos experimentos detallados, realizados sobre el terreno de estudio, que verifiquen dichos modelos. Desde luego la calidad del aire no es el único elemento atmosférico importante que se modifica en el medio ambiente urbano; existen otros efectos como el caso de la isla de calor, misma que debe ser considerada en la planificación de los asentamientos humanos. Así en los últimos se ha introducido un efecto adicional que influye en la tendencia de los elementos del clima; la contaminación.

Chow, (1983), realizó un estudio en la República de China, sobre la contaminación del aire, en su resumen dicho autor menciona que durante los últimos 20 años los esfuerzos realizados en pro de la industrialización y el desarrollo económico provocaron un abrupto aumento de las concentraciones de contaminación en el mismo período. Los principales factores del deterioro del medio ambiente atmosférico son: el incremento sustancial de industrias; la combustión del petróleo, carbón y madera; parque vehicular y la elevada densidad de población. Observándose que los efectos de la contaminación ambiental sobre la salud constituyen el principal problema en los últimos años.

Es sabido que el aire que llega a las ciudades procedentes de las áreas rurales vecinas, comienza a recibir las impurezas constituidas por (gases y partículas sólidas) que se producen en la ciudad. Cuando las concentraciones de los contaminantes aéreos son elevadas, a tal grado que empiezan a afectar la salud de la población, entonces se dice que existe un problema de contaminación atmosférica en la ciudad. Las principales sustancias que flotan en la atmósfera urbana son: dióxido de carbono, monóxido de carbono, dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, ozono, polvo en suspensión, entre otros.

Las fuentes principales y permanentes de contaminación del aire y que han sido identificadas desde hace tiempo, se encuentran los vehículos y la industria. Estos forman una capa que, por un lado, absorbe mayor cantidad de radiación solar, disminuyendo la que podría llegar al suelo y, por otra parte, durante la noche podría formar una pantalla que impide parcialmente el escape de la radiación terrestre, con lo que se establece un estrato de espesor variable en el que aparece temperatura más alta. Por esta razón, no es de extrañar que las zonas industriales registren mayores temperaturas que el resto de la misma zona urbana.

Por otro lado, el aumento de la contaminación del aire perjudica a la producción agrícola, pues causa daños directos a los cultivos, las hortalizas y las frutas, así como también disminuye la productividad de los suelos, lo que nuevamente exige mayor utilización de fertilizantes. Para la salud del hombre uno de los contaminantes más peligrosos de respirar son las partículas de plomo.



4.1.6. Naturaleza del suelo

El suelo de una región, es el escenario de una gran diversidad de actividades de la población: desde el aprovechamiento de su potencial productivo (cultivos agrícolas, aprovechamiento forestal, pastizales, entre otros), hasta el soporte de centros de población, industrias y su correspondiente equipamiento e infraestructura.

Esto representa dos retos: primero, el aprovechamiento de su potencial productivo para la resolución de conflictos entre usos incompatibles y segundo, prevenirlo como receptor fundamental de impactos por ejemplo erosión, contaminación, pérdida de fertilidad y compactación.

Los suelos de un espacio geográfico, de acuerdo a su origen y los factores de formación (roca madre, clima, organismos, pendientes y tiempo) presentan una diversidad de características físicas, químicas y biológicas, que le confieren diferentes cualidades para las diversas actividades.

El término suelo se deriva del latín *solum* que significa piso o terreno. En general el suelo se refiere a la superficie suelta de la tierra para distinguirlo de la roca sólida. Muchas personas cuando se refieren al suelo tienen en mente al material que nutre y sostiene a las plantas en desarrollo, pero este significado es más general, ya que incluye no solamente al suelo en el sentido común sino también a las rocas, el agua, la materia orgánica y formas vivientes, y aun el aire; materiales y sustancias que intervienen directa o indirectamente en el desarrollo de las plantas.

Por su parte el agricultor tiene una concepción más práctica del suelo; para él, es el medio donde se desarrollan los cultivos. Sin embargo son varios los factores que intervienen en la formación y desarrollo del suelo, que es un conjunto de acciones variadísimas.

Aguilera, (1996) considera dos acepciones; primera, el suelo es un material mineral no consolidado sobre la superficie inmediata de la corteza terrestre que sirve como un medio natural para el desarrollo de las plantas terrestres. Segundo, el suelo es el material no consolidado sobre la superficie de la tierra; que ha estado sujeto e influenciado por factores genéticos y del medio ambiente como son el material madre, el clima, incluyendo efectos de humedad y temperatura, los macro y microorganismos y la topografía; todos ellos actuando en un período de tiempo y originando un producto, el suelo, que difiere del material del cual es derivado en muchas propiedades y características físicas, químicas, biológicas y morfológicas.

Así se puede decir que el suelo esta constituido por rocas transformadas mediante la acción de la atmósfera y de los vegetales. Además de los restos de las rocas, compuestos químicos inorgánicos, así como materia de origen orgánico. El clima es el factor fundamental en la distribución de los suelos y de las plantas, porque influye sobre los procesos fisicoquímicos del suelo y sobre los procesos biológicos de las plantas.



Y como el clima se debe a fenómenos físicos de la atmósfera, los cuales a su vez, están controlados por la insolación; además existe, una estrecha relación entre el suelo y la vegetación, ambos influyen mutuamente entre sí, de modo que el suelo influye sobre la vegetación y la propia vegetación ejerce influencia sobre el suelo.

La formación geológica y la resultante naturaleza del suelo figuran también entre los factores que determinan el clima. Las superficies de colores oscuros absorben los rayos del sol más que las de colores claros y están por lo general más calientes durante el día. Además el aire situado encima de ellas se dilata.

Los terrenos secos, tales como las arenas, tienen un calor específico bajo y varían rápidamente de temperatura, mientras que los húmedos, como por ejemplo los arcillosos, retiene la humedad y tienden a conservar el calor y el frío; además, si no tienen un buen drenaje, favorecen la formación de nieblas y calina.

Considerando las texturas, el color y el grado de humedad del suelo, se puede inferir que estas características influyen en la manifestación del tiempo atmosférico y del clima a nivel micro escala en diversos lugares del planeta. Un suelo con bastantes partículas sobre el terreno, entre ellas rocas, presentan múltiples intersticios y poros que permiten el almacenamiento de calor y de humedad. Estas condiciones producen ciertos microclimas que en ocasiones son refugio de algunas plantas y animales. Mientras que los suelos compactos, es decir aquellos que no tienen muchos poros, casi no tienen aireación y durante el día se calientan y por la noche tienden a enfriarse muy rápido (Morales, 2001).

El mismo autor cita que los suelos con material suelto y rocoso son lugares con climas locales más cálidos y húmedos con relación a los llanos y compactos. Estos efectos que pueden parecer insignificantes crean micro ambientes ecológicos muy importantes para algunos organismos.

Por su parte Miller (1975) argumenta que, los tipos de suelo también influyen sobre la vegetación, modifican fuertemente los efectos del clima, produciendo praderas en donde el clima indicaría bosques o desiertos donde pudiera haber pastos (arenas sueltas) o determina un paisaje que es vitalmente un desierto a pesar de disponer de lluvia suficiente y hasta en abundancia.

Es evidente que un suelo cubierto con vegetación puede retener mayor cantidad de agua y, consecuentemente, propicia mayor humedad a la capa de aire que se encuentra en contacto con él. Por el contrario, un suelo que ha sido sustituido por pavimento propicia, por una parte, el escurrimiento casi total del agua de lluvia reduciendo considerablemente la evaporación y, por consiguiente, la humedad del aire; por otro lado, contribuye a aumentar la temperatura del aire por medio de la reflexión, ya que un suelo con vegetación o desprovisto de está, refleja menor cantidad de radiación que la que refleja el suelo cubierto por cemento o asfalto.



Otro factor importante en los suelos, es su color; los suelos oscuros mantienen mayor cantidad de calor y humedad, situación que influye notablemente en el crecimiento y desarrollo de los cultivos agrícolas.

4.1.7. Las ciudades, su expansión e industrialización

El desarrollo de los diferentes espacios urbanos no se puede dar de manera homogénea, desarrollándose de manera acelerada en aquellos lugares que por su ubicación geográfica, infraestructura o bien porque en lo económico-político han sido estratégicos. Esta dinámica desigual de desarrollo, se refleja en una irracional ocupación del territorio, esto es, en una concentración de la población en algunos espacios.

El asfalto o pavimento de piedra y las construcciones de la ciudad son más densos que la roca y los materiales que constituyen el suelo, de forma que poseen una capacidad calorífica superior a la de los suelos naturales, es decir elevan notablemente la temperatura del aire, esto obedece a las propiedades térmicas del material utilizado en las construcciones como son el concreto, pavimento, ladrillo, entre otros. Estos almacenan durante el día gran parte de la radiación solar que reciben para después liberarla durante la noche, razón por la cual las temperaturas mínimas en las ciudades tienen un valor más alto que el de las zonas rurales, además de que este tipo de material hace que el agua que precipita resbale y no se retenga.

Se sabe también que a medida en que una localidad se transforma en una ciudad, se presentan alteraciones ambientales considerables en ese espacio. Con el crecimiento poblacional y urbano se alteran las condiciones hídricas, edáficas, vegetativas, topográficas, agrícolas entre otras. Al presentarse esa afectación se alteran también los elementos atmosféricos (Morales, 2001), cita que al estar construidas las ciudades de un material de concreto, provoca que las ciudades sean más cálidas con relación al campo. El calor se incrementa con la combustión y la calefacción en las casas y edificios, también los vehículos y fábricas desprenden calor con lo que se contribuye a aumentar los valores térmicos. El elevado número de personas reunidas en ciertas áreas acumulan también calor, pues el cuerpo de cada individuo está generando constantemente energía.

Bornstein (1983) señala; la arquitectura urbana y la explotación de la tierra, ha ocasionado problemáticas en las ciudades, es decir los edificios rascacielos, destinados a albergar enormes cantidades de personas, así como los negocios, se han transformado en obstáculos para las corrientes de aire, fenómeno que ha sido demostrado en zonas urbanas. En algunas ciudades se han construido edificios altos, en sitios próximos a la urbe, que impiden el paso de un viento agradable durante las horas más calurosas del día, aumentando así la falta de confort fisiológico de los habitantes en la zona interior.

A la connotación de Bornstein, hay que agregar que dentro de las ciudades existen ciertos espacios en los que se eleva más la temperatura con respecto a las áreas adyacentes, que esas diferencias se les llaman: "Islas de calor". Las islas térmicas inducen a un fenómeno convectivo que impulso el aire hacia arriba, después, éste se esparce hacia las



partes laterales y cuando se enfría tiende a bajar, formando una especie de domo. Este dinamismo altera el patrón local de los vientos.

Landsberg (1970) en su estudio cita, que la humedad relativa en la ciudad disminuye en un 20% en relación con las zonas rurales. Este fenómeno obedece a que el cemento y el asfalto obstruyen la libre transpiración de los suelos y, por tanto, existe poco intercambio de humedad entre el suelo y la atmósfera; ocasionando con ello deficiencia en la humedad relativa.

Por otra parte la industria en las ciudades juega un papel determinante en la vida actual y futura del mundo, es producto de la cultura contemporánea, de la ciencia y la tecnología; y las metas por alcanzar, son elaborar productos más útiles, mejor acabados o más económicos para los consumidores. La ubicación de industrias, sus desechos y las máquinas asociados a grandes concentraciones urbanas generan contaminación en el aire.

Cervantes, (1980) argumenta, que lo que va de este siglo se ha desarrollado una migración mundial del campo a la ciudad, fenómeno que ha sido muy significativo. Este fenómeno migratorio ha provocado el crecimiento urbano que se ha dado dentro y alrededor de las ciudades, originando el recalentamiento paulatino del aire, sobre todo a partir de la década de los setenta. Esta urbanización se manifiesta a través de tres fenómenos: primero, la explosión demográfica; segundo, el movimiento de concentración de población en las ciudades que, con sus múltiples atractivos y posibilidades atraen al habitante rural y finalmente la evolución de la forma de vida de la ciudad.

No es novedad la existencia de ciudades y es en general en las grandes ciudades donde se concentra la actividad industrial. Es curioso el hecho de que buen número de las mayores ciudades del mundo se sitúen junto a la isoterma anual de 10° en el hemisferio norte. También es de notar que casi todas se encuentran a menos de 500 metros sobre el nivel del mar. Las mayores agrupaciones urbanas son más bien constelaciones de ciudades, formadas por la absorción de poblaciones satélites de un núcleo principal. La evolución de las aglomeraciones urbanas hasta



Figura 1. Expansión e industrialización de las ciudades

alcanzar el aspecto que ofrecen en nuestros días, no se ha realizado en todas partes con igual acierto. Más frecuente ha sido el crecimiento de las grandes ciudades como al azar,

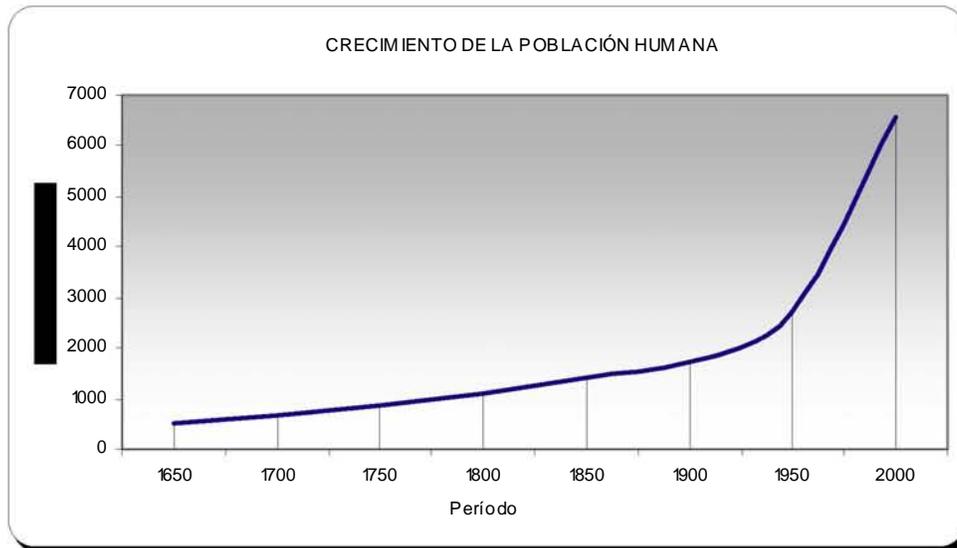


sin previsión alguna. El altísimo precio de los solares en los barrios céntricos ha impulsado a construir altos edificios de hierro y cemento al lado de monumentos históricos. En nuestro país, por ejemplo, se ven en una misma calle edificios coloniales y rascacielos (figura 1).

Los fenómenos anteriores provocan la ampliación urbana y esto necesariamente la sustitución del suelo natural por material de alta capacidad térmica, como lo es la piedra, concreto, pavimento y otros. Actualmente las ciudades cuentan con su corredor industrial y aportan grandes cantidades de productos químicos, alimenticios, metálicos entre otros.

Sin el incremento de la industria no hubiera sido posible que en menos de medio siglo, se triplicara la cantidad de habitantes que hoy en día existen en las urbes, provocando también el fenómeno de la conurbación. Esto quiere decir que los pueblos cercanos se han unido a las ciudades, generando grandes hormigones.

GRAFICA 1. CRECIMIENTO DE LA POBLACIÓN HUMANA



Fuente: Consejo Nacional de Población 2002 (CONAPO)

Así también al aumentar las actividades industriales y la población en las ciudades, han provocado un gran aumento en el número de automóviles. La mayor parte del combustible lo utilizan los automóviles y es frecuente que las sustancias del escape experimenten reacciones fotoquímicas. Estas producen la espesa niebla llamada “smog”, que disminuye la visibilidad y se compone de sustancias irritantes formadas por reacción de los óxidos de nitrógeno y ozono.

Tuntawirdon et al (1984) comenta al respecto que el tráfico de automóviles, en muchas de las más importantes ciudades tropicales y templadas, se ha vuelto incontrolable debido a las condiciones de hacinamiento y pobreza.



En resumen se puede decir diciendo que los tipos de materiales con que están construidas las ciudades y la industrialización, provocan la alteración de los fenómenos atmosféricos. El grado de variación climática dependerá del trazo y de la magnitud de cada ciudad.

4.1.8. Vegetación

La evaluación de las condiciones naturales de vegetación constituye una tarea indispensable para la optimización de un área o territorio dado, contribuyendo a propiciar un uso más racional del mismo y una mayor calidad del medio ambiente.

Las combinaciones espaciales de los componentes naturales en las condiciones geográficas de un lugar, han favorecido el desarrollo de un mosaico ecológico donde la cobertura vegetal presenta una alta productividad biológica, así como considerable riqueza y diversidad de formaciones vegetales en las cuales la mayoría de las especies poseen importancia económica. En consecuencia, el régimen tradicional de explotación a que este componente ha sido sometido en diferentes etapas socioeconómicas y el limitado conocimiento de su utilización práctico, ha provocado su deterioro. Al respecto, se han dirigido los esfuerzos a desarrollar una política tendiente a la recuperación inducida o natural de los recursos bióticos, lo que contribuye a la protección del medio ambiente.

En este apartado no se tratará la evolución de las plantas ni los diferentes factores que participan en la formación de un complejo o comunidad específica de las mismas. Sin embargo, es necesario señalar la importancia del clima en la determinación del tipo de vegetación que se desarrolla en un lugar. Así mismo la influencia del cambio de vegetación en el clima.

Miller (1975) establece que el clima es el principal determinante del tipo de vegetación, y la presencia de bosques o de prados, por ejemplo, su abundancia depende mucho de la cantidad de lluvia, pero a su vez la vegetación obra poderosamente sobre el clima. Se nota que la densa vegetación de las selvas tropicales, con su enorme transpiración, aumenta la humedad del aire y facilita la lluvia. Este fenómeno ha sido aprovechado para el drenaje de los terrenos pantanosos y hay muchas regiones que han podido ser reforestadas con este sistema. La hierba y otras plantas que había antes en aquellos terrenos tenía una transpiración insuficiente.

De esta manera es de comprenderse que la vegetación puede clasificarse en función a las características climáticas. Griffiths (1985) establece cinco grupos: las hidrófitas, plantas que crecen en el agua o en climas muy húmedos; xerófitas, plantas adaptadas para resistir prolongados períodos de sequía; tropófitas, plantas que pueden adaptarse a otras condiciones; mesófitas, plantas con necesidades medias de agua; y finalmente las epifitas, plantas que absorben humedad de la atmósfera y consecuentemente requieren de un alto nivel de humedad relativa.



Las plantas xerófitas sobreviven a los períodos prolongados de sequías debido entre otras cosas a que son plantas que están provistas de una corteza gruesa con hojas que impiden pérdidas de humedad por transpiración; almacenan agua en su interior y sus raíces penetran profundamente con una amplia extensión que facilita la localización de humedad subterránea.

Por lo anterior las plantas constituyen un factor de gran trascendencia en las características atmosféricas en diversas regiones del planeta. Los bosques influyen en la temperatura especialmente en las máximas, a las que moderan, mediante la sombra que proporcionan. También absorben calor en la evaporación del agua que transpira por las hojas y colaboran en la formación de nieblas o nubes, las que protegen al suelo contra los rayos solares. Por otra parte, interrumpen los vientos protegiendo a sembrados y poblados; al disminuir la velocidad del viento, disminuye la evaporación del terreno. En general el estrato arbóreo es un factor moderador de la temperatura, la humedad y el viento, pues la presencia de estos elementos, reducen la variación atmosférica haciendo de esta manera menos extremos sus valores.

Morales, (2001), establece que donde existen suficientes bosques la temperatura tiende a ser más baja, pero se mantiene más constante debido a que el vapor de agua crea un efecto termorregulador que evita las variaciones extremas. Los lugares con mayor cantidad de bosques, con sus estratos: herbáceo, arbustivo y arbóreo, por medio de la evapotranspiración mantienen el ambiente más húmedo, lo que en cierta medida, eleva las precipitaciones, también los bosques representan un refugio térmico para otros seres vivos, como los animales y el mismo ser humano. De igual manera moderan la velocidad de los vientos y las lluvias torrenciales, de esta manera amortiguan o evitan parte de la erosión eólica e hídrica.

El mismo autor cita que también los pastos contribuyen a detener la humedad y la energía calorífica, dificultan las fuertes o rápidas irradiaciones nocturnas. Se ha demostrado que la temperatura que se encuentra entre el pasto y por debajo del mismo es más elevada que la que se mide en la capa adyacente del aire.

Finalmente, en muchas de las ciudades el factor de la mancha urbana, está estrechamente ligada a la vegetación en zonas urbanas, pues se caracterizan por la ausencia casi total de vegetación, también en muchos casos y debido al acelerado crecimiento poblacional que se ha presentado en las últimas décadas, indica que no hay un gran número de áreas verdes.

4.1.9. Cuerpos de agua

Se define así, aquellos cuerpos de agua que se encuentran en la superficie terrestre como; ríos, lagunas, presas y todo tipo de embalses. Las aguas superficiales, están íntimamente ligadas a la precipitación.



El agua como elemento esencial para la vida en nuestro planeta, ha desempeñado un papel fundamental en la subsistencia de los organismos vivos, tanto vegetales como animales incluyendo, en estos últimos, al hombre mismo. Donde quiera que este líquido se encuentre presente se podrán observar, en mayor o menor grado, todas las manifestaciones posibles de vida según las condiciones físicas, geográficas y/o climáticas de cada lugar.

De su distribución en los ríos, lagos, montañas nevadas, mantos acuíferos y/o corrientes subterráneas depende, en gran medida, la distribución de los seres vivos en el planeta según sus características y su capacidad de adaptación al medio. En suma, es tan importante el agua en las funciones de los organismos vivos que, en una elevada proporción (80%), forma parte de su masa corporal. Por lo tanto, constituye uno de los elementos más importantes de la naturaleza en los diversos mecanismos que, para lograr su adaptación al medio, han desarrollado los seres vivos.

Los cuerpos de agua poseen una gran importancia para el sostenimiento de la vida sobre la tierra. Hasta donde se sabe, la tierra es el único planeta que posee cuerpos de agua. El mar es el depósito final de todas las aguas y el agua es tan importante para la vida, que cerca del 70% del organismo humano está constituido por agua. Cada día se evapora



Figura 2. Importancia de los cuerpos de agua en el desarrollo de la sociedad

gran cantidad de agua de los océanos, que luego caen en forma de lluvia o nieve, completando el ciclo del agua en la atmósfera; casi una tercera parte de esa agua se precipita sobre las tierras. Los cuerpos de agua constituyen un sustento imprescindible para el hombre al ejercer una función de sostenedor de la vida, además de inducir directamente en las variables que se desarrollan en la superficie del planeta (fig. 2).

Si bien, con el avance de la ciencia y la tecnología, han logrado modificar al medio, transformando a la naturaleza o a los objetos de ésta para adecuarlos a sus necesidades, aún no ha podido modificar su capacidad fisiológica para sobrevivir sin este líquido.

En consecuencia, la relación del hombre con el agua adquiere una importancia fundamental, no solo como medio necesario para su subsistencia sino además, como un componente básico del medio que permite las condiciones climáticas adecuadas para su desarrollo social y cultural. Prueba de ello se tiene en todas aquellas culturas que, en diferentes épocas, han surgido y se han desarrollado donde las condiciones o características físicas del medio, determinadas por la presencia de este líquido así lo permitieron.



Como ejemplos más representativos de lo anterior en la historia de la humanidad, se encuentran algunas de las culturas antiguas del viejo mundo, como aquellas que florecieron en la Mesopotamia, Egipto y la India. Zonas favorecidas por la presencia de ríos como el Tigris, Eufrates, Nilo, Ganges e Indo respectivamente.

En el Nuevo Mundo, también se pueden mencionar algunos ejemplos al respecto. En nuestro país, se cita el caso de aquellas culturas que se desarrollaron en los Valles de México y Toluca. Regiones originalmente lacustres que, por la abundancia de agua con su respectiva variedad de recursos naturales permitieron, el asentamiento de grupos humanos desde épocas muy antiguas y además, el ulterior desarrollo y florecimiento de aquellas culturas que en la actualidad, forman parte de nuestro pasado histórico.

Viers, (1981) menciona, el agua no solamente ha sido un factor fundamental en la distribución de la población. El agua desempeña un gran papel en los intercambios térmicos entre el suelo y la atmósfera. El agua en estado de vapor ejerce un efecto moderado al atenuar la radiación oscura de la tierra durante la noche, pero, en su forma líquida y en suspensión en las nubes, reduce el recalentamiento del suelo por la insolación, ya que el agua es de suma importancia en muchos aspectos, puesto que como principal solvente universal, disuelve la mayor parte de materiales contenidos en el suelo.

Con las actividades humanas, estos cuerpos están sufriendo desequilibrios hidrológicos y ecológicos con el irracional uso del agua, se ha afectado la infiltración, el escurrimiento y la evaporación del agua de las lluvias. De igual manera con la expansión de las ciudades, el aumento de las superficies agrícolas y ganaderas, la deforestación entre otros; la infiltración, el escurrimiento modifican sus procesos naturales y esta situación da como consecuencia variaciones en los elementos del clima.

La evaporación del agua desde la superficie de los ríos, arroyos, lagos, presas, lagunas, entre otros; aún cuando no sean de dimensiones muy grandes, propician microclimas más frescos que los existentes en lugares desprovistos de éstos.

Morales, (2001) argumenta, cuando los cuerpos de agua empiezan a secarse, es obvio que la humedad atmosférica tiende a decrecer provocando que en ese espacio se tenga la sensación de frío por la noche y elevado calor en el día. Los extremos térmicos también repercuten en el desarrollo de las fases y etapas de las plantas, pues con una variación atmosférica se puede presentar un atraso o adelanto en sus funciones vitales. El mismo autor cita, los lugares cercanos a las masa de agua mantienen más o menos estable la temperatura a lo largo del año, la humedad elevada en el aire conduce al mecanismo del efecto invernadero, también la nubosidad y las lluvias se incrementan en esos lugares de mayor cantidad de vapor de agua.

En las ciudades no hay cuerpos de agua de grandes dimensiones, sin embargo la contaminación que generan las urbes, a los ríos y lagos oscurece sus capas y eso impide de manera parcial la infiltración de los rayos solares. La reflexión es menor por la coloración



del agua, lo que eleva los niveles de calor, provocando mayor evaporación y la consecuente disminución acuosa.

Finalmente la presencia de cuerpos de agua, han contribuido a tener ambientes más frescos y climas más estables; sin embargo su deterioro ha modificado la distribución de la humedad en la atmósfera y, por tanto, los elementos atmosféricos,

4.1.10. Deforestación

El hombre, al igual que todos los seres vivos, toma la energía necesaria para la realización de sus funciones, del medio que lo rodea. A medida que el ser humano ha desarrollado su tecnología, ha propiciado la aparición de diferentes fenómenos, como la concentración de grandes poblaciones en determinados lugares y la transformación, cada vez más determinante, del ambiente, a fin de satisfacer sus necesidades. En general, el hombre ha sido hasta ahora incapaz de obtener energía de los ecosistemas sin destruir su organización o modificar su equilibrio, salvo encontradas excepciones. Actualmente, se han tomado los recursos del medio en forma desordenada y sin prever las consecuencias que esto acarrea, ya que no se ha llevado al cabo los estudios científicos necesarios para obtener racionalmente energía de los ecosistemas. Por lo que estos últimos se explotan de manera irracional, provocando el agotamiento total e irreversible de los recursos. Entre los problemas más sobresalientes que afectan a los recursos forestales están: deforestación, desperdicio de materia prima, sobreexplotación y quema de bosques.

Los bosques tienen importantes funciones ecológicas reguladoras, representan hábitats para millones de especies, protegen los suelos de la erosión y contribuyen a moderar el clima y las inundaciones, además de proveer una oferta ecológica de madera, leña y alimentos. Muchas de las tierras deforestadas pierden su capacidad productiva por año.

Según Amescua, (1995), citado por Morales, (1993) en América Latina y el Caribe, las tasas de deforestación, son del orden del 0.54% anual, el 1.6% para Centro América, el 0.4% para el Caribe, estas tasas se dividen entre bosques densos y abiertos en cada subregión mencionada. La agricultura migratoria es responsable del 35% de la deforestación en América Latina. Aún pequeñas superficies de conversión a tierras agrícolas en bosques, generalmente tienen impactos severos e inmediatos en niveles altos de erosión, inundaciones y pérdida de nutrientes.

La tala indiscriminada de árboles y el sobre pastoreo, ha dejado los suelos prácticamente desnudos, esto ha ocasionado los siguientes problemas:

- En épocas de lluvias los cauces conducen una gran cantidad de sólidos, producto de la erosión de los suelos, lo cual ocasiona el adelgazamiento y degradación de los suelos.
- Al no existir bosques se ha roto un eslabón en el ciclo hidrológico provocando cambios al ambiente y el clima.
- La deforestación conduce al aumento del dióxido de carbono en la atmósfera, pues al menguar la vegetación, ésta ya no consume dicho gas para llevar al cabo la



fotosíntesis. Además el gas carbónico se incrementa con los incendios, lo que representa un contaminante natural que se agrega a la atmósfera.

Erickson (1991) menciona que los bosques tropicales, en particular los de la cuenca Amazónica de América del sur, se están destruyendo a una velocidad de unos 60 000 kilómetros cuadrados por año. Cuando llegan las lluvias, el suelo desnudo es arrastrado por las avenidas respectivas, quedando la mayor parte del sustrato rocoso al descubierto. Los bosques están repartidos por todo el mundo actuando como reguladores del clima. La desertificación que conlleva a la pérdida de los bosques aumenta el albedo de la superficie, que refleja la luz del sol hacia el espacio. Esta pérdida de energía altera el sistema global de precipitaciones causando un descenso en la cantidad de lluvia caída.

El estudio sobre la deforestación en los países tropicales, realizados por la FAO, y el programa de Naciones Unidas para el medio ambiente (PNUMA), sitúa a México en el tercer sitio de Latinoamérica con una tasa de 500 000 hectareas de deforestación anual. En tanto González Pacheco (1981) la estimo en 4000 ha por año, tales cifras contrastan con las que arroja la expansión agrícola y, sobre todo, pecuaria. La paulatina ampliación de la superficie ganadera inferida de los censos nacionales y de los inventarios que realizan anualmente diversos organismos oficiales o del número de cabezas de ganado bovino, son suficientes para poner en evidencia los ritmos de deforestación que sufre el país, y que sin duda alguna han modificado las condiciones medio ambientales, en especial a los elementos climáticos.

Cuadro 3. Países que tienen mayor deforestación

PAIS	MILES/Km ² /AÑO
Brasil	50,000
Indonesia	12,000
Birmania	8,000
México	7,000
Colombia	6,500
Tailandia	6,000
Malasia	4,800
Nigeria	4,000
Zaire	4,000
Perú	3,500
Costa de Marfil	2,500

Fuente: Instituto Nacional de Ecología, 1998.

Otro problema de la deforestación lo constituye sin duda alguna los incendios forestales, pues estos son tal vez la manifestación económica más evidente del clima y las condiciones del tiempo. El tiempo es un factor de suma importancia, ya que determina el crecimiento de la vegetación en un estado seco, sin embargo también son factores fundamentales: la humedad relativa, la temperatura, la velocidad y dirección del viento, la precipitación, la condición de la vegetación y la capa orgánica superficial.

Muchas organizaciones que se dedican a la investigación forestal utilizan un simple medidor de combustible para registrar la humedad, el cual está constituido por estacas de



madera montadas en un campo abierto y libremente expuestas al tiempo, con la finalidad de medir el peligro relativo de los incendios. Cuando las estacas pierden la humedad en las condiciones de sequía (en la que ocurren comúnmente los incendios), se pasa y se mide el contenido de humedad, determinando a su vez el grado de riesgo del incendio.

Los servicios meteorológicos suelen hacer pronósticos especiales para áreas susceptibles de incendios forestales, dando énfasis a los elementos más importantes relacionados con este problema. En los países del primer mundo, se utiliza el “medidor de peligro de incendios forestales”, siendo este un indicador que evalúa el valor integrado de factores tales como: los días transcurridos desde que ocurrió la última lluvia, el volumen de la última precipitación, la velocidad del viento, el contenido de humedad del material y combustible. Posiblemente la siembra de nubes, ayuda en el control de los incendios de algunas áreas.

Finalmente Morales, (2001) cita, “la tala inmoderada, el deshierbe, los incendios y las plagas son las principales acciones que provocan la disminución de la cubierta vegetal en diversas áreas de la superficie terrestre. Situaciones que pueden alterar drásticamente la circulación atmosférica de varias regiones del planeta. En la actualidad en varios países del mundo se habla del cambio climático, situación que preocupa a mucha gente; empero las prácticas depredatorias siguen su curso a cada momento”.

4.1.11. Relieve

El relieve constituye una de las partes integrantes del sistema del medio ambiente y se analiza como la condición natural que tiene la interacción más compleja con los restantes componentes del medio natural.

Frecuentemente se consideraba en la literatura de un modo estrecho la influencia del hombre sobre el relieve y los cambios que la actividad antrópica podía causar sobre él, se limitaba prácticamente a la aparición y desarrollo de formas de erosión tales como surcos, cárcavas, barrancos y gravitacionales por ejemplo deslizamientos y derrumbes, sin embargo, hoy se reconoce un espectro más amplio de influencia que puede conducir a la modificación total del micro y mesorelieve en amplios territorios, e inducir transformaciones de gran magnitud y alta velocidad, casi siempre irreversible, que en ocasiones sobrepasan el marco del modelamiento exógeno y repercuten, en las condiciones medioambientales de su espacio (Arcia, 1994).

De ahí que una investigación geográfica-ambiental considera como imprescindible el estudio de las características morfológicas del relieve, tales elementos permiten conocer el condicionamiento climático, así como sus características más significativas de cambio en el territorio a estudiar.

De esta manera los accidentes del relieve desempeñan un papel importante en la distribución de los climas. La orientación de las líneas del relieve contribuye eficazmente a determinar el curso de los vientos, que tienden a lo largo de dichas líneas sin atravesarlas.



Mientras tanto los valles profundos y las tierras bajas presentan frecuentemente inversiones de temperatura que pueden originar fuertes heladas de las que se encuentran exentas las laderas, mejor drenadas del aire frío.

Griffiths (1985) menciona, que la topografía en forma de cordilleras, ejerce ciertos efectos en el clima, según su orientación. Si las montañas presentan una orientación Norte-sur, el aire del verano puede entrar directamente al interior del continente, mientras que, durante el invierno, el aire polar también puede desplazarse hacia el ecuador; esto ocurre en el continente Americano. Si las cadenas montañosas presentan una orientación Este-oeste, impiden los principales movimientos latitudinales de las masas de aire tropical y polar. Consecuentemente, el interior del continente puede llegar a enfriarse mucho durante el invierno, ya que las masas de aire frío se quedan estancadas; en cambio la región tropical experimenta una estación muy caliente, debido a la movilidad del aire.

Esta configuración del relieve representa un factor muy relevante en la formación de los climas. La orientación orográfica permite diversas incidencias de los elementos climáticos. Pues éstos afectan a esos espacios con diferente magnitud, frecuencia e intensidad, dependiendo del flanco por el que irrumpen.

Para México, las montañas que presentan sus costados hacia el norte, generalmente tiene climas más fríos que los que tienen sus pendientes hacia el sur. Ello se debe a que en las áreas del norte incide menos insolación a lo largo del año y además por que las masas de aire frío y los vientos de elevadas latitudes tocan primero esos costados.

Por otra parte, el viento frío de las montañas al descender por las mismas laderas hacia las depresiones, origina mayor enfriamiento en las zonas en las que se va acomodando.

Morales, (2001) argumenta que las vertientes de las montañas que se disponen hacia la dirección de los vientos crean con frecuencia zonas de barlovento, lo que favorece el contacto con vientos húmedos, y ello conduce a la formación de mayor cantidad de precipitaciones en esos costados, también esta cualidad crea ambientes relativamente diferentes en oposición a las zonas de sotavento.

Los costados que se encuentran hacia sotavento son por naturaleza menos húmedos, motivo por el que albergan componentes bióticos y abióticos con peculiaridades áridas o semiáridas. En el mismo lado de sotavento si las pendientes son muy altas y abruptas, se puede presentar el efecto fohen, es decir, el calentamiento adiabático del aire que descende de la montaña al irse comprimiendo paulatinamente en los estratos más bajos de la atmósfera. Mención especial merece la actividad antrópica sobre el relieve; pues a medida que se desarrollan las ciudades, las características topográficas locales pueden mejorar o empeorar la calidad del medio ambiente, lo que debe tenerse en cuenta al estudiar el emplazamiento inicial de la zona urbana.

En todos los casos, los rasgos topográficos influirán de una manera dominante en el mesoclima y tendrán un efecto muy pronunciado en la ventilación, ya que crean una



circulación secundaria. Las viviendas ubicadas en las laderas de un valle son bochornosas en las noches de verano, mientras que en el fondo del valle estará afectado por una masa de aire estático, con una alta acumulación de contaminantes atmosféricos.

Mohoney (1975) en su estudio sobre las características que presentan las diferentes áreas topográficas, destaca lo siguiente: en regiones elevadas existe un aumento de la velocidad del viento; en valles profundos, es común la concentración excesiva de contaminantes y la formación de algunos vientos; en regiones onduladas, se da el aumento de la turbulencia de los vientos, menor concentración de contaminantes, pero acumulación de contaminantes en las zonas bajas durante los períodos de calma y durante la noche.

La topografía influye también en el calentamiento del aire que está en contacto con las superficies de la tierra, este es más efectivo y de mayor duración cuando la irradiación se desprende de una zona que sea perpendicular a los rayos solares que cuando parte de las laderas de una montaña.

Así, la distribución del relieve interviene de manera determinante en las manifestaciones ambientales, para favorecer o impedir algunas situaciones relacionadas con los elementos climáticos.



CAPITULO 5

RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CAMBIOS DEL PAISAJE Y SU IMPACTO EN EL CLIMA EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO LERMA.

Los climas varían y cambian en el transcurso del tiempo, obedeciendo a diversos fenómenos, tanto terrestres como cósmicos, que se presentan en un espacio, ya que en este se producen los efectos directos de la dinámica atmosférica, y es en la biosfera donde se desarrollan las actividades del ser humano, por tanto ese espacio territorial y aéreo es el más importante desde el punto de vista climático.

También hay que resaltar que las condiciones climáticas afectan a toda la superficie terrestre, pueden existir o no, montañas, ríos, lagos, vegetación, ciudades etc., pero las condiciones climáticas están allí siempre presentes. Asimismo, los climas están en contacto con los fenómenos naturales y sociales. Así, las diversas actividades humanas están directa o indirectamente vinculadas con los sistemas climáticos.

Los elementos bióticos y abióticos como vegetación natural, animales, asentamientos humanos, suelos, hidrografía, etc., han tenido a lo largo del tiempo, estrecha relación con los acontecimientos climáticos. Muchos de esos organismos y fenómenos se han creado, se han distribuido por la superficie terrestre, han evolucionado, algunos se han extinguido, otros se han adaptado a nuevos ambientes, pero siempre lo han hecho con la participación de diversos elementos climáticos que han acaecido en la tierra.

Así las variaciones y los cambios climáticos han acontecido en la Tierra por manifestaciones naturales, y son eventos tan antiguos como el planeta, no obstante, después de la revolución industrial han cobrado auge como consecuencia de las prácticas irreflexivas que ha provocado el ser humano en el medio ambiente.

A medida que la población humana se ha incrementado, sus necesidades también han crecido, por lo que se han alterado o transformado algunos elementos como la vegetación natural, hidrología, las zonas pecuarias, la agricultura, la mancha urbana, la calidad del aire, etc., y por tanto las condiciones climáticas. Estos elementos naturales al ser modificados, por las actividades antrópicas han sido los principales responsables de las variaciones climáticas en la Cuenca Alta del Río Lerma provocando fenómenos tales como: efecto invernadero, inversión térmica, isla de calor entre otras.

Por lo anterior y considerando que el área de estudio (Cuenca Alta del Río Lerma), tiene una latitud de 19° debería considerársele como un clima tropical lluvioso, sin embargo por la altitud a la que se encuentra 2600 msnm en promedio pertenece al grupo de los templados lluviosos, que evidencia un cambio substancial respecto a zonas geográficas de igual latitud para a nivel del mar. La configuración del relieve también desempeña un papel importante en las condiciones climáticas, su orientación define eficazmente la



dirección del viento y de esta manera la distribución de las precipitaciones. De tal forma que entre las estructuras volcánicas y las tierras bajas hay variaciones en la cantidad de lluvia y el grado de temperatura como a continuación se describe.

5.1.1. Temperatura y Precipitación media anual (1951–1960)

La temperatura se considera como la manifestación más importante de la energía solar, cuyas cifras registradas en Climatología se llevan a cabo a la sombra, es decir, la temperatura del aire se mide con las debidas precauciones para excluir la influencia directa de los rayos solares. Así de esta manera en el presente estudio se utilizaron estaciones que por su antigüedad y jerarquía nos arrojaron los datos estadísticos que en forma posterior fueron utilizados para realizar los mapas y gráficas.

Las variaciones climáticas ocurren a lo largo de lustros, décadas y cientos de años. Es sabido que casi nunca el clima repite las mismas características en el transcurso del tiempo, pero acontecen eventos muy semejantes a los que ya se habían presentado en determinado lugar.

Para la Cuenca alta del Río Lerma, se considera a las variaciones climáticas como aquellas oscilaciones que presenta el clima con relación a sus valores medios, es decir, se trata básicamente de tiempos atmosféricos recurrentes.

Durante la década de 1951-1960 se observa una oscilación térmica anual que va de los 4° a 16°C. El valor más bajo se localiza en la parte sureste del área de estudio que corresponde a la parte más alta del volcán Xinantecatl como se puede apreciar en el mapa No 7; este comportamiento tal vez tenga su explicación en la altitud que presenta el nevado de Toluca, pues este es un factor determinante en las condiciones térmicas de cualquier zona, pues como es sabido la altura juega un papel determinante en el decremento de la temperatura toda vez que ésta varía proporcionalmente inversa a la altitud.

Por otro lado en la parte noreste del mapa, se puede apreciar que la temperatura alcanza los 16°C y dicha isoterma atraviesa los municipios de Xonacatlan, Lerma y Oztolotepec.

En cambio para las estribaciones de la Sierra de las Cruces la temperatura es de 12°C y conforme se va ascendiendo decrece hasta alcanzar los 7° C. En lo que corresponde a la parte central de la cuenca, las isotermas fluctúan entre los 11 y 13 °C; este aumento térmico obedece a que ésta es la parte más baja del área de estudio (mapa 7)

Teniendo en cuenta que la precipitación está estrechamente relacionada con la altitud y la orografía, el comportamiento de ésta en la Cuenca alta del Río Lerma, obedece a las condiciones geográficas antes descritas, razón por la cual en la Cuenca la agricultura de temporal es una de las actividades humanas más importantes.



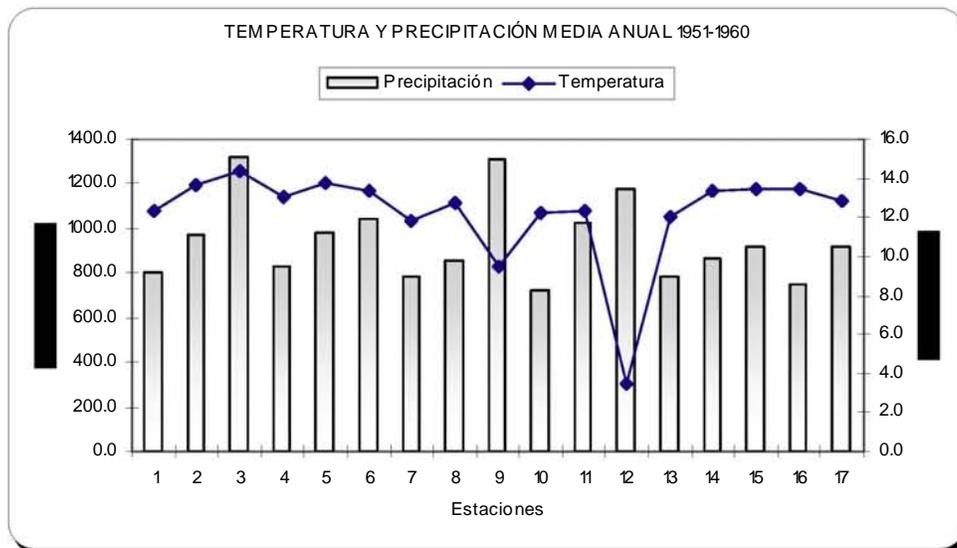
En el mapa 8 se puede apreciar que las isoyetas del periodo (1951-1960) van de los 700 mm en la parte más seca que corresponde al municipio de Calimaya, a los 1100 mm que corresponde a la parte sureste lugar donde se localiza Ocuilan de Arteaga.

Para la parte suroeste, por donde se localiza el Nevado de Toluca la precipitación muestra un comportamiento que apenas alcanza los 1100 mm por otro lado hacia la parte más baja de la cuenca, y siguiendo la configuración de la cuota 2600 se observa una precipitación de los 800 mm anuales.

El comportamiento pluviométrico que se ha descrito con anterioridad tal vez tenga su explicación a que las elevaciones de la cuenca juegan un papel muy importante en los procesos de condensación del vapor de agua y la precipitación resultante; otro factor importante que puede explicar el comportamiento de la lluvia de esta zona es la continentalidad pues mientras del lado sur de la cuenca la humedad proviene del Océano Pacífico, y en consecuencia los vientos se elevan hasta llegar a la cima del volcán y descargan su humedad, confirmando con esto que la altitud está estrechamente relacionada con las precipitaciones, mostrando un comportamiento proporcional.

En la Cuenca alta del Río Lerma se concentra una parte importante de la población y por consiguiente una gran cantidad de actividades económicas, relevantes para el estado y para el país; muy probablemente están influenciadas por las condiciones termopluviométricas de la zona pues como se sabe para esta zona la temporada de lluvias se presenta de mayo a octubre y es influenciada por algunos fenómenos meteorológicos tales como: monzones, tormentas tropicales, huracanes mismos que afectan a gran parte del país y que en ocasiones derivan en graves consecuencias debido a su intensidad y duración.

GRAFICA 8. TERMOPLUVIOMETRICA MEDIA ANUAL 1951 - 1960



Fuente: Datos Meteorológicos de temperatura y precipitación de SRH, Observatorio Meteorológico de la UAEM, y CFE
Elaboro: Velázquez González Jaime



En la gráfica numero 8, se aprecia que las estaciones con los datos más sobresalientes son la Marquesa y Joquicingo que cuentan con una precipitación sobre los 1200 mm y que a diferencia de las demás estaciones son los datos más altos. El resto de las demás estaciones se muestran uniforme sus valores de precipitación para esta década fluctúan entre los 600 y los 1000 mm de precipitación media anual. La estación Tenango del Valle es la única que a diferencia de las demás, presenta uno de los valores más bajos registrados en la década pues apenas rebasa los 600 mm durante la década.

Por otra parte la temperatura para esta misma década y como se aprecia en la gráfica 8 registra valores que van de los 3 a los 15° C; los valores térmicos más bajos los registro la estación el Nevado de Toluca con una temperatura que esta por debajo de los 4° C; en contra parte la estación Joquicingo casi alcanzo los 15°C, el resto de las estaciones muestra valores que fluctúan entre los 10 y los 13° C.

5.1.2. Temperatura y Precipitación media anual (1961–1970)

En el mapa numero 9 de temperatura media anual del periodo 1961 – 1970 señala que la oscilación anual de las temperaturas varían entre los 5 y 14° C, las temperaturas más bajas se localizan en la parte del Nevado de Toluca con un valor de 5° C, registrando un incremento de 1° C con respecto a la década anterior; para el extremo noreste de la Cuenca alta del Río Lerma se presenta una temperatura de 7° C en la parte más alta de la Sierra misma que comienza ha aumentar hacia la parte baja del área de estudio hasta alcanzar los 13° C en Villa Cuahutemoc y la parte baja de Lerma; estas condiciones térmicas son muy similares a las que se presentaron a la década anterior para esta zona.

Para la parte de la Sierra de las Cruces en el municipio de Ocoyoacac, se presenta una isoterma con un valor de 12° C registrándose una diferencia térmica de 1° C con respecto al mapa de la década 1951-1960. A partir de esta isoterma la temperatura comienza a decrecer hacía el municipio de Capulhuac hasta alcanzar un valor de 10° C, en cambio las isotermas con valores de 11 a 14° C, se encuentran en la porción central del Valle de la Cuenca.

En el mapa numero 10 se puede observar que la variación de la precipitación denota un aumento con respecto a la década precedente, ya que las isoyetas presentan valores de, 600, 700 y 1200 mm en las partes altas y montañosas de la cuenca; en la porción suroeste las precipitaciones van de los 700 en las estribaciones del Nevado a 1200 mm en las partes más altas del mismo, observándose un incremento de 100 mm en comparación con el periodo anterior. En la parte sureste se registran valores en las isoyetas de 900 a 1100 mm lo cual muestra un decremento de 100 mm, ya que en la década anterior se presento un valor de 1100 mm para la misma zona. Para la porción que corresponde a la Sierra de las Cruces se advierte una estabilidad importante arrojando valores que van desde 1000 a 1100 mm de precipitación en esta década.

En la parte norte en comparación con la fase previa se dio un aumento de 300 mm, observando valores que van desde los 900 a los 1000 mm de precipitación media anual. En



la zona centro es homogéneo el nivel de precipitación con respecto a la década anterior. Para la zona sur se manifiesta un incremento de 100 mm ya que las isoyetas muestran valores de 900 a 1000 mm.

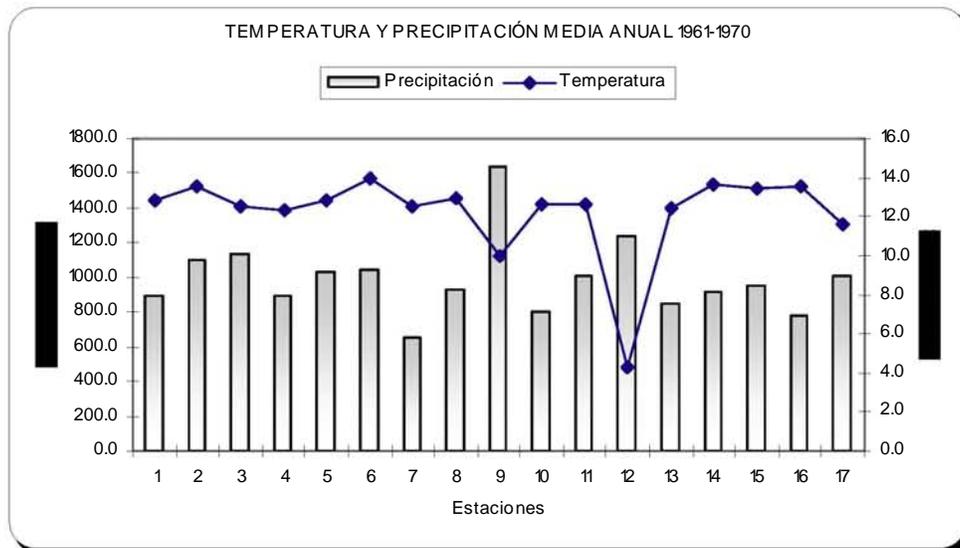
Se advierte que para las partes más altas existe un aumento de precipitación en un lapso de 10 años y por el contrario para las partes más bajas ocurre un descenso de un 10% respecto a los valores anteriores, lo que indica una variación en este fenómeno atmosférico ligado probablemente a que en el centro de la Cuenca sé de una disminución ocasionada por la mancha urbana y el proceso de industrialización que permite que el proceso de evaporación no se desarrolle de manera natural, sumando a esto la altitud de la zona da pauta a un excelente desarrollo de lluvias, en la zona montañosa.

Así la precipitación en comparación con la década anterior manifiesta un aumento importante en la mayoría de las estaciones como se aprecia en la gráfica numero 9 del periodo 1961–1970. Sin embargo casos como la estación Joquicingo que en la década anterior obtuvo uno de los valores más altos con una precipitación mayor a los 1200 mm, para este periodo registro 100 mm menos que en la década precedente; caso similar muestra la estación Toluca.

En las estaciones restantes la mayoría presenta un aumento en comparación con la década pasada, salvo el caso en la estación La Marquesa que su incremento fue un tanto considerable pues esta paso de 1300 a 1650 mm en un periodo de diez años.

En términos generales para todas las estaciones situadas en la parte alta de la sierra, la precipitación en este periodo (1961-1970) aumentó de manera importante con respecto a la década anterior.

GRAFICA 9. TERMOPLUVIOMETRICA MEDIA ANUAL 1961 - 1970



Fuente: Datos Meteorológicos de temperatura y precipitación de SRH, Observatorio Meteorológico de la UAEM, y CFE
Elaboro: Velázquez González Jaime



Como señala la gráfica anterior, la temperatura media anual fluctúa entre los 4° C como mínima y 14°C máxima, la temperatura más baja se registra en la estación Nevado de Toluca, en tanto que para la estación La Marquesa se tiene una temperatura de 14°C, esto obedece a la altitud y a las intensas irradiaciones durante la noche, a la advección de masas de aire frío, vientos polares y a las masas de aire frío que provienen de Canadá y los Estados Unidos, tomando como flancos la Sierra Madre Oriental y la Sierra Madre Occidental llegando así a la Cuenca alta del Río Lerma.

En el resto de las estaciones que se localizan en el valle central del área de estudio la temperatura fluctúa por encima de los 10°C reflejando mínimas diferencias térmicas entre los 12 y 14°C.

5.1.3. Temperatura y Precipitación media anual (1971-1980)

Espacialmente para esta década se aprecia que las temperaturas medias anuales varían de 4 a 14°C como mínima y máxima respectivamente; la mínima se localiza en la parte suroeste con 4° C, es decir 1° C menos con respecto a la década anterior para esta misma zona, en tanto que la máxima temperatura corresponde a la parte central de la cuenca, pues en este punto se registraron temperaturas de hasta 14° C, mientras que para la porción norte se señala un importante decremento de 3°C para esta década.

Caso contrario sucede en la parte noreste al aumentar la temperatura, así como para la parte de la Sierra de las Cruces se observa un decremento con respecto a la etapa precedente, en las isotermas de los 12 a los 8°C. En tanto que para la porción del valle central el comportamiento térmico es similar con la década anterior, como se aprecia en el mapa 11.

En el mapa 12 se trazaron líneas e isoyetas para este período. En la zona suroeste se registra valores de 800 mm a partir de los 3000 metros en tanto que los 1300mm de precipitación corresponden casi a los 4000 metros, aumentando con respecto a la década anterior 100 mm, comparando estos datos con décadas anteriores se observa que ha existido un aumento progresivo conforme ha ido pasando el tiempo.

En la parte sureste de la Cuenca alta del Río Lerma se presenta un aumento muy importante en el valor de las isoyetas que aumentaron 500 mm en relación con la década pasada, en tanto que para la década 1951-1960 aumento 100 mm lo que indica un aumento significativo para un lapso de 20 años.

Para la región que comprende a la Sierra de las Cruces la precipitación disminuyó de 1600 a 1100 mm respectivamente en relación con la década anterior, datos que nos indican que en la Cuenca alta se presentó un periodo de sequía, pues estas condiciones no lo manifiestan los datos estadísticos aquí representados. Para la porción norte se registra un decremento que alcanza los 500 mm con respecto a la década pasada, de igual forma para la parte centro del área de estudio se presenta una disminución de 100 mm a partir de 1950.



En la parte sur del área de estudio se presenta una estabilidad pluviométrica ya que las isoyetas registran valores de 800 a 1000 mm de precipitación y no se muestran valores más bajos como ocurre en el período 1951-1960.

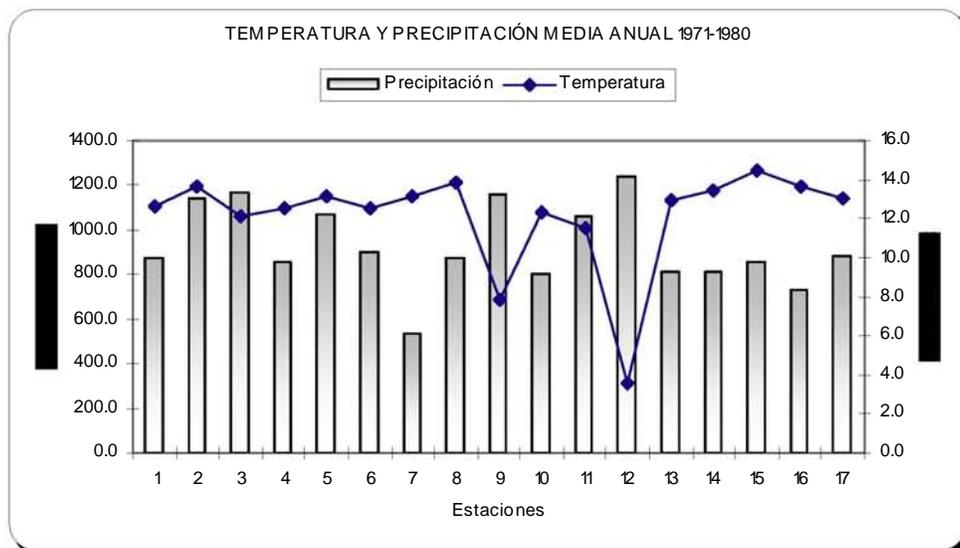
Lo anterior en general advierte un incremento en la precipitación en un lapso de veinte años es decir de 1950 a 1970, no obstante este ligero aumento se contrapone al descenso que se da en la década de 1970 a 1980, situación que es prácticamente imperceptible para la sociedad pero que va ocasionando una modificación y cambios en los geosistemas.

Así también y como se observa en la gráfica numero 10 la precipitación para esta misma década muestra ligeros incrementos entre las estaciones de los sesenta con respecto al de los setenta, tal es el caso de las estaciones Huixquilucan, Joquicingo, Mimiapan, la Marquesa y el Nevado de Toluca, pues la cantidad de lluvia que cayó para esta década es de entre 100 y 150 mm., más que en la década precedente.

Las circunstancias de precipitación correspondientes a esta zona tal vez tengan su explicación por las vertientes que presentan las sierras mismas que se disponen hacia la dirección constante de los vientos, pues estos crean con frecuencia las zonas de barlovento, lo que favorece el contacto con vientos húmedos y ello conduce a la formación de mayor cantidad de precipitación en estos costados, también esta cualidad crea ambientes relativamente diferentes en oposición a las zonas de sotavento.

Por otro lado vale la pena mencionar que la estación ubicada en la ciudad de Toluca y conocida con el mismo nombre fue la que registro menor cantidad de agua a lo largo de esta década, pues apenas llego a los 500 mm. Esto implica 150 mm menos que durante la década anterior.

GRAFICA 10. TERMOPLUVIOMETRICA MEDIA ANUAL 1971 - 1980



Fuente: Datos Meteorológicos de temperatura y precipitación de SRH, Observatorio Meteorológico de la UAEM, y CFE
Elaboro: Velázquez González Jaime



El comportamiento térmico para esta década, sigue mostrando una gran heterogeneidad mucho más marcada que en la década anterior. Así pues como se aprecia en esta gráfica la temperatura muestra dos importantes descensos, los cuales corresponden a la estación La Marquesa y el Nevado de Toluca, en el segundo caso el comportamiento por el lugar donde se ubica esta estación es un tanto lógico, pues entre esta década y la anterior casi se registra la misma temperatura (4°C); sin embargo en el caso de la estación la Marquesa existe una diferencia de casi 3°C entre la década de 1951-1960 y 1961-1970.

El resto de las estaciones muestran en términos generales casi el mismo comportamiento a lo largo de la década con pequeñas salvedades de algunas estaciones.

5.1.4. Temperatura y Precipitación media anual (1981-1990)

En las últimas décadas el aumento en las actividades antrópicas han provocado la introducción de otros factores que es necesario tomar en cuenta para la explicación de las manifestaciones atmosféricas, algunos de los más relevantes son: la deforestación, la mancha urbana y contaminación entre otros.

Lo anterior tal vez sean las causas de las condiciones térmicas que se existieron en el área de estudio durante la década 1981-1990, pues como se observa en el mapa No 13, las temperaturas medias anuales mínimas registradas para esta década se localizan en dos puntos esenciales, el primero corresponde al Nevado de Toluca con 4°C y el segundo corresponde a la parte norte de la cuenca con 9°C , hacia el centro de la misma cuenca, estas temperaturas comienzan a aumentar hasta alcanzar los 14°C en promedio; hacia la parte noroeste y en dirección a la parte más baja del área de estudio, se localizan las temperaturas más altas registradas para la década.

En lo concerniente a la parte sur las temperaturas son similares al período anterior, sin embargo para la parte baja de la zona en relación con la década anterior se tiene un decremento en la temperatura de 1°C ; esto tal vez tenga su explicación en los materiales que se usan para la construcción, pues como se sabe a medida que una localidad se transforma en ciudad, se presentan alteraciones ambientales considerables en ese espacio, pues el crecimiento poblacional y urbano conlleva a que se alteren las condiciones hídricas, edáficas, vegetativas, topográficas, agrícolas entre otras.

Esta situación ha sido la mayor problemática que ha presentado la cuenca en su parte central, pues allí se localiza el espacio urbano y conurbado más grande (Ciudad de Toluca) de la cuenca, la cual ha sido víctima de este crecimiento demográfico, y la explicación del incremento de temperatura tal vez radique en las islas térmicas o de calor que crean las ciudades, debido a la extensión de la plancha de cemento, lo cual obstruye la libre transpiración de los suelos y por tanto existe poco intercambio de humedad entre el suelo y la atmósfera.

La precipitación registrada muestra, para la década 1981-1990, un comportamiento muy distinto con respecto a la anterior, pues es más seca que la precedente. Así podemos



observar en el mapa número 14 que se presenta una isla pluviométrica más seca entre los municipios de Capulhuac y San Mateo Atenco, donde se registraron precipitaciones hasta de 600 mm, sin embargo los aumentos se comienzan a dar tanto para la parte sur como para la parte norte, llegándose a registrar en la parte más alta de la cuenca precipitaciones de hasta 2300 mm, es decir 700 mm más con respecto a la década anterior para el mismo punto.

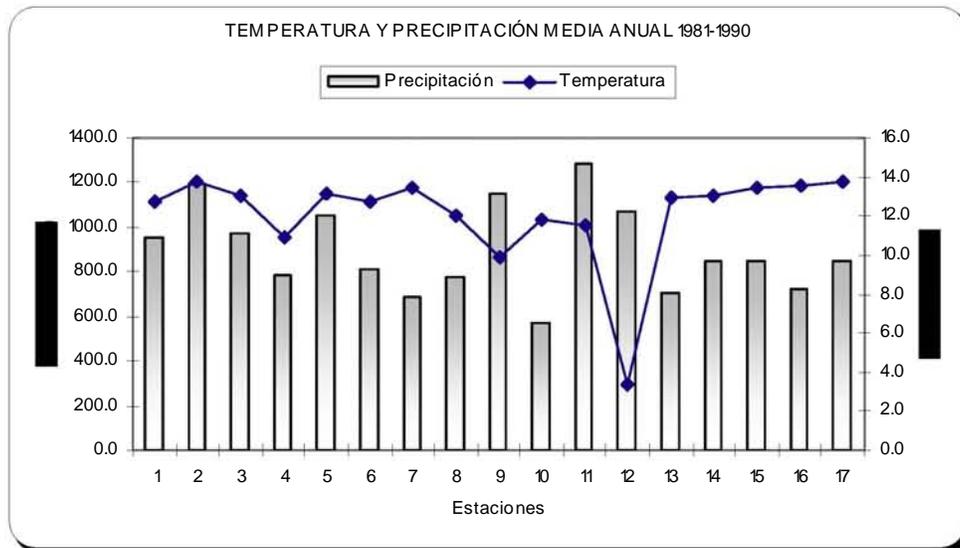
En la parte central y norte, así como para el noreste las precipitaciones fluctuaron entre los 700 y los 800mm.

Las explicaciones a este comportamiento para esta zona pueden ser varias, sin embargo una de las que más pueden estar afectando este comportamiento, es la altitud pues según (Morales, 2002) la altura y las precipitaciones siempre serán proporcionales, no obstante si la atmósfera esta saturada, las máximas precipitaciones pueden producirse a niveles más bajos.

Otra razón que puede explicar el comportamiento pluviométrico de la Cuenca Alta del río Lerma es la orientación del relieve, por ejemplo las partes bajas del valle o de la cuenca retienen masas de aire que al permanecer durante algún tiempo allí, mantienen estados de tiempo atmosférico diferentes en relación con las zonas más elevadas como lo es toda la parte sur y sureste del área de estudio.

Por otro lado temporalmente la gráfica numero 11 reafirma ese decremento pluviométrico, el cual ya se había mencionado renglones antes, es decir de las diecisiete estaciones que se utilizaron para este estudio, ocho registraron precipitaciones de menos de 800 mm. El resto fluctúan entre 900 y 1200 mm, sobresaliendo un caso especial el cual corresponde a la estación Almoloya del Río, la cual registró para esta década una precipitación de casi 1300 mm.

GRAFICA 11. TERMOPLUVIOMETRICA MEDIA ANUAL 1981 - 1990



Fuente: Datos Meteorológicos de temperatura y precipitación de SRH, Observatorio Meteorológico de la UAEM, y CFE
Elaboro: Velázquez González Jaime



La temperatura de la gráfica anterior para esta misma década casi mantuvo un patrón similar al de la década pasada, con la excepción de la estación La Marquesa, la cual muestra un importante incremento de casi dos grados con respecto a los setenta, en el resto del área se mantuvo un comportamiento que fluctuó entre los 12 y 14°C.

5.1.5. Temperatura y Precipitación media anual (1991-2000)

En el mapa numero 15 la temperatura media anual para esta década señala que la zona más fría muestra una temperatura inferior a los 4°C, la cual se localiza en el extremo suroeste en la porción que corresponde al Nevado de Toluca; otra de las zonas frías se encuentra en la parte sureste de la cuenca con un valor de 7° C; a partir de esta isoterma la temperatura se incrementa hasta los 13°C al llegar al municipio de Capulhuac, por otro lado la temperatura más alta de 14°C se presenta en la parte noreste.

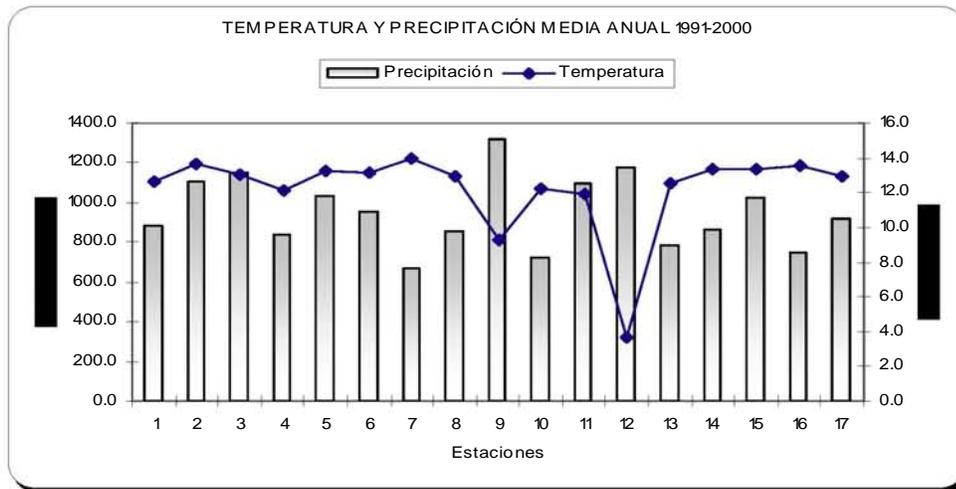
En el mapa numero 16 se puede apreciar que la precipitación de la década 1991-2000, muestra valores que van de los 600 a los 1300 mm, mismo comportamiento que es ligeramente superior al de la década 1981-1990, pues mientras que en la década anterior se hablaba de que existía una isla pluviométrica seca en dos espacios distintos dentro de la cuenca, para esta década prevalece solamente uno, el de Tenango del Valle, pero con la diferencia de un incremento pluviométrico a 600 mm.

Para la parte norte a donde comúnmente las precipitaciones son bajas, ahora encontramos registros de hasta 1300 mm anuales, esta situación y sobre todo para esta zona no es muy común, sin embargo se sabe que donde existe suficiente bosque la humedad se mantiene más constante debido al vapor que despiden los vegetales generando un espacio termorregulador que evita las variaciones extremas, por tanto a mayor cantidad de bosque con sus respectivos estratos herbáceo, arbustivo y arbóreo, mantienen el ambiente más húmedo lo que en cierta medida eleva las precipitaciones, también cabe aclarar que para la parte noroeste de la cuenca sus registros pluviométricos llegan a los 800 mm, mismo comportamiento que se presenta con respecto a la década anterior.

Esta disminución de las lluvias tal vez tenga su explicación en que se entra a una zona donde se caracteriza como un clima semiárido donde las plantas xerófitas como es obvio en estos ambientes son características; estos vegetales son de escasa talla y de poca densidad, situación que da como resultado fuertes irradiaciones vespertinas y nocturnas propiciando así fuertes descensos térmicos y por tanto pérdida de humedad que se reflejan en la cantidad de lluvia registrada.



GRAFICA 12. TERMOPLUVIOMETRICA MEDIA ANUAL 1991 - 2000



Fuente: Datos Meteorológicos de temperatura y precipitación de SRH, Observatorio Meteorológico de la UAEM, y CFE
Elaboro: Velázquez González Jaime

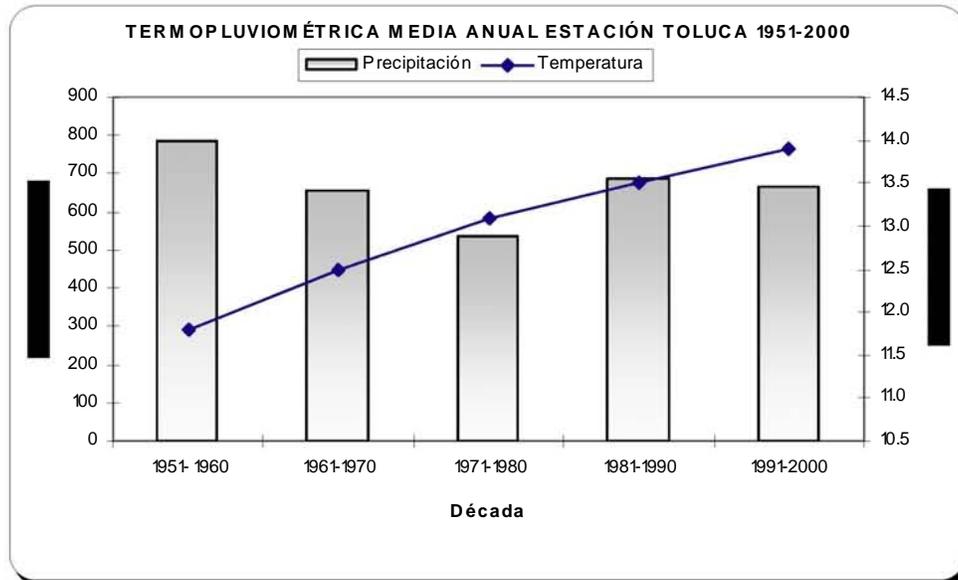
La precipitación de la década 1991-2000 como se aprecia en la gráfica número 12, mantuvo un comportamiento muy similar al de la década precedente, salvo algunas excepciones de pequeños incrementos como lo es la estación Joquicingo, Lerma, Santiago Tianguistenco, Atarasquillo y Atotonilco.

Por su parte la temperatura también mantuvo un comportamiento muy similar al de la precipitación, es decir con muy pequeñas variaciones entre una década y otra, de esta manera se puede decir que la temperatura promedio para esta década fluctuó entre los 10°C y los 14°C y solamente la estación Nevado de Toluca, mantuvo un comportamiento térmico de un poco más de 3°C (gráfica 12).

Con la finalidad de reforzar un poco más los resultados obtenidos por promedio y por década y como ya se explicaron anteriormente tanto de manera espacial como temporal, por medio de mapas y gráficas, se eligieron cinco de las estaciones más representativas de la zona con la finalidad de poder observar su comportamiento, llegándose a los siguientes resultados de dichas estaciones; Toluca, Almoloya del Río, Jiquipilco, Nevado de Toluca y Lerma las cuales por su situación geográfica dentro de la cuenca de estudio, se les considera que representan las condiciones medias de la misma.



**GRAFICA 13. TERMOPLUVIOMÉTRICA MEDIA ANUAL ESTACION TOLUCA
1951 - 2000**

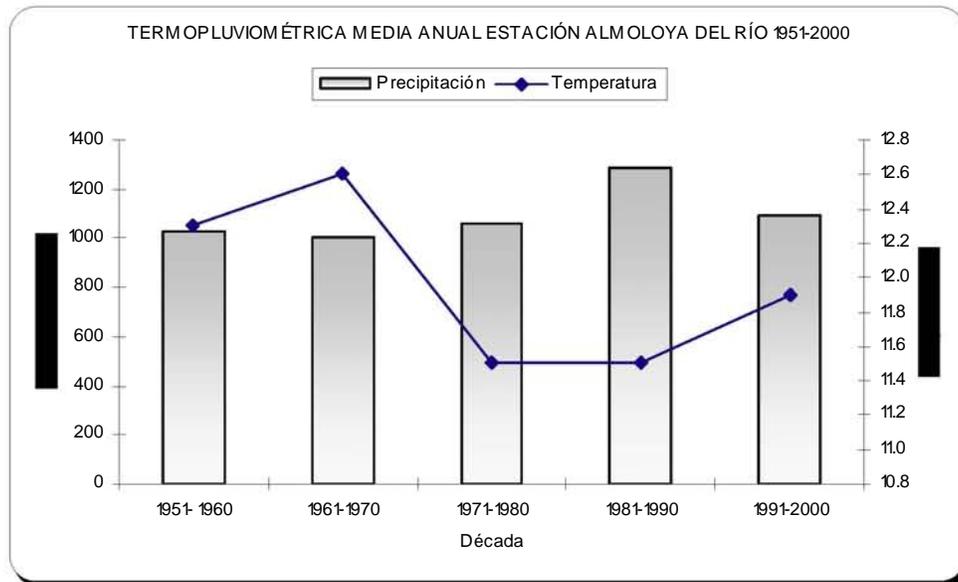


Fuente: Datos Meteorológicos de temperatura y precipitación de SRH, Observatorio Meteorológico de la UAEM, y CFE
Elaboro: Velázquez González Jaime

La década con temperatura media anual más baja en la ciudad de Toluca resultó ser 1951-1960, con una temperatura de 11.8°C, (gráfica 13) por lo contrario la temperatura más calida se registro en la década de 1991-2000, con una temperatura de 13.9°C. Obsérvese que a lo largo del periodo de estudio la temperatura siempre ha ido en aumento, teniéndose un incremento en un periodo de 50 años de 2.1°C, lo cual como se aprecia es congruente con el análisis anterior. Asimismo la precipitación media anual más representativa para este periodo se manifestó en la primera década que va de 1951-1960 con un dato de precipitación que se encuentra entre los 785 mm de precipitación promedio durante esta década. Sin embargo, para la siguiente década (1961-1970) disminuyó significativamente mostrando un dato de 675 mm de precipitación; de la misma manera, para el periodo de 1971-1980 disminuyó arrojando un valor de 534 mm siendo este el registro más bajo en las cinco décadas. Para el periodo 1981-1990 se presentó un aumento mostrando un valor de 685 mm, manteniéndose casi igual para el periodo de 1991-2000, teniendo un pequeño descenso ya que se registró un dato de 665 mm. Dejando claro que el primer periodo comparado con el último ha fluctuado la precipitación unos 110 mm aproximadamente durante 5 décadas.



GRAFICA 14. TERMOPLUVIOMÉTRICA MEDIA ANUAL ESTACIÓN ALMOLOYA DEL RÍO 1951 - 2000



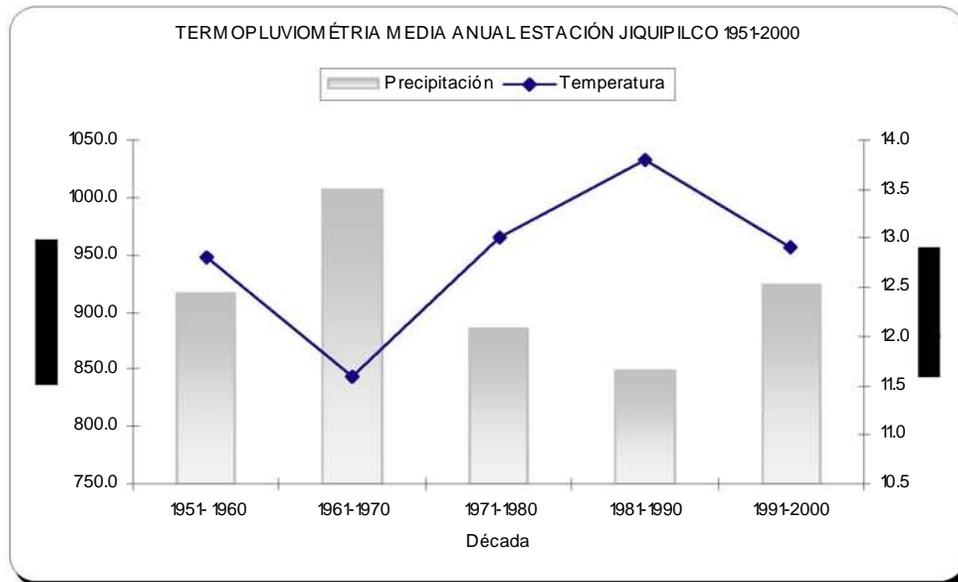
Fuente: Datos Meteorológicos de temperatura y precipitación de SRH, Observatorio Meteorológico de la UAEM, y CFE
Elaboro: Velázquez González Jaime

La estación meteorológica Almoloya del Río se encuentra a una altitud de 2530 msnm, con una latitud de 19° 11' y una longitud de 99° 29'. Desde el punto de vista climático y como se observa en la gráfica 14, registra una temperatura media anual del periodo 1951-2000 que oscila entre los 11.5°C y los 12.6°C. Siendo las décadas de 1970-1990 las décadas más frías; por el contrario el periodo de 1961-1970 es el más cálido con 12.6°C. Así como la década de 1951-1960 que registró una temperatura de 12.3°C, es decir .3°C menos que la década de 1961-1970, sin embargo, la década 1991-2000 arroja una temperatura de 11.9°C. Observándose así diferencias térmicas de unas cuantas décimas de grados centígrados entre las 5 décadas.

En esta gráfica 14 la precipitación media anual, arroja para la primer década un dato de 1025 mm de precipitación; para el periodo 1961-1970 se manifestó un pequeño decremento con un valor de 1004 mm; sin embargo, para la década 1971-1980, se registra un incremento ya que se muestra un dato de 1057 mm de precipitación, aumentando muy poco; y para el periodo 1981-1990 se mostró un aumento, ya que se registró un dato de 1284 mm resaltando esta con respecto a las demás con el dato más alto en la 5 décadas; finalmente para el periodo 1991-2000 se presenta otra disminución ya que esta década arroja un valor de 1092 mm. En conclusión el valor mas significativo fue el del periodo 1981-1990, por el contrario la década mas seca fue la de 1961-1970 mostrando un aumento de 250 mm.



**GRAFICA 15. TERMOPLUVIOMÉTRICA MEDIA ANUAL ESTACIÓN JIQUIPILCO
1951 - 2000**



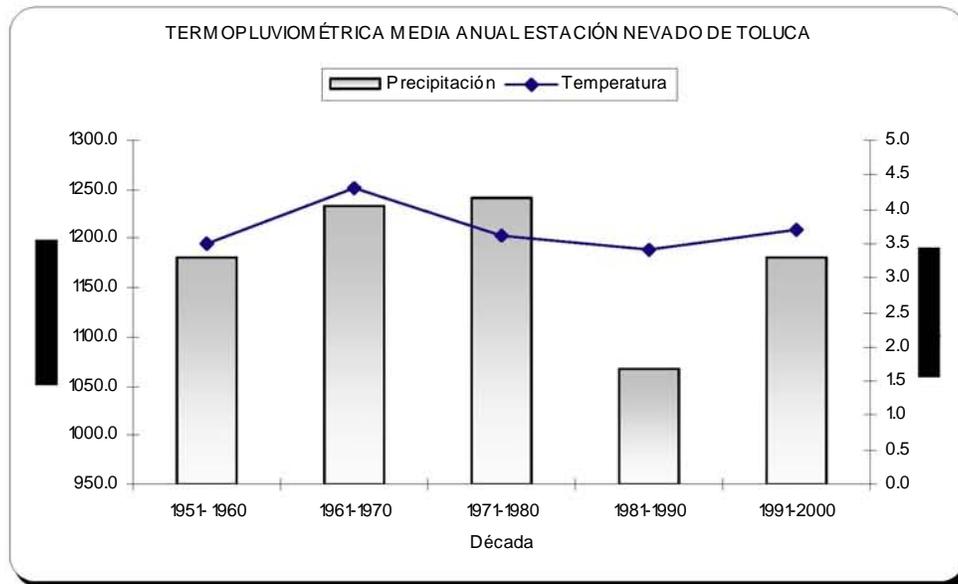
Fuente: Datos Meteorológicos de temperatura y precipitación de SRH, Observatorio Meteorológico de la UAEM, y CFE
Elaboro: Velázquez González Jaime

En la gráfica de la estación “ Jiquipilco” localizada al norte del curso alto de la cuenca del Río Lerma con una altura de 2565 msnm y una latitud de 19° 33’ y una longitud de 99° 36’, muestra valores de temperatura que oscilan de los 11.6°C a los 13.8°C registrando los valores mas bajos para la década de 1961-1970 con un dato de 11.6°C, por lo contrario el registro mas alto es, de 13.8°C para el periodo de 1981-1990, sin embargo, para la primera década se tiene un valor térmico de 12.8°C, muy similar a la última década con una temperatura de 12.9°C. Durante el periodo de 1971-1980 se obtuvieron 13°C de temperatura, mostrando solo una décima de diferencia térmica con la última década (gráfica 15)

Con respecto a su comportamiento pluviométrico del periodo 1951-2000 de esta misma estación, para la primera década que comprende el periodo de 1951-1960 se presenta una precipitación de 916 mm. Sin embargo para el periodo 1961-1970 se da un aumento significativo, arrojando para este lapso de tiempo una precipitación de 1007 mm, siendo ésta la década mas sobresaliente de las cinco; por otro lado, para el periodo 1971-1980 disminuye significativamente mostrándose mas baja aun que la primer década con el dato de 885 mm. Para la década de 1981-1990 se presentó la precipitación mas baja con un valor de 849 mm con respecto a las cuatro décadas, por último la década de 1991-2000 la precipitación se manifestó con un dato de 922 mm sobresaliendo el periodo de 1007 mm y el periodo mas bajo es el de 1981-1990 con un valor de 849 mm.



GRAFICA 16. TERMOPLUVIOMÉTRICA MEDIA ANUAL ESTACION NEVADO DE TOLUCA 1951 - 2000



Fuente: Datos Meteorológicos de temperatura y precipitación de SRH, Observatorio Meteorológico de la UAEM, y CFE
Elaboro: Velázquez González Jaime

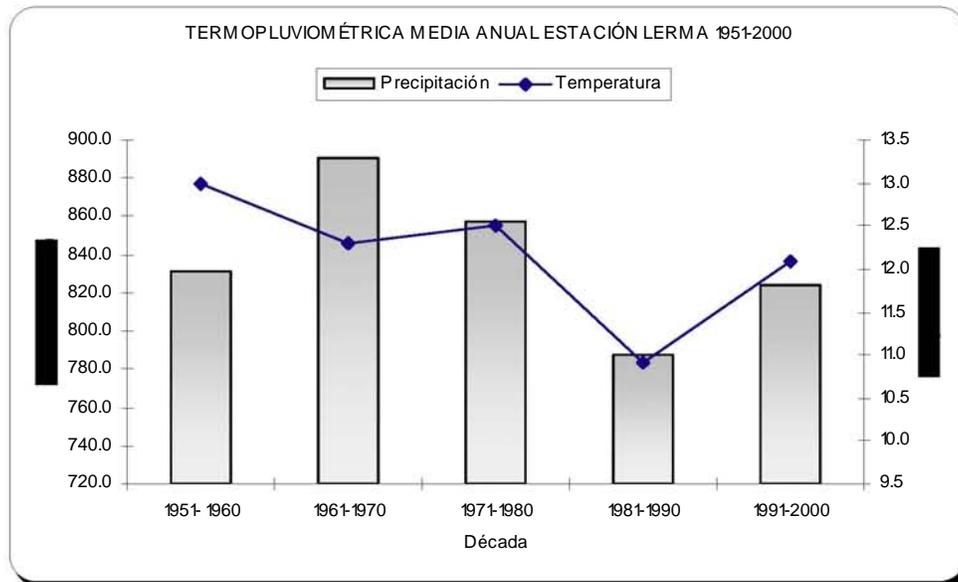
La estación Nevado de Toluca, muestra los valores mas bajos correspondientes a la temperatura, pues como se puede apreciar estos fluctúan entre los 3°C y 4°C a lo largo de los cincuenta años, sin embargo se observa que para la década de 1961-1970 la temperatura registrada alcanzó su mas alto valor de 4°C, no obstante las cuatro décadas restantes el comportamiento térmico fluctuó muy poco, apenas .3°C.

Por su parte, la precipitación muestra un comportamiento muy heterogéneo pues como se aprecia en la gráfica 16 durante las décadas 1961-1970 y 1971-1980 la cantidad de milímetros precipitados rebaso los 1250, y por debajo de esta cantidad se ubica la década de los cincuenta y de los noventa. También se aprecia que para esta estación la década mas seca se registro entre 1981-1990, con un valor de escasamente 1150 mm.

Cabe indicar que esta estación a diferencia de las otras que se localizan en la cuenca tiene características muy especiales, pues se localiza por arriba de los 4000 metros sobre el nivel del mar, situación que provoca que al chocar los vientos con la montaña estos asciendan se condensan y se precipiten, presentándose un tipo de lluvia posiblemente orográfica o imprimiéndole esta característica a la zona.



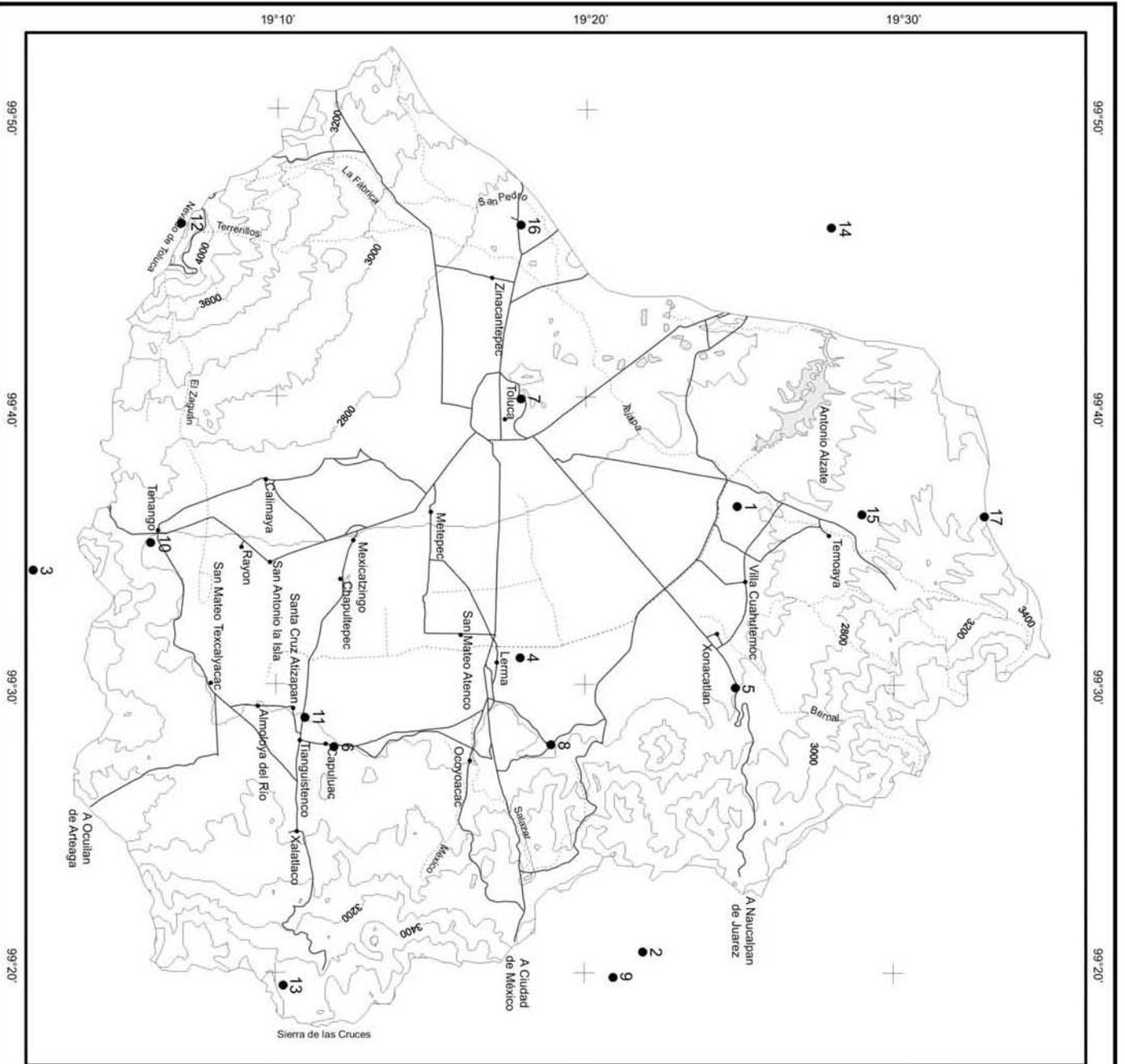
**GRAFICA 17. TERMOPLUVIOMÉTRICA MEDIA ANUAL ESTACION LERMA
1951 - 2000**



Fuente: Datos Meteorológicos de temperatura y precipitación de SRH, Observatorio Meteorológico de la UAEM, y CFE
Elaboro: Velázquez González Jaime

La estación Lerma se localiza en la parte central y mas baja de la cuenca, y como se aprecia en la gráfica 17 y por el lugar donde está se localiza, sus valores de temperatura con relación a la estación Nevado de Toluca aumentan considerablemente, pues sus datos oscilan entre los 10°C y los 13°C. Sin embargo destaca el comportamiento que ha mostrado, pues mientras que para 1951-1960 la temperatura alcanzó los 13°C, para 1981-1990 apenas rebaso los 10.5°C, volviéndose a incrementar para la década del 2000, hasta alcanzar mas de los 12°C.

En el caso de la precipitación, esta muestra valores muy irregulares, para la década de 1951-1960 la precipitación alcanzada apenas supero los 820 mm., sin embargo para la siguiente década ésta casi alcanzó los 900 mm, para la década 1981-1990 se observa un decremento en el valor de los milímetros precipitados con 790, dicho decremento coincide con las otras estaciones analizadas, es decir de los cincuenta años analizados ésta década ha sido la más seca.



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**
Facultad de Filosofía y Letras

**Ubicación de Estaciones
Climáticas**

Cuenca Alta del Río Lerma
Simbología Básica

- Carretera Pavimentada
- Presa
- Corriente Perenne
- Curva de Nivel en metros

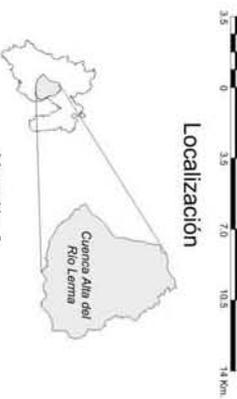
- Nombre de Estaciones**
- 1 Hacienda de la Y
 - 2 Huixquilucan
 - 3 Joquicingo
 - 4 Lerma
 - 5 Mimitapan
 - 6 Santiago Tanguisenco
 - 7 Toluca
 - 8 Atrarajillo
 - 9 La Marquessa
 - 10 Tehuacan del Valle
 - 11 Almoloya del Río
 - 12 Nevado de Toluca
 - 13 El Capulín Xaltalaco
 - 14 Atonilco
 - 15 Tehuacan
 - 16 San Francisco Tlalcalalpan
 - 17 Jiquipilco

Tesis de Maestría

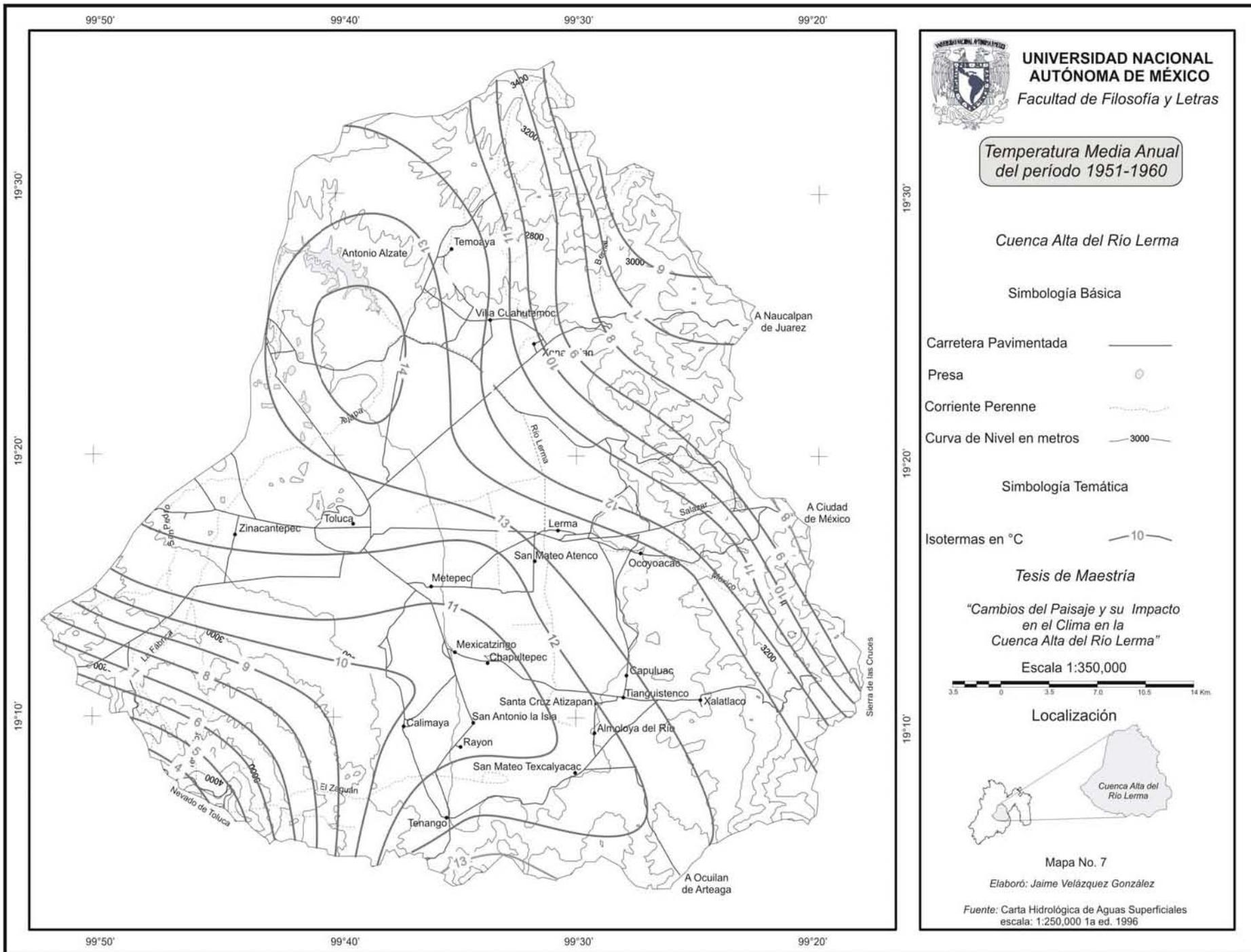
**"Cambios del Paisaje y su Impacto
en el Clima en la
Cuenca Alta del Río Lerma"**

Escala 1:350,000

Localización



Mapa No. 6
Elaboró: Jaime Velázquez González
Fuente: Carta Hidrológica de Aguas Superficiales
escala 1:250,000 1a ed. 1996



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**
Facultad de Filosofía y Letras

*Temperatura Media Anual
del periodo 1951-1960*

Cuenca Alta del Río Lerma

Simbología Básica

- Carretera Pavimentada
- Presa
- Corriente Perenne
- Curva de Nivel en metros

Simbología Temática

- Isotermas en °C

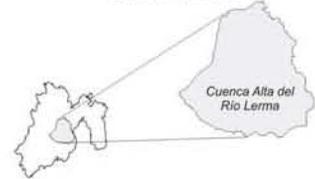
Tesis de Maestría

*"Cambios del Paisaje y su Impacto
en el Clima en la
Cuenca Alta del Río Lerma"*

Escala 1:350,000



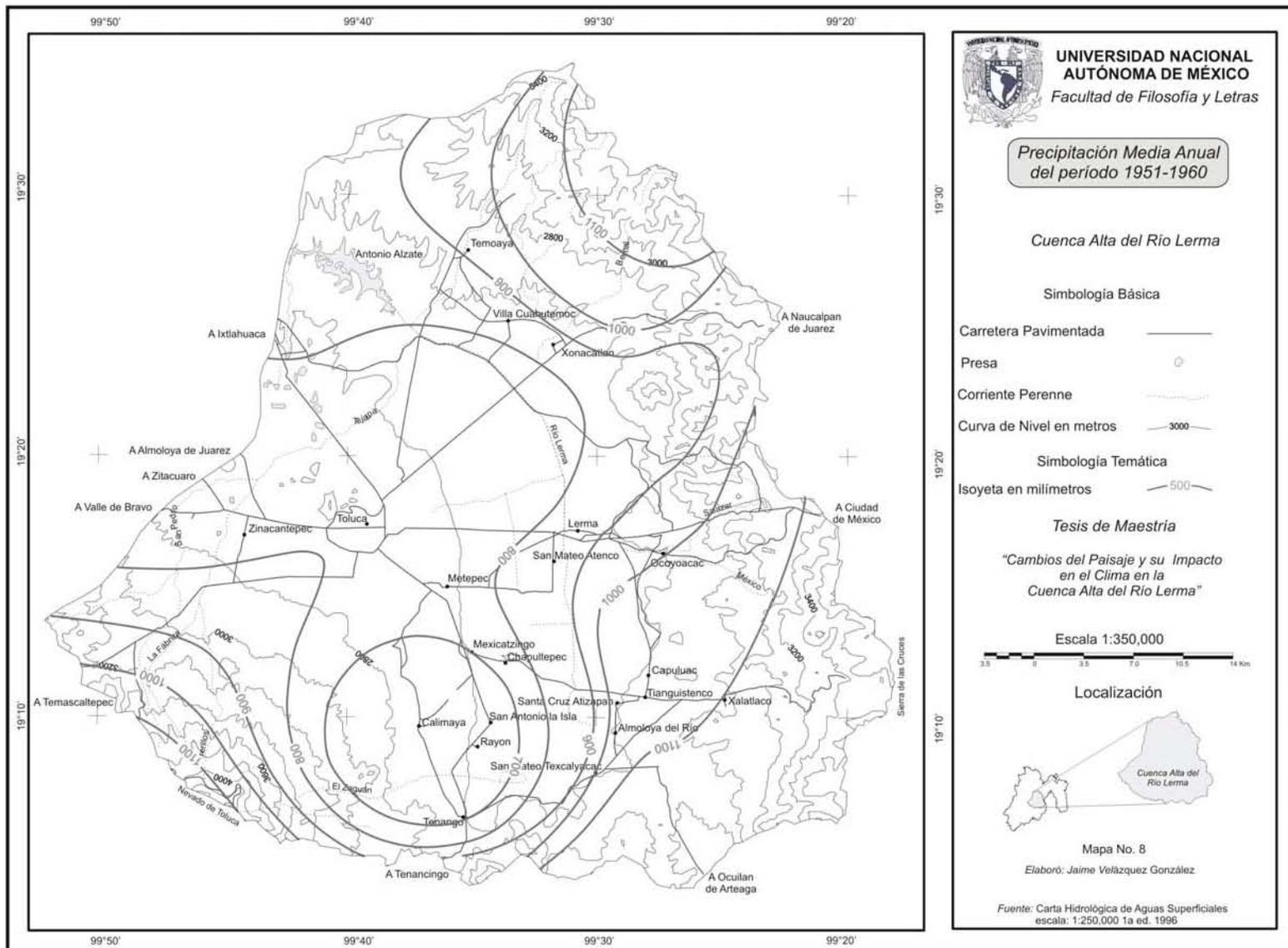
Localización

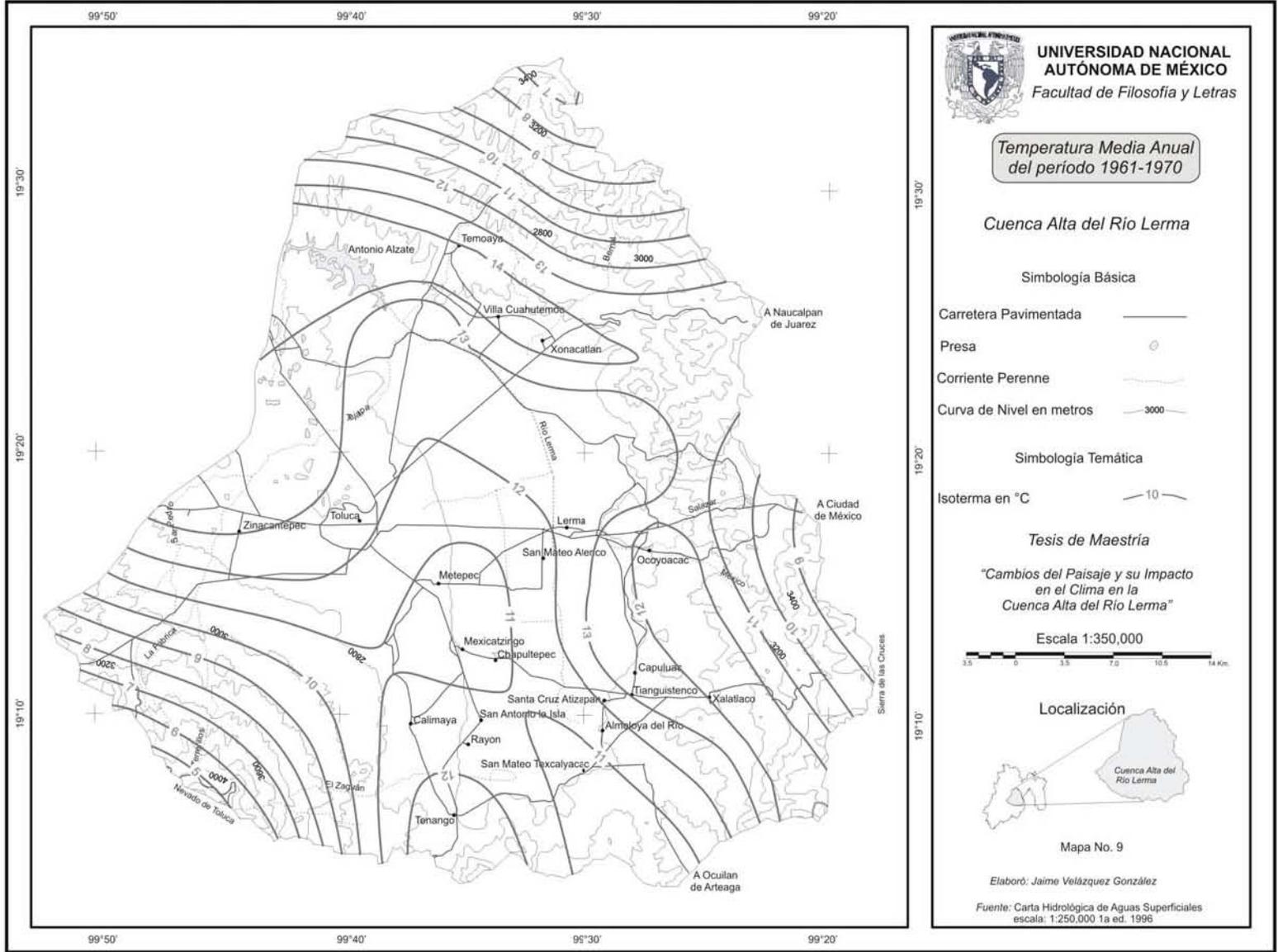


Mapa No. 7

Elaboró: Jaime Velázquez González

Fuente: Carta Hidrológica de Aguas Superficiales
escala: 1:250,000 1a ed. 1996






**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**
 Facultad de Filosofía y Letras

*Temperatura Media Anual
del período 1961-1970*

Cuenca Alta del Río Lerma

Simbología Básica

- Carretera Pavimentada 
- Presa 
- Corriente Perenne 
- Curva de Nivel en metros 

Simbología Temática

- Isotherma en °C 

Tesis de Maestría

*"Cambios del Paisaje y su Impacto
en el Clima en la
Cuenca Alta del Río Lerma"*

Escala 1:350,000



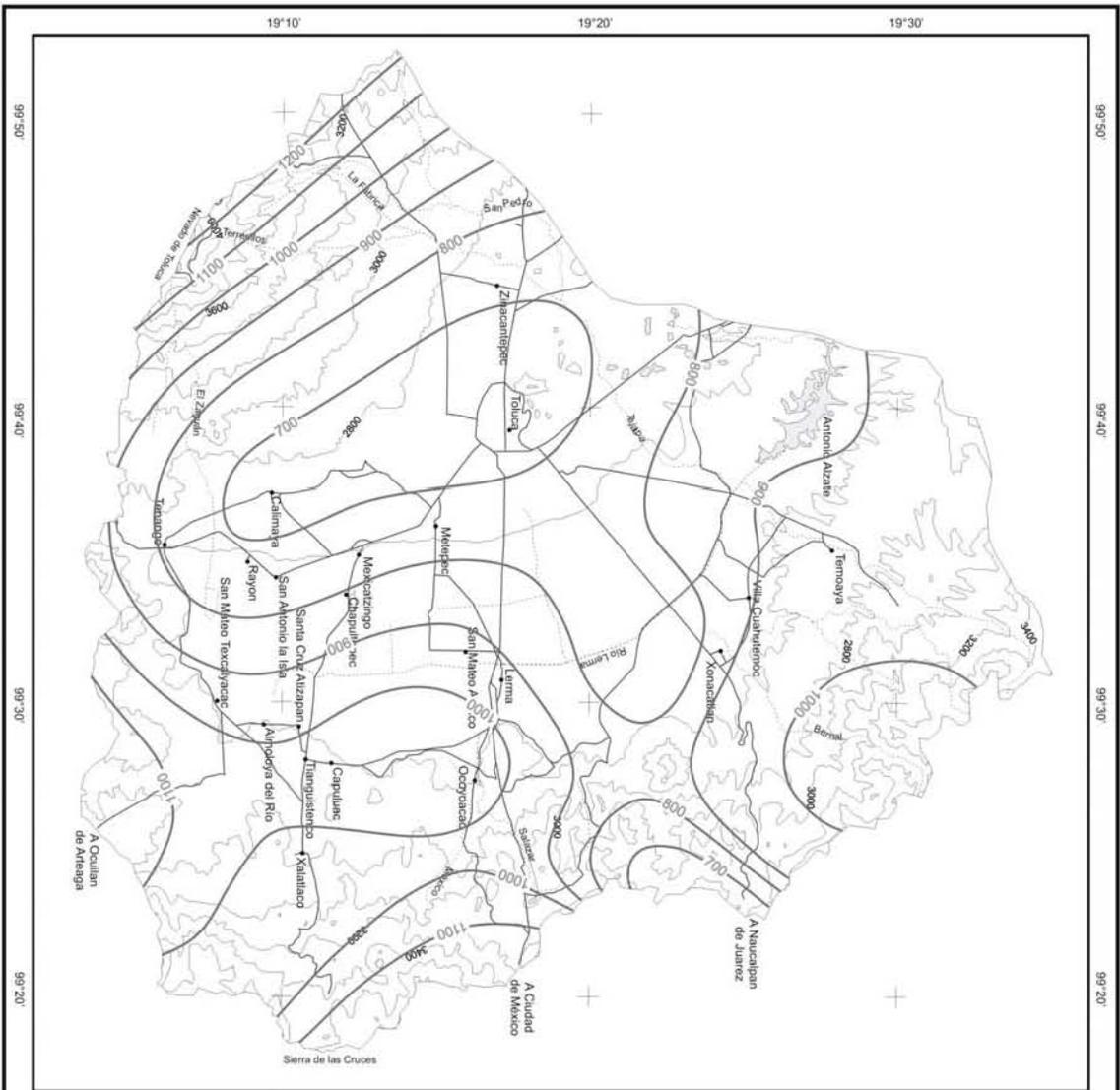
Localización



Mapa No. 9

Elaboró: Jaime Velázquez González

Fuente: Carta Hidrológica de Aguas Superficiales
escala: 1:250,000 1a ed. 1996



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**
Facultad de Filosofía y Letras

**Precipitación Media Anual
del periodo 1961-1970**

Cuernca Alta del Río Lerma

Simbología Básica

Carretera Pavimentada

Presas

Corriente Perenne

Curva de Nivel en metros

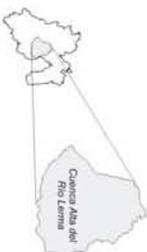
Simbología Temática

Isoyeta en milímetros

Tesis de Maestría
**"Cambios del Paisaje y su Impacto
en el Clima en la
Cuernca Alta del Río Lerma"**

Escala 1:350,000

Localización



Mapa No. 10

Elaboró: Jaime Velázquez González

Fuente: Carta Hidrológica de Aguas Superficiales
escala: 1:250,000 1a ed. 1996



5.2. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Después de haber revisado y analizado las estadísticas climáticas así como los mapas y las graficas termopluiométricas, se puede concluir que los cambios de temperatura y precipitación marcan ritmos de la vida animal y vegetal, así como de las actividades humanas, de ahí que halla sido tan importante conocer los cambios del paisaje para poder explicar el comportamiento físico que rigen a la atmósfera.

Actualmente se ha intensificado la investigación de los procesos atmosféricos, lo que ha permitido que las sociedades comiencen a tomar conciencia de que deben realizarse acciones inmediatas para proteger al planeta. Dichas acciones pueden ser la prohibición del uso de gases que destruyen la capa de ozono, del incremento de las manchas urbanas que transforman áreas naturales en planchas de cemento, de las deforestaciones entre otros tantos problemas más; todo esto debe ser frenado o de lo contrario habrá que asumir las consecuencias, entre ellas la modificación del régimen de lluvias o del creciente aumento de la temperatura.

Históricamente está demostrado que la humanidad ha crecido, pues las aldeas se convirtieron en pueblos y éstos a su vez en ciudades, sobreviniendo un cambio en las normales climatológicas. Por todo mundo es sabido que la acumulación de viviendas, edificios, fábricas, comercios, avenidas por mencionar algunas, alteran el equilibrio natural provocando desajustes significativos en el sistema Tierra-Atmósfera; y si a esta situación agregamos la quema de combustibles para automóviles, fábricas, aviones, calentar, calefacción etc., se ponen en movimiento las fuerzas que pueden alterar radicalmente las condiciones atmosféricas del planeta de un continente, de un país, de un estado o de una región como lo es en este caso la Cuenca Alta del río Lerma.

El hombre en su lucha irreflexiva por conquistar la naturaleza, ha ido demasiado lejos y ahora amenaza con romper el equilibrio. Nadie sabe con certeza cuales son los resultados, ni las magnitudes de los efectos provocados por el cambio climático, pero es evidente que está causando estragos a la sociedad.

Por otro lado también es evidente el hecho de que al interior de cualquier región, se producen cambios en el uso del suelo y de los recursos naturales, como consecuencia de los programas que los diversos sectores realizan en función de actividades económicas y sociales.

Al respecto, podemos asumir que existe una correlación directa entre la velocidad de los procesos económicos y sociales, y los cambios en los recursos naturales, los cuales han dejado como resultado las alteraciones climáticas en el área de estudio. Este ha sido el caso del Valle de México y por supuesto es ya también el de la región Toluca. Se considero que el desarrollo regional y urbano de la Cuenca Alta del río Lerma, no es un recuento estadístico ni un dato económico que refleja la ubicación de una región respecto a otras; es sin lugar a dudas un proceso donde la sociedad en su conjunto, forma parte de las decisiones y beneficios de un determinado proyecto de desarrollo pero también es quien ha



sido el principal actor de las modificaciones o alteraciones climáticas que ha sufrido el geosistema de esta cuenca.

El comportamiento espacial de las variables del paisaje en la Cuenca Alta del río Lerma, se ha modificado de manera muy significativa desde 1950 a la fecha. Los cambios inducidos por los procesos de industrialización y urbanización, se advierten claramente en algunos puntos del área de estudio como es en los casos del corredor Toluca-Lerma y en aquellos que fueron resultado de la extracción de agua y que quedan perfectamente definidos en la disminución de las lagunas, que incluyen cuerpos de aguas y ciénegas, y en el aumento de superficies desecadas, representadas por pastizales y zonas agrícolas.

La diversidad de condiciones también está presente a nivel espacial, por tanto se llevó a cabo una reconstrucción estadística por década de la evolución de las variables del paisaje y su relación con los aspectos históricos de la extracción de agua, haciendo especial énfasis en el impacto que ha tenido ésta, en el aprovechamiento del medio rural; pero también y de igual forma se llegó a las siguientes conclusiones en los parámetros utilizados que se consideraron como parte del paisaje:

- En el caso de los cuerpos de agua se advierte una disminución importante de 1950 a la fecha. De los depósitos existentes en 1960, que ocupaban 15957 hectáreas, en 1970 y 1980 se reducen casi a la mitad, esto es, 8811 y 10785 hectáreas, respectivamente. De no ser por la construcción de la presa “José Antonio Alzate”, que abarca más de 480 hectáreas, la superficie ocupada sería mucho menor. Este mismo decremento se siguió presentando hasta alcanzar las 4117 hectáreas.
- En el caso del uso pecuario los cambios de superficie se asocian por lo general a la desecación de las áreas inundadas, aunque existen zonas dedicadas a este uso y que se encuentran distantes donde se encontraban las lagunas; pero que de algún modo tienen relación a zonas inundables por los vestigios de dicha condición. Otra de las causas en la variación de su superficie es la constitución de más áreas dedicadas a la agricultura. Para 1960 el área ocupada por pastizal tenía una superficie de 25609 hectáreas. Para 1970 esta área disminuyó considerablemente llegando a ocupar una superficie de tan solo 21126 hectáreas. Sin embargo para 1980 el decremento rebasó más del 50% con respecto a la década anterior, pues solo ocupó 10500 hectáreas, para 1980, este comportamiento es muy similar al que se ha dado en las dos últimas décadas.
- La agricultura por su parte, representa la mayor superficie durante el período de análisis. Para 1960 ocupó 64503 hectáreas para 1970 y 1980 se presentan importantes aumentos de 71515 y 116736 ha. respectivamente. No obstante para la década de 1990 y 2000 se advierte una disminución de la superficie agrícola, la cual tiene gran relación a la sustitución por áreas dedicadas a los asentamientos humanos.



- Por otro lado es importante resaltar el crecimiento que se ha registrado de las áreas ocupadas por los asentamientos humanos en la Cuenca Alta del Río Lerma. Comparando el tamaño de las superficies ocupadas de 1960 a la fecha se notan aumentos considerables entre una década y otra, y en áreas totalmente localizables, como el corredor Toluca-Lerma, en Capulhuac-Tianguistenco, Toluca-Zinacantepec, Toluca-Metepec, por citar algunos, ahí donde se registra una fusión de poblados; o bien el crecimiento es debido al establecimiento de corredores o parques industriales que se han presentado en el área de estudio. De las 2301 hectáreas ocupadas por el uso urbano en 1960, para 1970, aumentan 673 hectáreas este aumento fue muy moderado entre una década y otra, sin embargo para 1980 aumento más de un 100 % registrándose para 1980, 6153 hectáreas y 12339 para la década 1990 y 2000.
- Otro resultado importante es el obtenido en la evaluación forestal, pues de acuerdo a la información estadística obtenida en 1960 existían 55729 hectáreas ocupadas por este recurso, sin embargo para la siguiente década estas cifras se redujeron a 20409 hectáreas, cifras que posteriormente y mediante programas de reforestación se incrementaron, pues para las últimas tres décadas del siglo, la superficie ocupada por árboles en la Cuenca alta del Río Lerma ha mantenido un promedio de 40000 hectáreas.

Los resultados de la estadística del paisaje antes mencionados muestran aumento por un lado y decremento por el otro, han sido los principales responsables del desequilibrio climático en la Cuenca Alta del Río Lerma dejando las siguientes conclusiones:

- La sobre explotación hidrológica de la Cuenca Alta del Río Lerma es sin lugar a dudas un hecho significativo y de acuerdo a la tendencia histórica todo indica que dicha sobreexplotación va en aumento a pesar de las reducciones del envío de agua a la ciudad de México. Los efectos más importantes, ya han sido mencionados en capítulos precedentes, los cuales comprenden desde la desecación de las lagunas de Lerma pasando por la extinción de peces y vegetales, hasta los hundimientos y agrietamientos del suelo y de algunas viviendas en algunos puntos de la región y la reducción de la superficie de riego.
- En cuanto a la calidad original del agua que se localizaba en la superficie y en el subsuelo, era buena; sin embargo el vertimiento de aguas residuales de origen urbano e industrial sin un tratamiento adecuado, no solamente ha convertido al Río Lerma en un verdadero drenaje, sino que han exterminado con prácticamente todo tipo de vida que tienen como hábitat los cuerpos de agua. Esta situación es crítica entre el área de nacimiento del Río Lerma y la presa “José Antonio Álzate”.
- En épocas de lluvias, el desbordamiento de las aguas negras inunda terrenos de cultivo, dejando una gran contaminación y generando alteraciones de insalubridad en las partes más bajas de la cuenca.



- La región de estudio manifiesta algunos factores que llaman la atención y que sin pretender establecer un juicio y de acuerdo a las entrevistas llevadas a cabo con algunos lugareños, así como también por las modificaciones del paisaje y que en capítulos precedentes ya se ha analizado, consideramos que existe en la cuenca un desequilibrio climático que se da de la siguiente manera:
- Con relación a la precipitación primeramente se tiene que establecer que de las entrevistas se logró deducir que se ha acortado el periodo de lluvias, pues según algunos lugareños hace 40 años, la época de lluvias comenzaba en el mes de marzo y terminaba en el mes de septiembre; ahora comienza a fines de abril y termina en septiembre. Es importante comentar que esta situación puede ser un fenómeno de tipo cíclico, pero no corresponde al ciclo de mayor actividad solar que se presenta cada once años.
- También es importante comentar que si bien el volumen de lluvia ha permanecido más o menos estable, las precipitaciones que se registran ahora son de tipo torrencial, es decir, se precipita un gran volumen de lluvia en un tiempo muy corto. Esta situación no solamente indica un cambio en el régimen climático, sino también en el hidrológico y su repercusión más amplia se observa en la agricultura, la cual se ve afectada por periodos de sequía – lluvia – sequía, llegando a provocar inundaciones y pérdidas económicas para el productor y falta de alimentos para los consumidores.
- Con base al estudio espacial y al resultado de los mapas de isoyetas e isotermas se observa una variación en el comportamiento de la temperatura y precipitación de 1950 al año 2000; que si bien es cierto no son tan representativos en cuanto a los valores registrados en los mapas y gráficas, también es cierto que las variaciones en cuanto a temperatura por mínimas que estas sean son de gran trascendencia en la vida de cualquier región. Los resultados encontrados en los mapas numero 7 y numero 15 que corresponden a las décadas de los cincuenta y noventa respectivamente, reflejaron un aumento en la temperatura de aproximadamente 2°C en la mayor parte del área de estudio.
- Las diferencias térmicas registradas en el presente estudio, están estrechamente relacionadas con altitud de cada sitio, tipo de materiales con que están construidas las zonas urbanas y rurales, la vegetación existente, los cuerpos de agua del área; así como también de la hora del día en que se realiza el estudio y por supuesto también con la topografía.
- Los pastos también contribuyen a detener la humedad y la energía calorífica, dificultan las fuertes o rápidas irradiaciones nocturnas. Se ha demostrado que la temperatura que se encuentra entre el pasto y por debajo del mismo es más elevada que la que se mide en la capa adyacente del aire.



- Donde existe suficiente bosque la temperatura tiende a ser más baja, pero se mantiene más constante debido a que el vapor de agua crea un efecto termorregulador que evita las variaciones térmicas extremas. Mayor cantidad de bosque, por medio de la evapotranspiración mantiene el ambiente más húmedo, lo que en cierta medida, eleva las precipitaciones.
- También todos los espacios geográficos que se localizan entre los 0 y 20° de latitud norte, registran los valores de temperatura más elevados, como consecuencia de la menor inclinación de los rayos solares en estas franjas del planeta; esto puede ser otra razón que este afectando los incrementos que se obtuvieron como resultado en el área de estudio.
- Durante las dos últimas décadas crecieron notablemente las ciudades, al mismo tiempo creció el deterioro ambiental que ya había estado experimentando el área de estudio, dicho crecimiento se ha manifestado principalmente en la emisión de los gases de invernadero como un resultado del crecimiento industrial así como del parque vehicular. Estas condiciones también son un factor importante que ha propiciado las alteraciones térmicas locales de la zona.
- El crecimiento industrial y urbano que se dio en la zona y por el otro el decremento de la barrera agrícola, de la zona hidrológica y la pecuaria, se comenzó a experimentar a partir de la década de los ochenta una gran aridización, es decir la degradación de los suelos, que aunado a la deforestación y a la contaminación atmosférica, han sido los principales responsables de la alteración de los patrones del clima.
- Por otra parte la precipitación a lo largo de estas cinco décadas para la cuenca en cuestión presenta una disminución de aproximadamente 200 mm, como se indica en los mapas de los periodos 1951-1960 y 1991-2000.
- Los incrementos o decrementos de las variables que se utilizaron como parte del paisaje son los principales factores que han alterado algunos de los elementos del clima, como lo son el crecimiento de las ciudades, pues estas suelen producir cambios en el clima, la naturaleza del suelo provoca diferencias en el calentamiento de la superficie. También una proporción más elevada de pavimento y concreto con respecto a la vegetación para cualquier zona adquiere una mayor temperatura que las áreas rurales vecinas, debido a la mayor capacidad térmica y conductiva de los materiales con que esta construida, lo que permite como se dijo antes más absorción de calor. Toda esta serie de consideraciones sin duda alguna se presentan en la zona.
- También se puede concluir que existe cierto grado de aridez en la Cuenca Alta del Río Lerma, pues de acuerdo a la tendencia pluviométrica de esta zona seguirá en decremento, como hasta ahora se ha comportado. Se debe aceptar una reducción relativamente pequeña de 200 mm pero progresiva de las lluvias, tanto en cantidad como en frecuencia. Lo anterior lo explican los cambios graduales que ha sufrido el



paisaje a lo largo del periodo y hoy en día se encuentra en un proceso de adaptabilidad a estas nuevas situaciones. Tal condición deberá ser tomada en cuenta por los sistemas productivos en el área ya que se presentaron problemas agudos de déficit de agua; por lo que se tendrán que adoptar medidas preventivas en el uso de la misma, a fin de garantizar un ajuste progresivo de reducción en los volúmenes de extracción de los acuíferos, así como iniciar acciones que permitan la captación y conducción de agua desde fuentes lejanas y, también, las que permitan su reutilización.

- Otra conclusión es el cambio termopluviométrico se aprecia en el Nevado de Toluca pues la ausencia de nieve y la temperatura están íntimamente relacionadas, hace sesenta años dicho cono volcánico presentaba nieve durante siete meses al año, en la actualidad no rebasa los treinta días, la falta de nieve en este espacio geográfico no solo afecta al paisaje, sino que esta situación evidentemente afecta el régimen climatológico, al hacer menos frío y ser por tanto menos húmedo, altera al régimen hidrológico, en forma muy importante al no existir el agua de deshielo que comúnmente alimentaba a los arroyos de su entorno.
- Las políticas y acciones gubernamentales, que han originado cambios importantes en la organización del espacio rural, esto es la implementación de obras hidráulicas que con la finalidad de extraer agua del subsuelo para abastecer a la ciudad de México, inician la interrupción en el ciclo hidrológico de la Cuenca Alta del Río Lerma. Por tal motivo, el medio rural ya afectado por la instalación de industrias, registra cambios en la estructura de los usos del suelo y actividades, que realizan dentro de la zona a partir de la transformación de su ambiente natural.
- Otra conclusión son los procesos que actúan en las manifestaciones de los patrones de uso del suelo. El primero es la implantación de toda una infraestructura dedicada a complementar la zona del corredor Lerma –Toluca; esto trae como resultado una sustitución de áreas agrícolas y pecuarias por zonas urbanas. El segundo manifiesta su influencia en las zonas rurales cercanas a las lagunas Lerma, a través de cambios en las condiciones naturales y socioeconómicas.
- En el medio rural las condiciones se han modificado negativamente a partir de la extracción de agua del subsuelo, por ejemplo la pérdida o disminución de este recurso en las actividades primarias, como hábitat de especies, como fuente de alimentación o como abastecedor seguro de agua potable entre otros.
- La actividad agrícola, silvícola y pecuaria, como medio de vida de la población rural, se ve desplazada por la mancha urbana y actividad industrial tanto espacial como temporalmente. Por otro lado la extracción de agua abre posibilidades de reubicación para tal actividad en los terrenos recién desecados. Las condiciones en que se presenta esta actividad primaria tienen, por supuesto, mayores desventajas por la falta de agua, pero finalmente son una alternativa ante la presión demográfica producida por el crecimiento industrial.



- La superficie de pastizal que ha perdido extensión por el aumento de zonas industriales y de asentamientos humanos ha crecido hacia el centro de la cuenca eliminando zonas inundables y de otros usos por medio de la canalización y relleno de los terrenos.
- Finalmente se puede decir que las diferencias de temperatura y precipitación que se presentan en el periodo de estudio son el resultado principalmente de la acción del hombre, es decir las actividades que realiza cotidianamente: crecimiento de las ciudades, la deforestación, la industrialización, la desecación de cuerpos de agua, y la transformación de áreas agrícolas.

Finalmente a manera de recomendación se puede resaltar lo siguiente.

- El agua es el elemento moderador más importante del clima, por lo que es necesario conservar los mantos acuíferos, pero también los cuerpos de agua como lo son los ríos, los lagos, presas y arroyos. Las autoridades, las universidades y la sociedad deben tener en cuenta planes para fomentar una educación ambiental más profunda en las escuelas. Una sociedad instruida y atendida en sus necesidades básicas de bienestar es una sociedad sensible a la naturaleza, crítica e irreflexiva ante los problemas ambientales.
- La presente investigación puede tener una segunda parte en la cual se puedan abordar otros elementos del clima que seguramente derivado de los cambios del paisaje también han sufrido cambios.
- Buscar la posibilidad de proponer nuevas metodologías, otras hipótesis, así como también una distinta forma de trato los materiales utilizados.
- Buscar la información estadística necesaria que evite caer en los problemas que en la presente investigación, como es sabido, no existe un banco de datos climáticos confiable.
- Generar cartografía histórica que nos permita ubicar de manera espacial las variables tratadas.



BIBLIOGRAFÍA

AGUILERA CONTRERAS M. (1996) *Relaciones agua, suelo, plantas atmósfera* Universidad Autónoma de Chapingo

ALBORES ZÁRATE, Silvia. (1995). *Tules y sirenas. Impacto ecológico y cultural de la industrialización en el alto Lerma*. Toluca: El Colegio Mexiquense.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO. Atlas del estado de México, UAEMex. 1992

AYLLÓN, Teresa. (1996). *Elementos de Meteorología y Climatología.*, México, Trillas.

BACH W (1970) *An Urban Circulation*. Arch. Meteor. Geophys. Ser. B.,

BARRADAS, V. L (1986) *Microclimatic Characterization of Shaded and open-grown*

BATAILLON CLAUDE. *Las regiones geográficas en México: Siglo XXI*. México

BATAILLON, C. Y RIVIERE, H. (1973). *La ciudad de México*. Sep. Setenetas, México.

BEJAR, N y CASANOVA, H. (1970) *Historia de la industrialización del Estado de México*. Biblioteca Enciclopédica del estado de México.

BERTRAND, Georges. (1972). *La ciencia del paisaje, una ciencia diagonal*.

BERTRAND, Georges. (1968). *El Paisaje y la Geografía global*.

BORNSTEIN ROBERTO D. (1983) *Mean diurnal Circulation and Thermodynamic Evolution of Urban Boundary Layers. Paper presented at Speciality conference on Air Quality Modeling of the Nonhomogeneous Nonstationary Urban Boundary Layer*, Boston.

BRENA, J. et.al. (1981). *Geografía aplicada al proceso erosivo en la subcuenca de los orígenes del río Lerma hasta la presa José Antonio Alzate, Estado de México*. Tesis. U.A.E.M. México.

BREVER, George. (1983). *La modificación del tiempo*. Madrid: Alhambra.

BRYSON, A., y MURRAY, J. (1985). *El clima y la historia*. México: EDOMEX.

BUDEL Y WOLF. (1974). *Las investigaciones sobre el clima urbano y contaminación del aire en la republica Federal de Alemania*. Boletín No. 4 del Instituto de geografía, UNAM.



BUSTOS TREJO, Gerardo. (1981). Tendencias climáticas en tres centros urbanos de la República Mexicana. *Anuario de geografía*. México: Facultad de Filosofía y Letras. U.N.A.M.

CAMACHO CARBAJAL, Marco Antonio. (2000). *Cuantificación de la Radiación Solar Global en la Cuenca Alta del Río Lerma.*, Toluca, México: UAEM Facultad de Geografía.

CAMB, HUMBRET. (1982). *Climate, history and modern world*. Lodón. Methuen

CAPEL. (1981). *Filosofía y ciencia de la Geografía Contemporánea*. Barcelona.

CARRA NAVARRO., Juan, PEREIRA CARRASA, Jorge. (1988). *Métodos de preparación de mapas geográficos*. Universidad de la Habana.

CARRILLO, F. (1989). *Hundimientos en la ciudad de México*. S.H.C.P. México.

CERVANTES BORJA, jorge y MESA SÁNCHEZ, magdalena (1980). *Cambios climáticos y desequilibrio en la función geosistémica en el área de Torreón, México*. Anuario de Geografía. México: Facultad de Filosofía y Letras, U.N.A.M.

CIENCIA y DESARROLLO (1991) *Publicación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología*. (CONACYT). México, D.F.

CLAVAL. (1974). *Geografía social y Geografía del paisaje*. Universidad de Santander. España

COLIN BERNAL, Diana y LOPEZ FRAZCO, Abel (1990). *Efectos de la urbanización sobre elementos del clima en la ciudad de Toluca y el corredor Industrial*. Tesis de licenciatura, Facultad de geografía. UAEMex.

CONTRERAS DOMINGUEZ, Wilfrido. (1989). *Situación Actual y Perspectivas de los Recursos Forestales, Suelo y Agua de la Región Valle de Toluca*. México: UAEM Escuela de Planeación Urbana Regional.

CHANDLER, T.J. (1976) *Urban Climatology and its relevance to urban design*. Tech. Note. No. 149 OMM No. 438 Organización Meteorológica Mundial. Ginebra

CHISHOLM, (1970). *Rural Settlement and land Use. An Essay in Location*. Hutchinson.

CHOW, J. C, Watson, J.G.y Chaung, C.Y. (1983). *Air Pollution in the republic of China (Taiwan)*. J. Air Poll Control ass.

DELGADO MARTINEZ, Paulino. (2001). *Diagnostico de estaciones meteorológicas del Curso Alto del Río Lerma, Estado de México*. Toluca: Facultad de Geografía, U.A.E.M.



- DOLFUS, Oliver. (1978). *El espacio Geográfico*. Segunda edición. Editorial oikos-tau, Barcelona
- DONN WILLIAM, L. (1978). *Meteorología*. Editorial Reverte, Barcelona. España
- E. LE ROY LADURIE. (1983). *Las fluctuaciones climáticas*. París. Francia
- ERICKSON JHON (1991) *Las tormentas.*: Editorial Ml. Graw Hill Madrid. España
- FAO. (1990). *Los Recursos Naturales y el Medio Humano para la Agricultura y la alimentación*. Roma. Italia.
- FLORES E. (1991) *Tratado de economía agrícola*, Editorial Fondo de Cultura Económica. México.
- GARCÍA DE MIRANDA, Enriqueta. (1977). *Apuntes de climatología*. México: Instituto de Geografía. UNAM.
- GARCÍA, DE MIRANDA Enriqueta. (1988). *Modificaciones al sistema de clasificación de Koppen*. México.
- GEIGER (1965) *The climate, near the ground*, Harvard Univ. Press.
- GEORGE, Pierre. (1980). *Geografía Activa*. Ariel. Barcelona. España
- GERHARD, P. (1972). *Aguide to the historical geography of the new Spain*. Cambridge University press. New York.
- Gobierno del Estado de México, (1982). Carta Hidrológica de aguas superficiales Esc: 1:250 000.
- GÓMEZ ROJAS, Juan Carlos. (1985). *Primer Reunión Nacional de Agroclimatología*. Memoria. Colegio de Geografía. UNAM. México.
- GÓMEZ ROJAS, Juan Carlos. (1994). Cambio Climático Global. *Revista Geoboletín de la Facultad de Geografía*, U.A.E.M., México. No. 14.
- GONZALEZ R. (1981) *Las transformaciones del espacio geográfico en la zona del pueblo de Lerma*, Estado de México. UNAM.
- GRAEDEL THOMAS E. y CRUTZEN, PAUL J. (1989) *Una atmosfera cambiante*. Investigación y ciencia. Numero 158. España,
- GRIBBIN J (1986) *El clima del futuro* Biblioteca Científica Salvat, Barcelona



GRIFFITHS F. J (1985). *Climatología Aplicada*. Editorial Publicaciones Cultural

GUEVARA DIAZ J. M. (1988). *Meteorología* Ed. CDC

HENDERSON SELLERS (1990) *Introducción a los métodos climáticos*. Barcelona Editorial Omega

HERNANDEZ ROMERO, Julio Cesar. (2002). *Contaminación atmosférica en la ciudad de Toluca*. México: Facultad de Geografía, U.A.E.M.

INEGI Censo económico

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. (INEGI). Carta edafológica Esc. 1:250 000, Ciudad de México. 1982

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. (INEGI). Carta Edafológica Esc. 1:50 00 Clave E14A48, Toluca de Lerdo. 1982

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. (INEGI). Carta Geológica Esc. 1:50 00 Clave E14A48, Toluca de Lerdo. 1982

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. (INEGI). Carta Topográfica Esc. 1:50 00 Clave E14A48, Toluca de Lerdo. 1982

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. (INEGI). Carta Uso del Suelo Esc. 1:50 00 Clave E14A48, Toluca de Lerdo. 1982

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. (INEGI). VI Censo Agrícola y Ganadero y ejidal, 1980. Resumen general, resultados muestrales a nivel nacional y por entidad federativa.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. (INEGI). VII Censo Agrícola y Ganadero. México, resultados definitivos, Tomo I, 1990.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. (INEGI). VII Censo general de población y vivienda 1950

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. (INEGI). VIII Censo general de población y vivienda 1960

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. (INEGI). IX Censo general de población y vivienda 1970

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. (INEGI). X Censo general de población y vivienda 1980



Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. (INEGI). XI Censo general de población y vivienda 1990

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. (INEGI). XII Censo general de población y vivienda 2000.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. (INEGI). XIV Censo industrial, XI censo de servicios y Económico. 1980, 1990 y 2000.

INSTITUTO DE GEOGRAFIA (1981) *Boletín No. 11*, México, D. F. UNAM.

INSTITUTO DE GEOGRAFIA. (1989). *Boletín No. 20*. México, D. F. UNAM.

JÁUREGUI OSTOS E. (1970) (1977) *Isla de calor en Toluca*. Boletín del Instituto de Geografía, México UNAM.

JÁUREGUI OSTOS E. (1974) *Mesomicroclima en la ciudad de México*. Rev. Recursos Hidráulicos. Boletín No. 9 Instituto de Geografía, UNAM.

JONES PHILIP (1992) *El clima de los últimos mil años*. Mundo Científico. Barcelona Vol.10.

JUILLARD. (1962). Región: *Essai de definition, annals de Geographic*. Artículo traducido al español.

KENNETH E. F. W. (1992) *La ciencia del Medio ambiente*. Barcelona, Salvat.

LANDSBERG H. E (1969) *World survey of Climatology*, Amsterdam E.

LOWRY P. W. (1989). *Weather and Life*. Academic Press.

LLOYD y DICKEN (1972) *Location in Space: a Theoretical approach to economic. Geography*. Harper and row Publishers. New York.

MACGUFFIE and HENDERSONS. (1990). *Introducción a los Modelos Climáticos* . Barcelona. Omega.

MADEREY R. Laura Elena. (1982). *Geografía de la Atmósfera*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.

MAHONEY J., R y SPENGLER J. D. (1975). *Meteorological Content of Environmental Impact Assessments, en Haugen, D.A. lectures on Air Pollution an Environmental Impact Analyses*. Amer. Meteor. Soc., Boston.

MARTIN VIDE, Javier. (1991). *Fundamentos de Climatología Analítica*. Madrid, España: Síntesis.



MARTINEZ CALDERON, Yolanda I. (1993). *La Evolución de la Superficie de las Lagunas de Lerma y sus Principales Repercusiones Físicas, Biológicas y Humanas*. Toluca, México: UAEM Facultad de Geografía.

MASKIEY A. (1993). *La vulnerabilidad global*. Cared. Colombia.

MAUNDER, J. (1990). *El impacto humano sobre el clima*, Madrid España.

MILLER A. A. (1975). *Climatología* Ed. Omega

MOLINA IBAÑEZ Mercedes. (1982) *Paisaje y Región*. Universidad de Alcalá henares. Barcelona.

MONTES, A. y RIVERA, M. (1987). El crecimiento en los ejidos del Distrito federal., en revista de economía vol. 30 No. 6.

MORALES MÉNDEZ, Carlos Constantino. (1993). *Diferencias climáticas en la ciudad de Toluca*. Memoria del primer Coloquio Geográfico sobre América Latina, y IX Simposio Mexicano-Polaco, Facultad de geografía. UAEM.

MORALES MÉNDEZ, Carlos Constantino. (2001). Evolución climática de la ciudad de Toluca, Estado de México. Anuario Estadístico No. 1 Facultad de Geografía, UAEM.

MORALES MÉNDEZ, Carlos Constantino. (2002). *Variaciones Climáticas en la Tierra*. México, D. F. UNAM. Tesis.

MOSSER F. (1962) *Descripción de la cuenca de México*. Memoria de la obras del sistema de drenaje profundo del D. F., México, Gobierno Federal.

Organización de Estados Americanos (OEA). Secretaria ejecutiva para asuntos económicos y sociales. (1990). *Desastres, planificación y Desarrollo*. O.E.A. Washington. D.C.

Organización de las Naciones Unidas (ONU) (1990). *Los Recursos Hidrológicos de América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile.

Observatorio Meteorológico Nacional, Datos climatológicos del estado de México.

Observatorio Meteorológico de la Universidad Autónoma del Estado de México., Datos climatológicos del estado de México.

ORGANILLA C. Elia. (1992). *Análisis de riesgos y recursos*. CENAPRED.

OROZCO HERNÁNDEZ Estela (1991). *Marco teórico. Valle del Mezquital: Análisis de la organización espacial – productiva del sector agrícola y su ámbito regional*. Tesis de maestría.



ORTIZ P. (1995) *Algunos conceptos y criterios de clasificación de los medios lacustres*: Anuario de Geografía Vol. V. UNAM.

OTAOLA, A. Javier. Et.al. (1993). *El sol y la tierra: una relación tormentosa*. Fondo de cultura Económica. México.

RODRÍGUEZ, J. Mateo. (1984). *Apuntes de Geografía de los Paisajes*. Habana Cuba.

RODRÍGUEZ TORIZ F. (1984) *Elementos del escurrimiento superficial* UACH

ROMERO QUIROZ J. (1979) *La ciudad de Lerma*. H. Ayuntamiento de Lerma.

ROSENDO FRANCISCO Juana (1997) *Diferencias Climáticas entre el Centro de la Ciudad de Toluca y Áreas Adyacentes*, Toluca, México: UAEM Facultad de Geografía.

SADOURNY, R. (1993). *El hombre ¿modifica el clima?*, Mundo científico. Barcelona España. Vol.12. No. 126.

SÁNCHEZ, C. (1991). *El estado de México: su historia, su ambiente, sus recursos*. Tomo I Agrícola mexicana.

Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos SARH. (1988). *Estimación de la anomalía probable en la precipitación anual de la Republica Mexicana*. OMN. México D.F.

Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos SARH. (1996). *Plan Lerma*. Asistencia técnica. Meteorología. Boletín No. 1 México, D.F.

Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos SARH. (1982). *Normales Climatológicas*. Dirección del Servicio Meteorológico nacional. México D.F.

SCHNEIDER, STEPHEN. (1993). El efecto de invernadero. Mundo científico, Barcelona España. Vol. 13. No. 129.

SECRETARÍA de GOBERNACIÓN. (1994). *Atlas Nacional de Riesgos*. México, D. F.

Secretaria de Industria y Comercio, Dirección general de estadística. IV Censo Agrícola, Ganadero y Ejidal, 1960, Estado de México, México D.F. 1965.

Secretaria de Programación y Presupuesto SPP. Síntesis geográfica del Estado de México 1981.

SOTO MORA, Consuelo y ERNESTO JÁUREGUI O. (1973). *frecuencia y distribución de algunos elementos del clima del estado de Querétaro*. Boletín No. 3. Instituto de Geografía, UNAM.



SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIO Y CONSULTA DEL TERRITORIO ESTATAL,
(SECTE) Uso del suelo, Gobierno del estado de México, 1960

TRICART J. (1981). *La tierra Planeta viviente*. Akal editores, Madrid, España

TROITIÑO VINUESA, Miguel Ángel. (1982). *Geografía y ordenación de territorio*: Madrid.. Universidad complutense.

TROLL, C. (1976). *Paisaje y Ecología*. ITC-UNESCO.

TROLL, C. (1971). *El paisaje geográfico* Estudio general Vol. 3

TROLL, C. (1971). *La Geocología y la diferenciación a escala planetaria de los ecosistemas de alta montaña*. Traducción de J. J. Sanz Donarie. 1973.

TUDELA, Fernando. (1982). *Ecodiseño*. Universidad Autónoma Metropolitana de Xochimilco. México.

TUNTAWIRDON N. Y. (1984) Samootsakorn P. Bangkok-a city to burst Mazingira

UNIKEL, L (1996). *Ensayo sobre una nueva clasificación de población rural y urbana en México*. En Demografía y Economía. Vol. 2, Num. 1. El Colegio de México. V Censos Agrícola, Ganadero y Ejidal. Dirección General de Estadística, Estado de México, México, 1975.

VAZQUEZ, P. (1983). *Evolución especial de la industria en Querétaro de 1950-1980*. Tesis U.N.A.M.

VELAZQUEZ TORRES David. (1980). *El Valle de Toluca, asentamientos humanos*. Toluca: Universidad Autónoma del Estado de México.

VIDAL BELLO, Juan (1977). *Algunos aspectos de la climatología agrícola del Estado de México*. Tesis de licenciatura. Escuela de Geografía, U.A.E.M.

VIERS GEORGES (1981). *Climatología*. Barcelona. Oikos-Tau.

VIERS. G. (1975). *Elements de Climatologie, Nathan*. Paris, 1968. Trad. Castellana climatología. Oikos-Tau. Ediciones. Vilassar de Mar-Barcelona.

VIVO E. JORGE A. (1945). *Geografía Económica y Humana*. Herrero. México.

VIZCAINO MURRAY, Francisco. (1987). *La Contaminación en México*. México: Fondo de Cultura Económica.



VON THUNEN. (1983). *Agricultural Land Rent: A geographical model*, in WARNTZ y WOLFF. *Breakthroughs in Geography*. Plume Books New York,

W.E.K. MDOLETON and F. G. MILLAR, J. ROY. Astron Soc; Canada.

W. HAMMOND y F. W. DUNKEL (1971). *Mesomicroclima de la Ciudad de México*. U.N.A.M. Instituto de Geografía.

W. SCHMIDT (1974). *Las investigaciones sobre clima urbano y contaminación del aire en la Republica Federal de Alemania*. Boletín No. 4 del Instituto de Geografía, U.N.A.M.

ZEPEDA VIDAL, Rosalía. (1980). *Algunas relaciones clima-cultivos en el Estado de Morelos*. Universidad Nacional Autónoma de México.



GLOSARIO

Finalmente, se agrega a la investigación una serie de palabras que no son tan comunes en la sociedad, esto con la finalidad de facilitar el entendimiento y la fácil comprensión del texto, el contenido esta en orden alfabético, la fuente de los términos fue extraído de diferentes documentos científicos.

AGUA: Líquido constituido por dos moléculas de hidrógeno y una de oxígeno que en grandes cantidades presentan un color azulado, pero de contrario es incoloro, e inodoro e insípido.

AIRE: Sustancia gaseosa de la atmósfera.

ALISIOS: Vientos persistentes, del nordeste en el hemisferio norte y del sureste en el hemisferio sur que soplan en los niveles mas bajos de la atmósfera en latitudes próximas al ecuador.

ALTITUD: Distancia vertical de un punto de la superficie terrestre en relación con el nivel del mar.

AÑO: Medida de tiempo relacionado con la revolución de un astro alrededor del sol.

ATMÓSFERA: Es una capa gaseosa que envuelve a la tierra y la acompaña en sus movimientos de rotación y traslación.

BARLOVENTO: Cara frontal de una montaña o elevación donde pegan los vientos cargados de humedad.

BOSQUE: Espacio extenso poblado de árboles. Aparece de forma natural de allí donde su presencia no se ve impedida por los fríos, la aridez, el viento, el agua, las condiciones edáficas desfavorables y un periodo de vegetación demasiado corto.

CÁLIDO: Referente a vientos, climas, corrientes, con relativa alta temperatura.

CALOR: Es la cantidad de energía térmica que un cuerpo posee en un instante dado y tiene la capacidad de efectuar un trabajo mecánica. El calor de un cuerpo depende cuantitativamente de su nivel térmico (temperatura) de su cantidad de material (masa) y de su capacidad de almacenar energía en forma térmica (dependiendo de la naturaleza del cuerpo).

CAMBIO CLIMÁTICO: Los cambios del clima que tiene lugar durante espacios del tiempo geológico pueden afectar a una región o a toda la tierra.

CICLO HIDROLÓGICO: Proceso por el que el agua atmosférica proviene de la superficie de la tierra por evaporación desde los océanos y otras aguas superficiales y por la



transpiración de las plantas a menudo es transportada a grandes distancias en forma de nubes y regresa a la superficie como lluvia, nieve o granizo.

CLIMA: Es la suma de los fenómenos atmosféricos de un determinado lugar y espacio en un lapso mayor de 15 años. Es el registro de información ambiental del pasado para determinar normas y características significativas de las condiciones de un espacio específico.

CLIMAS CALIDOS: Su temperatura media anual rebasa los 21° C.

- Clima ecuatorial: Presenta lluvias constantes
- Clima tropical: Con una época seca en invierno
- Clima monzonico: Presenta verano lluvioso e invierno casi seco.

CLIMAS FRIOS: Su temperatura media anual es inferior a los 10° C.

- Clima continental frío: Con invierno muy largo y seis o mas meses con temperaturas inferiores a 10 ° C.
- Clima polar: Sin verano. Es propio de los círculos polares, todo el año presenta temperaturas inferiores a los 10 ° C.

CLIMATOLOGÍA: Ciencia que estudia el clima de la tierra; constituye una parte general de la geografía general y de la meteorología.

CONDENSACIÓN: Paso del vapor de agua atmosférico al estado liquido. La condensación del vapor acuoso del aire se produce al enfriarse este, si esta saturado de humedad o próximo a la saturación; también depende de la depresión atmosférica. En la atmósfera, la condensación esta asociada con la formación de nubes, niebla y/o precipitación.

CONTAMINACIÓN ATMOSFERICA: Enrarecimiento del aire debido a impurezas que en el se encuentran, debido sobre todo al trafico, industria, chimeneas de las casas, de las fabricas etcétera.

CONTINENTALIDAD: Fenómeno en donde las masas continentales se enfrían y calientan con rapidez, con lo cual las masas de aire en contacto con ellas también cambian de temperatura con brusquedad, extremándose de este modo a las temperaturas. Conjunto de factores meteorológicos que caracterizan el clima continental.

CUENCA: se entiende por cuenca hidrográfica la superficie de terreno cuya escorrentía superficial fluye en su totalidad a través de una serie de corrientes, ríos y eventualmente lagos hacia el mar por una única desembocadura, estuario o delta.

CUENCA HIDROGRÁFICA: Unidad natural definida por la existencia de la divisoria de las aguas en un territorio dado. Las cuencas hidrográficas son unidades morfográficas superficiales. Sus límites quedan establecidos por la divisoria geográfica principal de las aguas de las precipitaciones; también conocido como "parteaguas". El parteaguas, teóricamente, es una línea imaginaria que une los puntos de máximo valor de altura relativa



entre dos laderas adyacentes pero de exposición opuesta; desde la parte más alta de la cuenca hasta su punto de emisión, en la zona hipsométricamente más baja. Al interior de las cuencas se pueden delimitar subcuencas o cuencas de orden inferior. Las divisorias que delimitan las subcuencas se conocen como parteaguas secundarios.

EFFECTO INVERNADERO: Término para designar al hecho de que la radiación de onda corta puede pasar fácilmente a través de la atmósfera hasta la superficie terrestre, mientras que una parte del calor resultante es retenido en la atmósfera por que las ondas largas se reflejan hacia el exterior y no pueden penetrar tan fácilmente en la atmósfera, en especial cuando hay una cobertura de nubes, por esto las heladas mas fuertes tiene generalmente lugar en las noches claras de invierno, cuando la radiación es mas elevada; sin embargo, en las noches nubladas son poco probables. De esta forma la atmósfera, y en particular si existe una capa de nubes, actúa como los cristales de los invernaderos.

ELEMENTOS CLIMÁTICOS: Fenómenos meteorológicos en parte dependientes unos de otros que, unidos a los factores climáticos determinan el clima de un lugar.

ELEMENTOS DEL TIEMPO Y DEL CLIMA: Son las propiedades físicas de la atmósfera como la temperatura, precipitación, humedad, dirección y fuerza del viento presión atmosférica, nubosidad, radiación solar y visibilidad.

ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA: Instalación con instrumentos que proporcionan datos básicos de observaciones a determinadas horas, mediante un resumen climatológico diario.

EVAPORACIÓN: Proceso físico por medio el cual el agua se convierte en vapor de agua bien sea una superficie líquida del suelo húmedo o la nieve.

EVAPOTRANSPIRACIÓN: Es la suma de cantidades de agua evaporada por el suelo y transpirada por las plantas

FACTORES CLIMÁTICOS: Factores que conjuntamente con los elementos climáticos o del clima de una región determinan el clima de una región. Modifican los elementos del clima de un lugar a otro y de una estación a otra y son a saber latitud altitud relieve distribución de tierras y estación de l año etcétera.

GEOSISTEMA. Conjunto de entidades bióticas (biosfera), abióticas (litosfera, atmósfera e hidrosfera) y antrópicas (sociedad), entre las cuales se producen permanentes interrelaciones que originan cambios cualitativos y cuantitativos que caracterizan finalmente la estructura terrestre.

GRADO: Unidad de temperatura de cualquiera de las escalas termométricas

GRADO CENTÍGRADO: Es la centésima parte del intervalo que separa la temperatura de licuefacción del hielo de la temperatura de ebullición del agua pura del nivel del mar



GRAFICAS DE TEMPERATURA: Es la manera de representar temperaturas diarias mensuales o anuales, en el eje x se expone el periodo de tiempo día mes año y en el eje y las temperaturas (diarias mensuales anuales) etcétera

HELADA: Descenso de temperatura por debajo de la 0C condensación de vapor de agua directamente sobre la superficie terrestre del suelo a menos 0C

HEMISFERIO: Mitad de la superficie de la esfera dividido por un círculo máximo de preferencia el ecuador o un meridiano

HIDROLÓGICA: Parte de las ciencias naturales que trata de las aguas (del hielo) sobre y bajo la superficie de la tierra

HUMEDAD: Dicese del contenido de agua existente en la atmósfera en forma de vapor de agua

HUMEDAD ATMOSFÉRICA: Se define como la cantidad de vapor de agua existente en la atmósfera o el aire de una determinada temperatura

IMPACTO AMBIENTAL. Es cualquier alteración de las propiedades físicas, químicas y biológicas del medio ambiente, causada por cualquier forma de materia o energía resultante de actividades humanas que directa o indirectamente afecten

INSOLACIÓN: Numero de horas y décimas durante las cuales el sol brilla en un lugar es la irradiación y duración de la radiación solar

INVERSIÓN TÉRMICA: Situación en la que el descenso de temperatura al aumentar la altitud queda invertida y el aire a moderada altura es mas caliente que el nivel del suelo cuando esto ocurre sobre una ciudad las poluciones (humos) quedan atrapados vació la capa invasora.

ISOTERMAS: Líneas que unen puntos de igual temperatura

ISOYETA: Representación cartográfica de las precipitaciones acuosas que efectúan haciendo pasar líneas por los puntos que reciben igual cantidad

LATITUD: Distancia de un lugar considerado hasta el ecuador, medida en grados puede ser considerada de norte a sur

LONGITUD: Distancia angular entre un lugar cualquiera de la superficie terrestre y el meridiano de origen medida en grados puede ser oriental y occidental

LLUVIA: Fenómeno atmosférico que en ciertas condiciones varias gotitas pueden reunirse y formar una gota suficiente voluminosa (entre poco menos de 2 y poco mas de 1mm de diámetro) que cae.



MAPAS CLIMÁTICOS: La mayoría generaliza las observaciones puntuales realizadas en un territorio determinando trazando curvas de valores iguales o isopletas.

METEOROLOGÍA: Ciencia que se encarga del estudio de la atmósfera terrestre incluyendo los procesos y fenómenos que ocurren en ella así como sus efectos sobre la superficie de la tierra y los organismos que lo habitan.

MEDIO AMBIENTE. conjunto de elementos abióticos (energía solar, suelo, agua y aire) y bióticos (organismos vivos) que integran la delgada capa de la Tierra llamada biosfera, sustento y hogar de los seres vivos

MICROCLIMA: Clima de los alrededores inmediatos de algún fenómeno de la superficie terrestre, en particular alrededor de los grupos de plantas.

NUBE: Masa de gotitas de agua, en alturas mayores de cristales de hielo en suspensión de la atmósfera, originada por condensación o sublimación.

NUBOSIDAD: Es la cantidad de nubes en un momento dado o bien por la porción del cielo cubierto por nubes. Su estimación se efectúa desde un lugar abierto donde puede observarse totalmente la bóveda celeste. Para medir la nubosidad se supone el cielo dividido en cuartos, octavos o decimos, siendo la forma mas usada la de los octavos.

OCÉANO: Masa total de agua salada que cubre el 70.8% de la superficie del globo terrestre.

OSCILACIÓN ATMOSFÉRICA: Diferencia (en grados) entre la temperatura máxima y la mínima de un día, un mes o un año. También se le conoce como oscilación térmica y trae como resultado el régimen térmico aunado la temperatura media normal.

PAISAJE. Se entiende por paisaje, a cualquier parte del territorio, tal y como la colectividad lo percibe, cuyo carácter resulta de la acción de factores naturales o humanos y de sus interrelaciones

PAISAJE NATURAL. Conjunto de caracteres físicos visibles de un lugar que no ha sido modificado por el hombre.

PRECIPITACIÓN: Caída de la humedad atmosférica condensada en gotas o congelada en formas de cristales. Altura en milímetros que alcanza en el pluviómetro el agua precipitada.

PRECIPITACIÓN ANUAL: Es la suma de las precipitaciones diarias durante un año o la suma de las precipitaciones mensuales.

PRESIÓN ATMOSFÉRICA: Fuerza o presión estática que ejerce la atmósfera terrestre sobre cada unidad de la superficie y va disminuyendo con la altura.



RADIACIÓN: proceso físico por medio del cual se trasmite energía en forma de ondas magnéticas que viajan a la velocidad de la luz. No se requiere de algún medio para su propagación en forma de onda corta.

RADIACIÓN SOLAR: Es la propagación de la energía en forma de ondas electromagnéticas emitidas por cualquier cuerpo (en este caso del sol) con temperaturas superiores del cero absoluto.

RÉGIMEN PLUVIIMÉTRICO: Oscilaciones que muestran el total mensual de precipitaciones a lo largo de un año.

RÉGIMEN TÉRMICO: Son las variaciones que experimentan las temperaturas medias a mensuales a lo largo del año.

RELIEVE: Conjunto de formas estructurales y accidentes, que constituyen la parte más superficial de la corteza terrestre.

RESUMIDERO. Conducto por el que desaguan las aguas residuales o de lluvia.

RÍO: Corriente de agua continúa durante todo el año, o solo en determinadas épocas, que llega al mar, a otro río (afluente) a un lago, o se pierde en el terreno (endorreicos)

SEQUÍA: Es un periodo de tiempo anormal seco, de duración suficiente para que se presente un grave desequilibrio hidrológico, como daños en cultivos, escasez de agua, etc. Dentro del área afectada.

SOL: Estrella alrededor de la cual gravitan la tierra y los planetas, así como sus respectivos satélites, cometas, asteroides, etc.

SOTAVENTO: Parte de la elevación donde los vientos no pegan y por tanto hay escasez de humedad.

TEMPERATURA: Es la medida de la agitación de las moléculas del cuerpo o intensidad de calor, y también puede definirse como un número medido a escala.

TEMPERATURA MÁXIMA.- medida aritmética de los promedios mas intensos de temperatura obtenidos mensual y anualmente durante el número de años con datos.

TEMPERATURA MEDIA AUAL: Promedio de las temperaturas mensuales. se obtiene sumando la temperatura de cada mes del año y dividiendo entre 12 , que es el número de meses del año.



TEMPERATURA MEDIA MENSUAL: Promedio de las temperaturas medias. se obtiene sumando las temperaturas de cada uno de los días y dividiendo entre el número de días del mes.

TEMPERATURA MÍNIMA: Media aritmética de los promedios más bajos de la temperatura, registrados mensual y anualmente durante los años con estadística.

TERMÓMETRO: Es el instrumento meteorológico para medir la temperatura.

TIEMPO: Término que denota la combinación de procesos naturales que ocurren en la atmósfera.

TIEMPO ATMOSFÉRICO: Es el estudio de la atmósfera que se da en un determinado momento y lugar.

VAPOR DE AGUA: Es el resultado por el cual el agua en su estado líquido pasa a estado gaseoso. Es un gas invisible e inodoro, que se hace visible al condensar bajo la forma de rocío, nubes, escarcha, etc.

VALLE. Depresiones entre montañas o rodeadas por estas, generalmente tienen corrientes de agua. Por lo anterior son ideales para asentamientos humanos.

VIENTO: Es el movimiento del aire, generalmente en sentido horizontal.

ZONA: Región limitada por isobaras o por curvas indicadoras de algún elemento del tiempo y, por ejemplo, puede tratarse de una zona de altas presiones (anticiclón)

ZONA FRÍA: También se le conoce como zona glaciaria o casquetes polares pues el hielo es permanente y va desde los 66° 33 hasta los 90° norte y sur. El frío es intenso durante todo el año a causa de la poca elevación del sol sobre el horizonte y por largas noches de invierno que en algunos lugares duran hasta seis meses.

ZONAS CLIMÁTICAS: Áreas donde la combinación de temperatura lluvias y algunos otros fenómenos meteorológicos dan lugar a una gran variedad de situaciones climáticas en la superficie terrestre pero la mayor o menor homogeneidad de estos fenómenos combinados a escala espacial y temporal permite el establecimiento de zonas afectadas por situaciones atmosféricas simultáneas con características similares.



ANEXOS

PROMEDIOS DE PRECIPITACIÓN POR DÉCADA DE LAS ESTACIONES CLIMATICAS.

1. HACIENDA "Y "

51-60	801.00
61-70	891.80
71-80	871.80
81-90	958.00
91-00	880.65

2. HIXQUILUCAN

51-60	971.60
61-70	1101.00
71-80	1143.00
81-90	1197.00
91-00	1103.15

3. JOQUICINGO

51-60	1318.00
61-70	1139.00
71-80	1167.00
81-90	970.40
91-00	1148.60

4. LERMA

51-60	831.50
61-70	891.90
71-80	857.40
81-90	788.10
91-00	824.23

5. MIMIAPAN

51-60	982.30
61-70	1034.00
71-80	1070.00
81-90	1051.00
91-00	1034.33

6.SANTIAGO TIANGUISTENCO

51-60	1047.00
61-70	1046.00
71-80	902.30
81-90	813.00
91-00	952.08

7. TOLUCA

51-60	785.60
61-70	657.50
71-80	534.30
81-90	685.70
91-00	665.78

8. ATARASQUILLO

51-60	860.50
61-70	931.70
71-80	873.20
81-90	776.20
91-00	860.40

9. LA MARQUESA

51-60	1315.00
61-70	1641.00
71-80	1163.00
81-90	776.00
91-00	1317.25

10. TENANGO DEL VALLE

51-60	720.33
61-70	797.80
71-80	799.50
81-90	572.70
91-00	722.58



11. ALMOLOYA DEL RIO

51-60	1025.00
61-70	1004.00
71-80	1057.00
81-90	1284.00
91-00	1092.50

12. NEVADO DE TOLUCA

51-60	1180.00
61-70	1234.00
71-80	1241.00
81-90	1068.00
91-00	1180.75

13. EL CAPULIN XALATLACO

51-60	787.50
61-70	846.90
71-80	808.00
81-90	707.90
91-00	787.58

14. ATOTONILCO

51-60	861.00
61-70	921.80
71-80	812.80
81-90	849.40
91-00	861.25

15. TEMOAYA

51-60	919.40
61-70	946.60
71-80	857.20
81-90	851.80
91-00	1022.00

16. SN. FRANCISCO TLALCILALCALPAN

51-60	745.00
61-70	774.50
71-80	734.40
81-90	726.40
91-00	745.08

17. JIQIPILCO

51-60	916.23
61-70	1007.00
71-80	885.70
81-90	849.40
91-00	922.80



PROMEDIOS DE TEMPERATURA POR DECADA DE LAS ESTACIONES CLIMATICAS.

1. HACIENDA "Y"

51-60	12.30
61-70	12.80
71-80	12.60
81-90	12.70
91-00	12.60

2. HIXQUILUCAN

51-60	13.70
61-70	13.60
71-80	13.70
81-90	13.80
91-00	13.70

3. JOQUICINGO

51-60	14.40
61-70	12.50
71-80	12.10
81-90	13.00
91-00	13.00

4. LERMA

51-60	13.00
61-70	12.30
71-80	12.50
81-90	10.90
91-00	12.18

5. MIMIAPAN

51-60	13.80
61-70	12.80
71-80	13.10
81-90	13.10
91-00	13.10

6. SANTIAGO TIANGUISTENCO

51-60	13.41
61-70	14.00
71-80	12.50
81-90	12.70
91-00	13.15

7. TOLUCA

51-60	11.80
61-70	12.50
71-80	13.10
81-90	13.50
91-00	13.95

8. ATARASQUILLO

51-60	12.78
61-70	12.90
71-80	13.90
81-90	12.00
91-00	12.90

9. LA MARQUESA

51-60	9.50
61-70	10.00
71-80	7.80
81-90	9.90
91-00	9.30

10. TENANGO DEL VALLE

51-60	12.20
61-70	12.60
71-80	12.30
81-90	11.80
91-00	12.23



11. ALMOLOYA DEL RIO

51-60	12.30
61-70	12.60
71-80	11.50
81-90	11.50
91-00	11.98

12. NEVADO DE TOLUCA

51-60	3.50
61-70	4.30
71-80	3.60
81-90	3.40
91-00	3.70

13. EL CAPULIN XALATLACO

51-60	11.98
61-70	12.40
71-80	12.90
81-90	12.90
91-00	12.54

14. ATOTONILCO

51-60	13.48
61-70	13.70
71-80	13.50
81-90	13.00
91-00	13.42

15. TEMOAYA

51-60	13.43
61-70	13.40
71-80	13.50
81-90	13.50
91-00	13.30

16. SN. FRANCISCO TLALCILALCALPAN

51-60	13.58
61-70	13.60
71-80	13.70
81-90	13.60
91-00	13.62

17. JIQIPILCO

51-60	12.48
61-70	11.60
71-80	13.00
81-90	13.80
91-00	12.95



BIBLIOGRAFÍA

AGUILERA CONTRERAS M. (1996) *Relaciones agua, suelo, plantas atmósfera* Universidad Autónoma de Chapingo

ALBORES ZÁRATE, Silvia. (1995). *Tules y sirenas. Impacto ecológico y cultural de la industrialización en el alto Lerma*. Toluca: El Colegio Mexiquense.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO. Atlas del estado de México, UAEMex. 1992

AYLLÓN, Teresa. (1996). *Elementos de Meteorología y Climatología.*, México, Trillas.

BACH W (1970) *An Urban Circulation*. Arch. Meteor. Geophys. Ser. B.,

BARRADAS, V. L (1986) *Microclimatic Characterization of Shaded and open-grown*

BATAILLON CLAUDE. *Las regiones geográficas en México: Siglo XXI*. México

BATAILLON, C. Y RIVIERE, H. (1973). *La ciudad de México*. Sep. Setenetas, México.

BEJAR, N y CASANOVA, H. (1970) *Historia de la industrialización del Estado de México*. Biblioteca Enciclopédica del estado de México.

BERTRAND, Georges. (1972). *La ciencia del paisaje, una ciencia diagonal*.

BERTRAND, Georges. (1968). *El Paisaje y la Geografía global*.

BORNSTEIN ROBERTO D. (1983) *Mean diurnal Circulation and Thermodynamic Evolution of Urban Boundary Layers. Paper presented at Speciality conference on Air Quality Modelng of the Nonhomogeneous Nostationary Urban Boundary Layer*, Boston.

BRENA, J. et.al. (1981). *Geografía aplicada al proceso erosivo en la subcuenca de los orígenes del río Lerma hasta la presa José Antonio Alzate, Estado de México*. Tesis. U.A.E.M. México.

BREVER, George. (1983). *La modificación del tiempo*. Madrid: Alhambra.

BRYSON, A., y MURRAY, J. (1985). *El clima y la historia*. México: EDOMEX.

BUDEL Y WOLF. (1974). *Las investigaciones sobre el clima urbano y contaminación del aire en la republica Federal de Alemania*. Boletín No. 4 del Instituto de geografía, UNAM.



BUSTOS TREJO, Gerardo. (1981). Tendencias climáticas en tres centros urbanos de la República Mexicana. *Anuario de geografía*. México: Facultad de Filosofía y Letras. U.N.A.M.

CAMACHO CARBAJAL, Marco Antonio. (2000). *Cuantificación de la Radiación Solar Global en la Cuenca Alta del Río Lerma.*, Toluca, México: UAEM Facultad de Geografía.

CAMB, HUMBRET. (1982). *Climate, history and modern world*. Lodón. Methuen

CAPEL. (1981). *Filosofía y ciencia de la Geografía Contemporánea*. Barcelona.

CARRA NAVARRO., Juan, PEREIRA CARRASA, Jorge. (1988). *Métodos de preparación de mapas geográficos*. Universidad de la Habana.

CARRILLO, F. (1989). *Hundimientos en la ciudad de México*. S.H.C.P. México.

CERVANTES BORJA, jorge y MESA SÁNCHEZ, magdalena (1980). *Cambios climáticos y desequilibrio en la función geosistémica en el área de Torreón, México*. Anuario de Geografía. México: Facultad de Filosofía y Letras, U.N.A.M.

CIENCIA y DESARROLLO (1991) *Publicación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología*. (CONACYT). México, D.F.

CLAVAL. (1974). *Geografía social y Geografía del paisaje*. Universidad de Santander. España

COLIN BERNAL, Diana y LOPEZ FRAZCO, Abel (1990). *Efectos de la urbanización sobre elementos del clima en la ciudad de Toluca y el corredor Industrial*. Tesis de licenciatura, Facultad de geografía. UAEMex.

CONTRERAS DOMINGUEZ, Wilfrido. (1989). *Situación Actual y Perspectivas de los Recursos Forestales, Suelo y Agua de la Región Valle de Toluca*. México: UAEM Escuela de Planeación Urbana Regional.

CHANDLER, T.J. (1976) *Urban Climatology and its relevance to urban design*. Tech. Note. No. 149 OMM No. 438 Organización Meteorológica Mundial. Ginebra

CHISHOLM, (1970). *Rural Settlement and land Use. An Essay in Location*. Hutchinson.

CHOW, J. C, Watson, J.G.y Chaung, C.Y. (1983). *Air Pollution in the republic of China (Taiwan)*. J. Air Poll Control ass.

DELGADO MARTINEZ, Paulino. (2001). *Diagnostico de estaciones meteorológicas del Curso Alto del Río Lerma, Estado de México*. Toluca: Facultad de Geografía, U.A.E.M.



- DOLFUS, Oliver. (1978). *El espacio Geográfico*. Segunda edición. Editorial oikos-tau, Barcelona
- DONN WILLIAM, L. (1978). *Meteorología*. Editorial Reverte, Barcelona. España
- E. LE ROY LADURIE. (1983). *Las fluctuaciones climáticas*. París. Francia
- ERICKSON JHON (1991) *Las tormentas.*: Editorial Ml. Graw Hill Madrid. España
- FAO. (1990). *Los Recursos Naturales y el Medio Humano para la Agricultura y la alimentación*. Roma. Italia.
- FLORES E. (1991) *Tratado de economía agrícola*, Editorial Fondo de Cultura Económica. México.
- GARCÍA DE MIRANDA, Enriqueta. (1977). *Apuntes de climatología*. México: Instituto de Geografía. UNAM.
- GARCÍA, DE MIRANDA Enriqueta. (1988). *Modificaciones al sistema de clasificación de Koppen*. México.
- GEIGER (1965) *The climate, near the ground*, Harvard Univ. Press.
- GEORGE, Pierre. (1980). *Geografía Activa*. Ariel. Barcelona. España
- GERHARD, P. (1972). *Aguide to the historical geography of the new Spain*. Cambridge University press. New York.
- Gobierno del Estado de México, (1982). Carta Hidrológica de aguas superficiales Esc: 1:250 000.
- GÓMEZ ROJAS, Juan Carlos. (1985). *Primer Reunión Nacional de Agroclimatología*. Memoria. Colegio de Geografía. UNAM. México.
- GÓMEZ ROJAS, Juan Carlos. (1994). Cambio Climático Global. *Revista Geoboletín de la Facultad de Geografía*, U.A.E.M., México. No. 14.
- GONZALEZ R. (1981) *Las transformaciones del espacio geográfico en la zona del pueblo de Lerma*, Estado de México. UNAM.
- GRAEDEL THOMAS E. y CRUTZEN, PAUL J. (1989) *Una atmosfera cambiante*. Investigación y ciencia. Numero 158. España,
- GRIBBIN J (1986) *El clima del futuro* Biblioteca Científica Salvat, Barcelona



GRIFFITHS F. J (1985). *Climatología Aplicada*. Editorial Publicaciones Cultural

GUEVARA DIAZ J. M. (1988). *Meteorología* Ed. CDC

HENDERSON SELLERS (1990) *Introducción a los métodos climáticos*. Barcelona Editorial Omega

HERNANDEZ ROMERO, Julio Cesar. (2002). *Contaminación atmosférica en la ciudad de Toluca*. México: Facultad de Geografía, U.A.E.M.

INEGI Censo económico

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. (INEGI). Carta edafológica Esc. 1:250 000, Ciudad de México. 1982

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. (INEGI). Carta Edafológica Esc. 1:50 00 Clave E14A48, Toluca de Lerdo. 1982

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. (INEGI). Carta Geológica Esc. 1:50 00 Clave E14A48, Toluca de Lerdo. 1982

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. (INEGI). Carta Topográfica Esc. 1:50 00 Clave E14A48, Toluca de Lerdo. 1982

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. (INEGI). Carta Uso del Suelo Esc. 1:50 00 Clave E14A48, Toluca de Lerdo. 1982

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. (INEGI). VI Censo Agrícola y Ganadero y ejidal, 1980. Resumen general, resultados muestrales a nivel nacional y por entidad federativa.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. (INEGI). VII Censo Agrícola y Ganadero. México, resultados definitivos, Tomo I, 1990.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. (INEGI). VII Censo general de población y vivienda 1950

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. (INEGI). VIII Censo general de población y vivienda 1960

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. (INEGI). IX Censo general de población y vivienda 1970

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. (INEGI). X Censo general de población y vivienda 1980



Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. (INEGI). XI Censo general de población y vivienda 1990

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. (INEGI). XII Censo general de población y vivienda 2000.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. (INEGI). XIV Censo industrial, XI censo de servicios y Económico. 1980, 1990 y 2000.

INSTITUTO DE GEOGRAFIA (1981) *Boletín No. 11*, México, D. F. UNAM.

INSTITUTO DE GEOGRAFIA. (1989). *Boletín No. 20*. México, D. F. UNAM.

JÁUREGUI OSTOS E. (1970) (1977) *Isla de calor en Toluca*. Boletín del Instituto de Geografía, México UNAM.

JÁUREGUI OSTOS E. (1974) *Mesomicroclima en la ciudad de México*. Rev. Recursos Hidráulicos. Boletín No. 9 Instituto de Geografía, UNAM.

JONES PHILIP (1992) *El clima de los últimos mil años*. Mundo Científico. Barcelona Vol.10.

JUILLARD. (1962). Región: *Essai de definition, annals de Geographic*. Artículo traducido al español.

KENNETH E. F. W. (1992) *La ciencia del Medio ambiente*. Barcelona, Salvat.

LANDSBERG H. E (1969) *World suryey of Climatology*, Amsterdam E.

LOWRY P. W. (1989). *Weather and Life*. Academic Press.

LLOYD y DICKEN (1972) *Location in Space: a Theoretical apprach to economic. Geography*. Harper and row Publishers. New York.

MACGUFFIE and HENDERSONS. (1990). *Introducción a los Modelos Climáticos* . Barcelona. Omega.

MADEREY R. Laura Elena. (1982). *Geografía de la Atmósfera*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.

MAHONEY J., R y SPENGLER J. D. (1975). *Meteorological Contenent of Environmental Impact Assessments, en Haugen, D.A. lectures on Air Pollution an Environmental Impact Analyses*. Amer. Meteor. Soc., Boston.

MARTIN VIDE, Javier. (1991). *Fundamentos de Climatología Analítica*. Madrid, España: Síntesis.



MARTINEZ CALDERON, Yolanda I. (1993). *La Evolución de la Superficie de las Lagunas de Lerma y sus Principales Repercusiones Físicas, Biológicas y Humanas*. Toluca, México: UAEM Facultad de Geografía.

MASKIEY A. (1993). *La vulnerabilidad global*. Cared. Colombia.

MAUNDER, J. (1990). *El impacto humano sobre el clima*, Madrid España.

MILLER A. A. (1975). *Climatología* Ed. Omega

MOLINA IBAÑEZ Mercedes. (1982) *Paisaje y Región*. Universidad de Alcalá henares. Barcelona.

MONTES, A. y RIVERA, M. (1987). El crecimiento en los ejidos del Distrito federal., en revista de economía vol. 30 No. 6.

MORALES MÉNDEZ, Carlos Constantino. (1993). *Diferencias climáticas en la ciudad de Toluca*. Memoria del primer Coloquio Geográfico sobre América Latina, y IX Simposio Mexicano-Polaco, Facultad de geografía. UAEM.

MORALES MÉNDEZ, Carlos Constantino. (2001). Evolución climática de la ciudad de Toluca, Estado de México. Anuario Estadístico No. 1 Facultad de Geografía, UAEM.

MORALES MÉNDEZ, Carlos Constantino. (2002). *Variaciones Climáticas en la Tierra*. México, D. F. UNAM. Tesis.

MOSSER F. (1962) *Descripción de la cuenca de México*. Memoria de la obras del sistema de drenaje profundo del D. F., México, Gobierno Federal.

Organización de Estados Americanos (OEA). Secretaria ejecutiva para asuntos económicos y sociales. (1990). *Desastres, planificación y Desarrollo*. O.E.A. Washington. D.C.

Organización de las Naciones Unidas (ONU) (1990). *Los Recursos Hidrológicos de América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile.

Observatorio Meteorológico Nacional, Datos climatológicos del estado de México.

Observatorio Meteorológico de la Universidad Autónoma del Estado de México., Datos climatológicos del estado de México.

ORGANILLA C. Elia. (1992). *Análisis de riesgos y recursos*. CENAPRED.

OROZCO HERNÁNDEZ Estela (1991). *Marco teórico. Valle del Mezquital: Análisis de la organización espacial – productiva del sector agrícola y su ámbito regional*. Tesis de maestría.



ORTIZ P. (1995) *Algunos conceptos y criterios de clasificación de los medios lacustres*: Anuario de Geografía Vol. V. UNAM.

OTAOLA, A. Javier. Et.al. (1993). *El sol y la tierra: una relación tormentosa*. Fondo de cultura Económica. México.

RODRÍGUEZ, J. Mateo. (1984). *Apuntes de Geografía de los Paisajes*. Habana Cuba.

RODRÍGUEZ TORIZ F. (1984) *Elementos del escurrimiento superficial* UACH

ROMERO QUIROZ J. (1979) *La ciudad de Lerma*. H. Ayuntamiento de Lerma.

ROSENDO FRANCISCO Juana (1997) *Diferencias Climáticas entre el Centro de la Ciudad de Toluca y Áreas Adyacentes*, Toluca, México: UAEM Facultad de Geografía.

SADOURNY, R. (1993). *El hombre ¿modifica el clima?*, Mundo científico. Barcelona España. Vol.12. No. 126.

SÁNCHEZ, C. (1991). *El estado de México: su historia, su ambiente, sus recursos*. Tomo I Agrícola mexicana.

Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos SARH. (1988). *Estimación de la anomalía probable en la precipitación anual de la Republica Mexicana*. OMN. México D.F.

Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos SARH. (1996). *Plan Lerma*. Asistencia técnica. Meteorología. Boletín No. 1 México, D.F.

Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos SARH. (1982). *Normales Climatológicas*. Dirección del Servicio Meteorológico nacional. México D.F.

SCHNEIDER, STEPHEN. (1993). El efecto de invernadero. Mundo científico, Barcelona España. Vol. 13. No. 129.

SECRETARÍA de GOBERNACIÓN. (1994). *Atlas Nacional de Riesgos*. México, D. F.

Secretaria de Industria y Comercio, Dirección general de estadística. IV Censo Agrícola, Ganadero y Ejidal, 1960, Estado de México, México D.F. 1965.

Secretaria de Programación y Presupuesto SPP. Síntesis geográfica del Estado de México 1981.

SOTO MORA, Consuelo y ERNESTO JÁUREGUI O. (1973). *frecuencia y distribución de algunos elementos del clima del estado de Querétaro*. Boletín No. 3. Instituto de Geografía, UNAM.



SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIO Y CONSULTA DEL TERRITORIO ESTATAL,
(SECTE) Uso del suelo, Gobierno del estado de México, 1960

TRICART J. (1981). *La tierra Planeta viviente*. Akal editores, Madrid, España

TROITIÑO VINUESA, Miguel Ángel. (1982). *Geografía y ordenación de territorio*: Madrid.. Universidad complutense.

TROLL, C. (1976). *Paisaje y Ecología*. ITC-UNESCO.

TROLL, C. (1971). *El paisaje geográfico* Estudio general Vol. 3

TROLL, C. (1971). *La Geocología y la diferenciación a escala planetaria de los ecosistemas de alta montaña*. Traducción de J. J. Sanz Donarie. 1973.

TUDELA, Fernando. (1982). *Ecodiseño*. Universidad Autónoma Metropolitana de Xochimilco. México.

TUNTAWIRDON N. Y. (1984) Samootsakorn P. Bangkok-a city to burst Mazingira

UNIKEL, L (1996). *Ensayo sobre una nueva clasificación de población rural y urbana en México*. En Demografía y Economía. Vol. 2, Num. 1. El Colegio de México. V Censos Agrícola, Ganadero y Ejidal. Dirección General de Estadística, Estado de México, México, 1975.

VAZQUEZ, P. (1983). *Evolución especial de la industria en Querétaro de 1950-1980*. Tesis U.N.A.M.

VELAZQUEZ TORRES David. (1980). *El Valle de Toluca, asentamientos humanos*. Toluca: Universidad Autónoma del Estado de México.

VIDAL BELLO, Juan (1977). *Algunos aspectos de la climatología agrícola del Estado de México*. Tesis de licenciatura. Escuela de Geografía, U.A.E.M.

VIERS GEORGES (1981). *Climatología*. Barcelona. Oikos-Tau.

VIERS. G. (1975). *Elements de Climatologie, Nathan*. Paris, 1968. Trad. Castellana climatología. Oikos-Tau. Ediciones. Vilassar de Mar-Barcelona.

VIVO E. JORGE A. (1945). *Geografía Económica y Humana*. Herrero. México.

VIZCAINO MURRAY, Francisco. (1987). *La Contaminación en México*. México: Fondo de Cultura Económica.



VON THUNEN. (1983). *Agricultural Land Rent: A geographical model*, in WARNTZ y WOLFF. *Breakthroughs in Geography*. Plume Books New York,

W.E.K. MDOLETON and F. G. MILLAR, J. ROY. Astron Soc; Canada.

W. HAMMOND y F. W. DUNKEL (1971). *Mesomicroclima de la Ciudad de México*. U.N.A.M. Instituto de Geografía.

W. SCHMIDT (1974). *Las investigaciones sobre clima urbano y contaminación del aire en la Republica Federal de Alemania*. Boletín No. 4 del Instituto de Geografía, U.N.A.M.

ZEPEDA VIDAL, Rosalía. (1980). *Algunas relaciones clima-cultivos en el Estado de Morelos*. Universidad Nacional Autónoma de México.



GLOSARIO

Finalmente, se agrega a la investigación una serie de palabras que no son tan comunes en la sociedad, esto con la finalidad de facilitar el entendimiento y la fácil comprensión del texto, el contenido esta en orden alfabético, la fuente de los términos fue extraído de diferentes documentos científicos.

AGUA: Líquido constituido por dos moléculas de hidrógeno y una de oxígeno que en grandes cantidades presentan un color azulado, pero de contrario es incoloro, e inodoro e insípido.

AIRE: Sustancia gaseosa de la atmósfera.

ALISIOS: Vientos persistentes, del nordeste en el hemisferio norte y del sureste en el hemisferio sur que soplan en los niveles mas bajos de la atmósfera en latitudes próximas al ecuador.

ALTITUD: Distancia vertical de un punto de la superficie terrestre en relación con el nivel del mar.

AÑO: Medida de tiempo relacionado con la revolución de un astro alrededor del sol.

ATMÓSFERA: Es una capa gaseosa que envuelve a la tierra y la acompaña en sus movimientos de rotación y traslación.

BARLOVENTO: Cara frontal de una montaña o elevación donde pegan los vientos cargados de humedad.

BOSQUE: Espacio extenso poblado de árboles. Aparece de forma natural de allí donde su presencia no se ve impedida por los fríos, la aridez, el viento, el agua, las condiciones edáficas desfavorables y un periodo de vegetación demasiado corto.

CÁLIDO: Referente a vientos, climas, corrientes, con relativa alta temperatura.

CALOR: Es la cantidad de energía térmica que un cuerpo posee en un instante dado y tiene la capacidad de efectuar un trabajo mecánica. El calor de un cuerpo depende cuantitativamente de su nivel térmico (temperatura) de su cantidad de material (masa) y de su capacidad de almacenar energía en forma térmica (dependiendo de la naturaleza del cuerpo).

CAMBIO CLIMÁTICO: Los cambios del clima que tiene lugar durante espacios del tiempo geológico pueden afectar a una región o a toda la tierra.

CICLO HIDROLÓGICO: Proceso por el que el agua atmosférica proviene de la superficie de la tierra por evaporación desde los océanos y otras aguas superficiales y por la



transpiración de las plantas a menudo es transportada a grandes distancias en forma de nubes y regresa a la superficie como lluvia, nieve o granizo.

CLIMA: Es la suma de los fenómenos atmosféricos de un determinado lugar y espacio en un lapso mayor de 15 años. Es el registro de información ambiental del pasado para determinar normas y características significativas de las condiciones de un espacio específico.

CLIMAS CALIDOS: Su temperatura media anual rebasa los 21° C.

- Clima ecuatorial: Presenta lluvias constantes
- Clima tropical: Con una época seca en invierno
- Clima monzonico: Presenta verano lluvioso e invierno casi seco.

CLIMAS FRIOS: Su temperatura media anual es inferior a los 10° C.

- Clima continental frío: Con invierno muy largo y seis o mas meses con temperaturas inferiores a 10 ° C.
- Clima polar: Sin verano. Es propio de los círculos polares, todo el año presenta temperaturas inferiores a los 10 ° C.

CLIMATOLOGÍA: Ciencia que estudia el clima de la tierra; constituye una parte general de la geografía general y de la meteorología.

CONDENSACIÓN: Paso del vapor de agua atmosférico al estado liquido. La condensación del vapor acuoso del aire se produce al enfriarse este, si esta saturado de humedad o próximo a la saturación; también depende de la depresión atmosférica. En la atmósfera, la condensación esta asociada con la formación de nubes, niebla y/o precipitación.

CONTAMINACIÓN ATMOSFERICA: Enrarecimiento del aire debido a impurezas que en el se encuentran, debido sobre todo al trafico, industria, chimeneas de las casas, de las fabricas etcétera.

CONTINENTALIDAD: Fenómeno en donde las masas continentales se enfrían y calientan con rapidez, con lo cual las masas de aire en contacto con ellas también cambian de temperatura con brusquedad, extremándose de este modo a las temperaturas. Conjunto de factores meteorológicos que caracterizan el clima continental.

CUENCA: se entiende por cuenca hidrográfica la superficie de terreno cuya escorrentía superficial fluye en su totalidad a través de una serie de corrientes, ríos y eventualmente lagos hacia el mar por una única desembocadura, estuario o delta.

CUENCA HIDROGRÁFICA: Unidad natural definida por la existencia de la divisoria de las aguas en un territorio dado. Las cuencas hidrográficas son unidades morfográficas superficiales. Sus límites quedan establecidos por la divisoria geográfica principal de las aguas de las precipitaciones; también conocido como "parteaguas". El parteaguas, teóricamente, es una línea imaginaria que une los puntos de máximo valor de altura relativa



entre dos laderas adyacentes pero de exposición opuesta; desde la parte más alta de la cuenca hasta su punto de emisión, en la zona hipsométricamente más baja. Al interior de las cuencas se pueden delimitar subcuencas o cuencas de orden inferior. Las divisorias que delimitan las subcuencas se conocen como parteaguas secundarios.

EFFECTO INVERNADERO: Término para designar al hecho de que la radiación de onda corta puede pasar fácilmente a través de la atmósfera hasta la superficie terrestre, mientras que una parte del calor resultante es retenido en la atmósfera por que las ondas largas se reflejan hacia el exterior y no pueden penetrar tan fácilmente en la atmósfera, en especial cuando hay una cobertura de nubes, por esto las heladas mas fuertes tiene generalmente lugar en las noches claras de invierno, cuando la radiación es mas elevada; sin embargo, en las noches nubladas son poco probables. De esta forma la atmósfera, y en particular si existe una capa de nubes, actúa como los cristales de los invernaderos.

ELEMENTOS CLIMÁTICOS: Fenómenos meteorológicos en parte dependientes unos de otros que, unidos a los factores climáticos determinan el clima de un lugar.

ELEMENTOS DEL TIEMPO Y DEL CLIMA: Son las propiedades físicas de la atmósfera como la temperatura, precipitación, humedad, dirección y fuerza del viento presión atmosférica, nubosidad, radiación solar y visibilidad.

ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA: Instalación con instrumentos que proporcionan datos básicos de observaciones a determinadas horas, mediante un resumen climatológico diario.

EVAPORACIÓN: Proceso físico por medio el cual el agua se convierte en vapor de agua bien sea una superficie líquida del suelo húmedo o la nieve.

EVAPOTRANSPIRACIÓN: Es la suma de cantidades de agua evaporada por el suelo y transpirada por las plantas

FACTORES CLIMÁTICOS: Factores que conjuntamente con los elementos climáticos o del clima de una región determinan el clima de una región. Modifican los elementos del clima de un lugar a otro y de una estación a otra y son a saber latitud altitud relieve distribución de tierras y estación de l año etcétera.

GEOSISTEMA. Conjunto de entidades bióticas (biosfera), abióticas (litosfera, atmósfera e hidrosfera) y antrópicas (sociedad), entre las cuales se producen permanentes interrelaciones que originan cambios cualitativos y cuantitativos que caracterizan finalmente la estructura terrestre.

GRADO: Unidad de temperatura de cualquiera de las escalas termométricas

GRADO CENTÍGRADO: Es la centésima parte del intervalo que separa la temperatura de licuefacción del hielo de la temperatura de ebullición del agua pura del nivel del mar



GRAFICAS DE TEMPERATURA: Es la manera de representar temperaturas diarias mensuales o anuales, en el eje x se expone el periodo de tiempo día mes año y en el eje y las temperaturas (diarias mensuales anuales) etcétera

HELADA: Descenso de temperatura por debajo de la 0C condensación de vapor de agua directamente sobre la superficie terrestre del suelo a menos 0C

HEMISFERIO: Mitad de la superficie de la esfera dividido por un círculo máximo de preferencia el ecuador o un meridiano

HIDROLÓGICA: Parte de las ciencias naturales que trata de las aguas (del hielo) sobre y bajo la superficie de la tierra

HUMEDAD: Dicese del contenido de agua existente en la atmósfera en forma de vapor de agua

HUMEDAD ATMOSFÉRICA: Se define como la cantidad de vapor de agua existente en la atmósfera o el aire de una determinada temperatura

IMPACTO AMBIENTAL. Es cualquier alteración de las propiedades físicas, químicas y biológicas del medio ambiente, causada por cualquier forma de materia o energía resultante de actividades humanas que directa o indirectamente afecten

INSOLACIÓN: Numero de horas y décimas durante las cuales el sol brilla en un lugar es la irradiación y duración de la radiación solar

INVERSIÓN TÉRMICA: Situación en la que el descenso de temperatura al aumentar la altitud queda invertida y el aire a moderada altura es mas caliente que el nivel del suelo cuando esto ocurre sobre una ciudad las poluciones (humos) quedan atrapados vació la capa invasora.

ISOTERMAS: Líneas que unen puntos de igual temperatura

ISOYETA: Representación cartográfica de las precipitaciones acuosas que efectúan haciendo pasar líneas por los puntos que reciben igual cantidad

LATITUD: Distancia de un lugar considerado hasta el ecuador, medida en grados puede ser considerada de norte a sur

LONGITUD: Distancia angular entre un lugar cualquiera de la superficie terrestre y el meridiano de origen medida en grados puede ser oriental y occidental

LLUVIA: Fenómeno atmosférico que en ciertas condiciones varias gotitas pueden reunirse y formar una gota suficiente voluminosa (entre poco menos de 2 y poco mas de 1mm de diámetro) que cae.



MAPAS CLIMÁTICOS: La mayoría generaliza las observaciones puntuales realizadas en un territorio determinando trazando curvas de valores iguales o isopletas.

METEOROLOGÍA: Ciencia que se encarga del estudio de la atmósfera terrestre incluyendo los procesos y fenómenos que ocurren en ella así como sus efectos sobre la superficie de la tierra y los organismos que lo habitan.

MEDIO AMBIENTE. conjunto de elementos abióticos (energía solar, suelo, agua y aire) y bióticos (organismos vivos) que integran la delgada capa de la Tierra llamada biosfera, sustento y hogar de los seres vivos

MICROCLIMA: Clima de los alrededores inmediatos de algún fenómeno de la superficie terrestre, en particular alrededor de los grupos de plantas.

NUBE: Masa de gotitas de agua, en alturas mayores de cristales de hielo en suspensión de la atmósfera, originada por condensación o sublimación.

NUBOSIDAD: Es la cantidad de nubes en un momento dado o bien por la porción del cielo cubierto por nubes. Su estimación se efectúa desde un lugar abierto donde puede observarse totalmente la bóveda celeste. Para medir la nubosidad se supone el cielo dividido en cuartos, octavos o decimos, siendo la forma mas usada la de los octavos.

OCÉANO: Masa total de agua salada que cubre el 70.8% de la superficie del globo terrestre.

OSCILACIÓN ATMOSFÉRICA: Diferencia (en grados) entre la temperatura máxima y la mínima de un día, un mes o un año. También se le conoce como oscilación térmica y trae como resultado el régimen térmico aunado la temperatura media normal.

PAISAJE. Se entiende por paisaje, a cualquier parte del territorio, tal y como la colectividad lo percibe, cuyo carácter resulta de la acción de factores naturales o humanos y de sus interrelaciones

PAISAJE NATURAL. Conjunto de caracteres físicos visibles de un lugar que no ha sido modificado por el hombre.

PRECIPITACIÓN: Caída de la humedad atmosférica condensada en gotas o congelada en formas de cristales. Altura en milímetros que alcanza en el pluviómetro el agua precipitada.

PRECIPITACIÓN ANUAL: Es la suma de las precipitaciones diarias durante un año o la suma de las precipitaciones mensuales.

PRESIÓN ATMOSFÉRICA: Fuerza o presión estática que ejerce la atmósfera terrestre sobre cada unidad de la superficie y va disminuyendo con la altura.



RADIACIÓN: proceso físico por medio del cual se trasmite energía en forma de ondas magnéticas que viajan a la velocidad de la luz. No se requiere de algún medio para su propagación en forma de onda corta.

RADIACIÓN SOLAR: Es la propagación de la energía en forma de ondas electromagnéticas emitidas por cualquier cuerpo (en este caso del sol) con temperaturas superiores del cero absoluto.

RÉGIMEN PLUVIIMÉTRICO: Oscilaciones que muestran el total mensual de precipitaciones a lo largo de un año.

RÉGIMEN TÉRMICO: Son las variaciones que experimentan las temperaturas medias a mensuales a lo largo del año.

RELIEVE: Conjunto de formas estructurales y accidentes, que constituyen la parte más superficial de la corteza terrestre.

RESUMIDERO. Conducto por el que desaguan las aguas residuales o de lluvia.

RÍO: Corriente de agua continúa durante todo el año, o solo en determinadas épocas, que llega al mar, a otro río (afluente) a un lago, o se pierde en el terreno (endorreicos)

SEQUÍA: Es un periodo de tiempo anormal seco, de duración suficiente para que se presente un grave desequilibrio hidrológico, como daños en cultivos, escasez de agua, etc. Dentro del área afectada.

SOL: Estrella alrededor de la cual gravitan la tierra y los planetas, así como sus respectivos satélites, cometas, asteroides, etc.

SOTAVENTO: Parte de la elevación donde los vientos no pegan y por tanto hay escasez de humedad.

TEMPERATURA: Es la medida de la agitación de las moléculas del cuerpo o intensidad de calor, y también puede definirse como un número medido a escala.

TEMPERATURA MÁXIMA.- medida aritmética de los promedios mas intensos de temperatura obtenidos mensual y anualmente durante el número de años con datos.

TEMPERATURA MEDIA AUAL: Promedio de las temperaturas mensuales. se obtiene sumando la temperatura de cada mes del año y dividiendo entre 12 , que es el número de meses del año.



TEMPERATURA MEDIA MENSUAL: Promedio de las temperaturas medias. se obtiene sumando las temperaturas de cada uno de los días y dividiendo entre el número de días del mes.

TEMPERATURA MÍNIMA: Media aritmética de los promedios más bajos de la temperatura, registrados mensual y anualmente durante los años con estadística.

TERMÓMETRO: Es el instrumento meteorológico para medir la temperatura.

TIEMPO: Término que denota la combinación de procesos naturales que ocurren en la atmósfera.

TIEMPO ATMOSFÉRICO: Es el estudio de la atmósfera que se da en un determinado momento y lugar.

VAPOR DE AGUA: Es el resultado por el cual el agua en su estado líquido pasa a estado gaseoso. Es un gas invisible e inodoro, que se hace visible al condensar bajo la forma de rocío, nubes, escarcha, etc.

VALLE. Depresiones entre montañas o rodeadas por estas, generalmente tienen corrientes de agua. Por lo anterior son ideales para asentamientos humanos.

VIENTO: Es el movimiento del aire, generalmente en sentido horizontal.

ZONA: Región limitada por isobaras o por curvas indicadoras de algún elemento del tiempo y, por ejemplo, puede tratarse de una zona de altas presiones (anticiclón)

ZONA FRÍA: También se le conoce como zona glaciaria o casquetes polares pues el hielo es permanente y va desde los 66° 33 hasta los 90° norte y sur. El frío es intenso durante todo el año a causa de la poca elevación del sol sobre el horizonte y por largas noches de invierno que en algunos lugares duran hasta seis meses.

ZONAS CLIMÁTICAS: Áreas donde la combinación de temperatura lluvias y algunos otros fenómenos meteorológicos dan lugar a una gran variedad de situaciones climáticas en la superficie terrestre pero la mayor o menor homogeneidad de estos fenómenos combinados a escala espacial y temporal permite el establecimiento de zonas afectadas por situaciones atmosféricas simultáneas con características similares.



ANEXOS

PROMEDIOS DE PRECIPITACIÓN POR DÉCADA DE LAS ESTACIONES CLIMATICAS.

1. HACIENDA "Y "

51-60	801.00
61-70	891.80
71-80	871.80
81-90	958.00
91-00	880.65

2. HIXQUILUCAN

51-60	971.60
61-70	1101.00
71-80	1143.00
81-90	1197.00
91-00	1103.15

3. JOQUICINGO

51-60	1318.00
61-70	1139.00
71-80	1167.00
81-90	970.40
91-00	1148.60

4. LERMA

51-60	831.50
61-70	891.90
71-80	857.40
81-90	788.10
91-00	824.23

5. MIMIAPAN

51-60	982.30
61-70	1034.00
71-80	1070.00
81-90	1051.00
91-00	1034.33

6.SANTIAGO TIANGUISTENCO

51-60	1047.00
61-70	1046.00
71-80	902.30
81-90	813.00
91-00	952.08

7. TOLUCA

51-60	785.60
61-70	657.50
71-80	534.30
81-90	685.70
91-00	665.78

8. ATARASQUILLO

51-60	860.50
61-70	931.70
71-80	873.20
81-90	776.20
91-00	860.40

9. LA MARQUESA

51-60	1315.00
61-70	1641.00
71-80	1163.00
81-90	776.00
91-00	1317.25

10. TENANGO DEL VALLE

51-60	720.33
61-70	797.80
71-80	799.50
81-90	572.70
91-00	722.58



11. ALMOLOYA DEL RIO

51-60	1025.00
61-70	1004.00
71-80	1057.00
81-90	1284.00
91-00	1092.50

12. NEVADO DE TOLUCA

51-60	1180.00
61-70	1234.00
71-80	1241.00
81-90	1068.00
91-00	1180.75

13. EL CAPULIN XALATLACO

51-60	787.50
61-70	846.90
71-80	808.00
81-90	707.90
91-00	787.58

14. ATOTONILCO

51-60	861.00
61-70	921.80
71-80	812.80
81-90	849.40
91-00	861.25

15. TEMOAYA

51-60	919.40
61-70	946.60
71-80	857.20
81-90	851.80
91-00	1022.00

16. SN. FRANCISCO TLALCILALCALPAN

51-60	745.00
61-70	774.50
71-80	734.40
81-90	726.40
91-00	745.08

17. JIQIPILCO

51-60	916.23
61-70	1007.00
71-80	885.70
81-90	849.40
91-00	922.80



PROMEDIOS DE TEMPERATURA POR DECADA DE LAS ESTACIONES CLIMATICAS.

1. HACIENDA "Y"

51-60	12.30
61-70	12.80
71-80	12.60
81-90	12.70
91-00	12.60

2. HIXQUILUCAN

51-60	13.70
61-70	13.60
71-80	13.70
81-90	13.80
91-00	13.70

3. JOQUICINGO

51-60	14.40
61-70	12.50
71-80	12.10
81-90	13.00
91-00	13.00

4. LERMA

51-60	13.00
61-70	12.30
71-80	12.50
81-90	10.90
91-00	12.18

5. MIMIAPAN

51-60	13.80
61-70	12.80
71-80	13.10
81-90	13.10
91-00	13.10

6. SANTIAGO TIANGUISTENCO

51-60	13.41
61-70	14.00
71-80	12.50
81-90	12.70
91-00	13.15

7. TOLUCA

51-60	11.80
61-70	12.50
71-80	13.10
81-90	13.50
91-00	13.95

8. ATARASQUILLO

51-60	12.78
61-70	12.90
71-80	13.90
81-90	12.00
91-00	12.90

9. LA MARQUESA

51-60	9.50
61-70	10.00
71-80	7.80
81-90	9.90
91-00	9.30

10. TENANGO DEL VALLE

51-60	12.20
61-70	12.60
71-80	12.30
81-90	11.80
91-00	12.23



11. ALMOLOYA DEL RIO

51-60	12.30
61-70	12.60
71-80	11.50
81-90	11.50
91-00	11.98

12. NEVADO DE TOLUCA

51-60	3.50
61-70	4.30
71-80	3.60
81-90	3.40
91-00	3.70

13. EL CAPULIN XALATLACO

51-60	11.98
61-70	12.40
71-80	12.90
81-90	12.90
91-00	12.54

14. ATOTONILCO

51-60	13.48
61-70	13.70
71-80	13.50
81-90	13.00
91-00	13.42

15. TEMOAYA

51-60	13.43
61-70	13.40
71-80	13.50
81-90	13.50
91-00	13.30

16. SN. FRANCISCO TLALCILALCALPAN

51-60	13.58
61-70	13.60
71-80	13.70
81-90	13.60
91-00	13.62

17. JIQIPILCO

51-60	12.48
61-70	11.60
71-80	13.00
81-90	13.80
91-00	12.95