CAPÍTULO V: DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL VALLE DE MÉXICO

En este capítulo se conocerán las características del Valle de México tomando en cuenta la importancia de ellas para el funcionamiento del automóvil. Así, se presentará información geográfica del Valle de México; una tabla con el nivel de ingresos a nivel nacional y de la entidad estudiada; y algunas características desde el punto de vista del conductor. Finalmente se tratará a fondo el problema de la contaminación y los automóviles, conociendo el daño al medio y al ser humano siendo este un grave problema de la zona estudiada.

5.1. El Distrito Federal

5.1.1. Aspectos Geográficos del Distrito Federal

5.1.1.1. Ubicación y Aspectos Geográficos [21]

Tabla 5.1. Ubicación geográfica del Distrito Federal	
Nombre oficial del estado	Distrito Federal
Coordenadas geográficas extremas	Al norte 19° 36', al sur 19° 03' de latitud norte; al este 98° 57', al oeste 99° 22' de longitud oeste (a).
Porcentaje territorial	El Distrito Federal representa el 0.1% de la superficie del país (b).
Colindancias	El Distrito Federal colinda al norte, este y oeste con el Estado de México y al sur con el estado de Morelos (a).
Capital	Cuidad de México
Población total	8,605,239 (c)
Población hombres	4,110,485 (c)
Población mujeres	4,494,754 (c)
Fuente: (a) INEGI. Marco Geoestadístico, 2000. (b) INEGI-DGG. Superficie de la República Mexicana por Estados 1999. (c) INEGI – XII Censo General de Población y Vivienda 2000. [21]	

5.1.1.2. Espaciomapa del Distrito Federal [22]

El espaciomapa (Figura 5.1), está hecho a partir de imágenes Landsat TM (mapeador temático), tomadas en el año 1993 con una combinación de falso color normal que permite distinguir:

- En tonos rojos, la vegetación cuando es verde.
- En todos azul tenue, las grandes localidades urbanas.
- En color negro, las presas y lagos cuando son profundos y transparentes; cuando no lo son, aparecen en tonos azul.
- En tonos rosa, las áreas de cultivo de riego en lugares planos.

- En todos blancos, áreas de cultivo de temporal

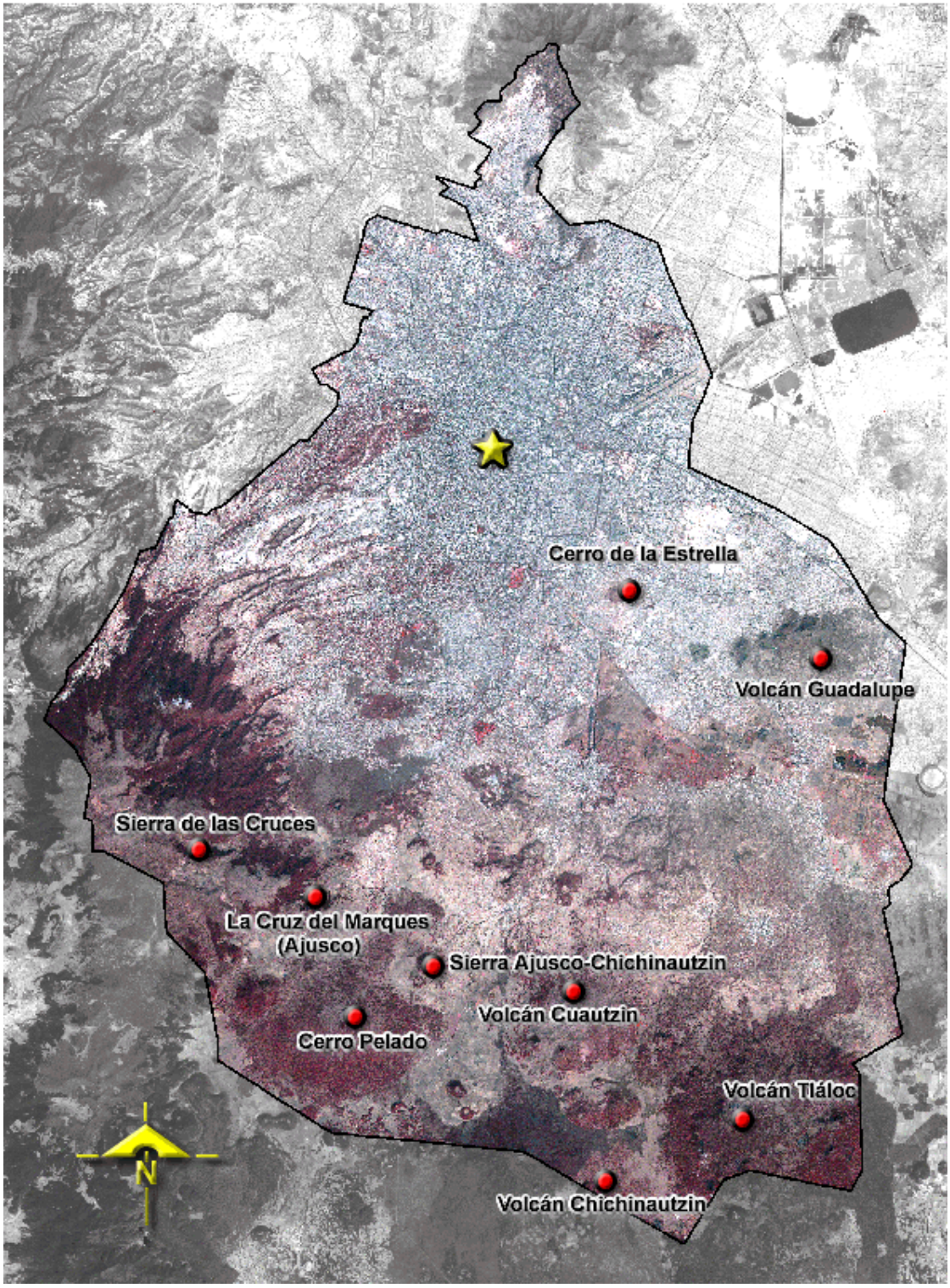

Figura 5.1. Espaciomapa del Distrito Federal [22]

5.1.1.3. División política del Distrito Federal [21]

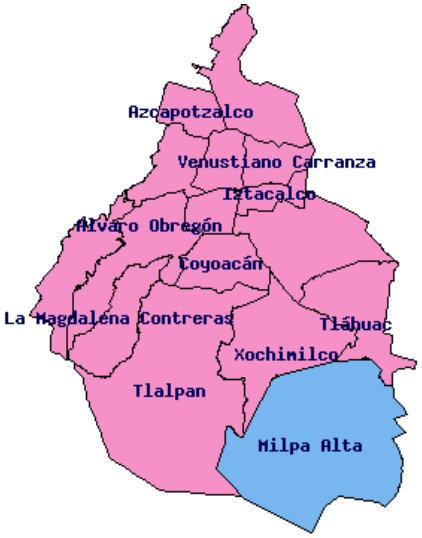

Figura 5.2. Las delegaciones del Distrito Federal [21]

Tabla 5.2. División política del Distrito Federal y características de las delegaciones			
Municipio	Azcapotzalco	Municipio	Álvaro Obregón
Población total al 2000	440,558	Población total al 2000	685,327
Población masculina	209,070	Población masculina	325,866
Población femenina	231,488	Población femenina	359,461
Superficie (km^2)	34	Superficie (km^2)	96
Municipio	Coyoacán	Municipio	Tláhuac
Población total al 2000	639,021	Población total al 2000	302483
Población masculina	298,692	Población masculina	146,712
Población femenina	340,329	Población femenina	155,771
Superficie (km^2)	54	Superficie (km^2)	86
Municipio	Cuajimalpa de Morelos	Municipio	Tlalpan
Población total al 2000	151,127	Población total al 2000	580,776
Población masculina	71,390	Población masculina	278,570
Población femenina	79,737	Población femenina	302,206
Superficie (km^2)	70	Superficie (km^2)	310
Municipio	Gustavo A. Madero	Municipio	Xochimilco
Población total al 2000	1,233,922	Población total al 2000	368,798
Población masculina	591,672	Población masculina	180,763
Población femenina	642,250	Población femenina	188,035
Superficie (km^2)	88	Superficie (km^2)	119
Municipio	Iztacalco	Municipio	Benito Juárez
Población total al 2000	410,717	Población total al 2000	359,334

Tabla 5.2 (Continuación)			
Municipio	Iztacalco	Municipio	Benito Juárez
Población masculina	195,283	Población masculina	159,139
Población femenina	215,434	Población femenina	200,195
Superficie (km^2)	23	Superficie (km^2)	27
Municipio	Iztapalapa	Municipio	Cuauhtémoc
Población total al 2000	1,771,673	Población total al 2000	515,132
Población masculina	858,952	Población masculina	240,472
Población femenina	912,721	Población femenina	274,660
Superficie (km^2)	114	Superficie (km^2)	33
Municipio	La Magdalena Contreras	Municipio	Miguel Hidalgo
Población total al 2000	221,762	Población total al 2000	351,846
Población masculina	106,008	Población masculina	159,006
Población femenina	115,754	Población femenina	192,840
Superficie (km^2)	64	Superficie (km^2)	46
Municipio	Milpa Alta	Municipio	Venustiano Carranza
Población total al 2000	96,744	Población total al 2000	462,089
Población masculina	47,700	Población masculina	218,228
Población femenina	49,044	Población femenina	243,861
Superficie (km^2)	287	Superficie (km^2)	34
[21] [23]			

5.1.1.4. Elevaciones Principales en el Distrito Federal [24]

Tabla 5.3. Elevaciones principales en el Distrito Federal					
Nombre	**Latitud Norte**		**Longitud Oeste**		**Altitud**
	Grados	**Minutos**	**Grados**	**Minutos**	**msnm**
Cerro de la Cruz del Marqués (Ajusco)	19	12	99	16	3,930
Volcán Tlaloc	19	06	99	02	3,690
Cerro Pelado	19	09	99	13	3,620
Volcán Cuautzin	19	09	99	06	3,510
Volcán Chichinautzin	19	05	99	08	3,490
Volcán Guadalupe (El Borrego)	19	20	99	00	2,820
Cerro del Chiquihuite	19	32	99	08	2,730
Volcán Teuhtli	19	13	99	02	2,710
Cerro de la Estrella	19	21	99	05	2,450
Cerro de Chapultepec	19	25	99	11	2,280
msnm: metros sobre el nivel del mar. FUENTE: INEGI. Carta Topográfica, 1:50 000. [24]					

En la Figura 5.3 se puede ver la ubicación de estas elevaciones en el territorio del D.F.

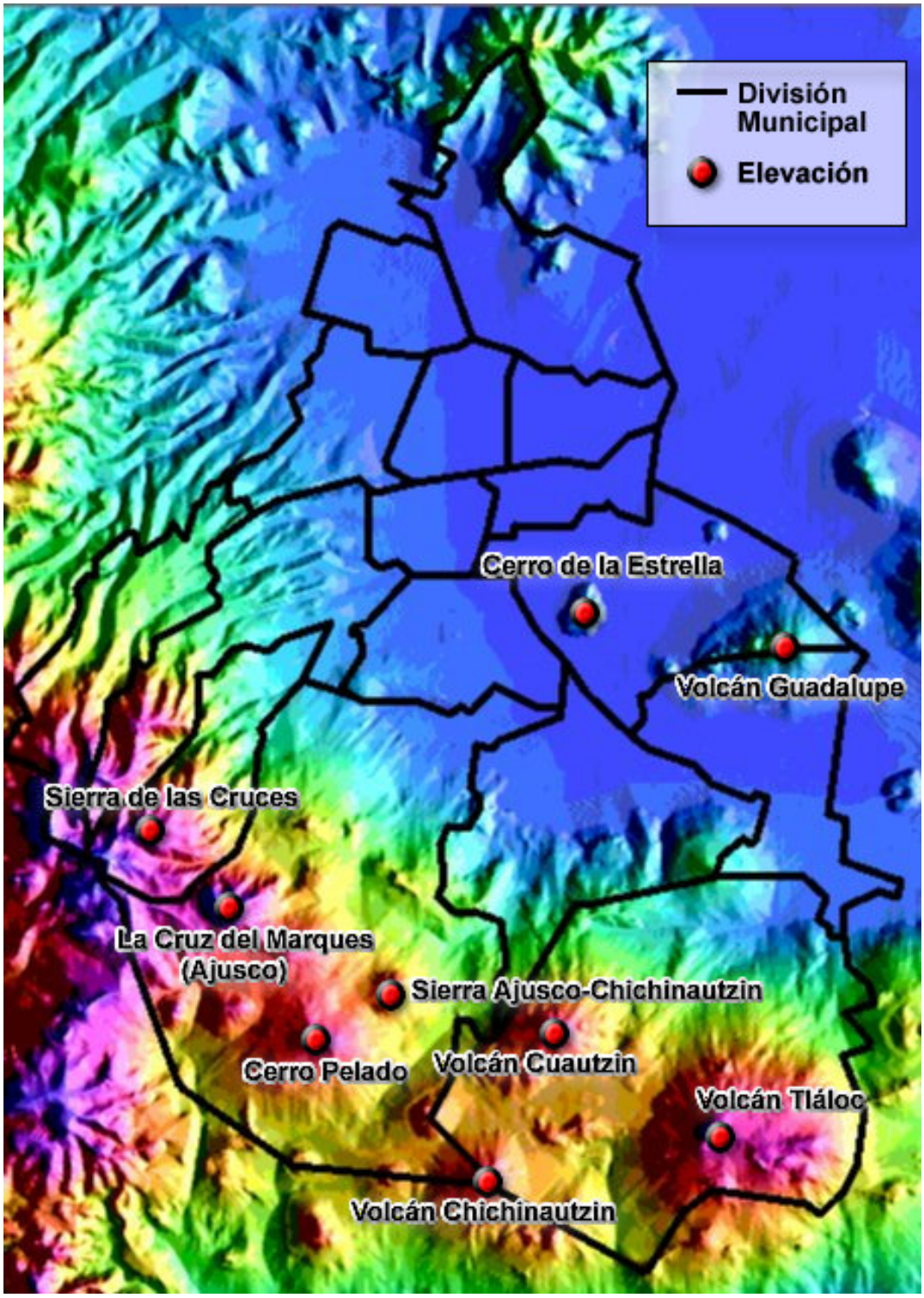

Figura 5.3. Mapa de elevaciones principales en el Distrito Federal [25]

5.1.1.5. Fisiografía del Distrito Federal [26] [27]

Tabla 5.4. Fisiografía del Distrito Federal			
Provincia	**Subprovincia**	**Sistema de Topoformas**	**% de la superficie estatal**
Eje Neovolcánico	Lagos y Volcanes de Anáhuac	Sierra volcánica con estrato volcanes	41.80
		Sierra volcánica de laderas escarpadas	9.93
		Sierra escudo volcán	1.33
		Lomerío	0.39
		Lomerío con cañadas	7.72
		Meseta basáltica malpaís	9.43
		Llanura aluvial	5.21
		Llanura lacustre	20.35
		Llanura lacustre salinas	3.84
FUENTE: INEGI. Atlas Cartográfico de la Cuidad de México y área conurbada. [26]			

El Distrito Federal está enclavado en la provincia fisiográfica Eje volcánico, con la subprovincia Lagos y Volcanes de Anáhuac; su territorio está distribuido sobre nueve sistemas de topoformas (Figura 5.4):

a. Sierra volcánica con estrato volcanes. Que abarca casi el 42% en la parte sur de la entidad, así como en el centro y oriente de la delegación Iztapalapa.
b. Sierra volcánica de laderas escarpadas. Al occidente, en las delegaciones Cuajimalpa de Morelos, La Magdalena Contreras y sur de la delegación Álvaro Obregón.
c. Sistema escudo volcán. Al extremo norte.
d. Lomerío. Con una mínima representación (menos del 1%), al norte.
e. Lomerío con cañadas. Que abarca la delegación Miguel Hidalgo y norte de las delegaciones Cuajimalpa de Morelos y Álvaro Obregón.
f. Meseta basáltica malpaís. Al centro y sureste, básicamente en parte de las delegaciones Tlalpan, Xochimilco, Coyoacán y en forma mínima en Milpa Alta.
g. Llanura aluvial. Franja que se extiende de noroeste a este, también en las partes norte y este.
h. Llanura lacustre. Extensión de más del 20% del Distrito Federal, ubicada en la parte nor-oriental.

i. Llanura lacustre salina. Principalmente sobre el límite noreste colindando con el Estado de México [27].

Figura 5.4. Fisiografía del Distrito Federal [27]

5.1.1.6. Geología del Distrito Federal [28] [29]

Tabla 5.5. Geología del Distrito Federal			
Era	**Período**	**Roca o suelo**	**% de la superficie estatal**
Cenozoico	Cuaternario	Ígnea extrusiva	44.72
		Suelo	31.62
	Terciario	Ígnea extrusiva	23.66
FUENTE: INEGI. Carta Geológica, 1:1 000 000. [28]			

La roca ígnea extrusiva cubre más de las tres quintas partes de la superficie del Distrito Federal. Estos afloramientos corresponden a dos períodos diferentes de la Era del Cenozoico (63 millones de años aproximadamente); el más reciente es el Período Cuaternario, con afloramientos rocosos ígneos extrusivos (44.7%), y suelo (31.6%), ubicados el primero de la parte central hacia el sur, y el segundo en la zona norte. El Período Terciario se caracteriza por los afloramientos de rocas ígneas extrusivas, que cubren una superficie de 23.7%. Sus principales unidades litológicas se localizan al oeste y este del territorio distrital (Figura 5.5) [29].

5.1.1.7. Climas en el Distrito Federal [30] [31]

Tabla 5.6. Climas en el Distrito Federal	
Tipo o subtipo	**% de la superficie estatal**
Templado subhúmedo con lluvias en verano	57.00
Semifrío húmedo con abundantes lluvias en verano	10.00
Semifrío subhúmedo con lluvias en verano	23.00
Semiseco Templado	10.00
FUENTE: INEGI. Carta de Climas, 1:1 000 000. [30]	

El Distrito Federal se encuentra en la zona intertropical, en la que por latitud la temperatura es alta; sin embargo, esa condición es modificada por la altitud y el relieve. De esta manera, 57% del territorio de esa entidad presenta clima templado, 33% climas semifríos y 10% clima semiseco (Figura 5.6).

Del norte hacia el noroeste, centro, centrosur y este, se distribuye el clima templado subhúmedo con lluvias en verano. Esta extensa zona tiene una altitud que va de 2 250 m en Iztapalapa a 2 900 m en la Sierra de Guadalupe, en las laderas orientales de la Sierra de las Cruces y en las laderas boreales de la Sierra Ajusco-Chichinautzin; en ella, la temperatura

media anual varía de 12°C en las partes más altasa 18°C en las de menor altitud. En ese mismo orden, la precipitación total anual va de 1000 a 600 mm y el período en que se concentra la lluvia es el verano.

Figura 5.5. Geología del Distrito Federal. [29]

Figura 5.6. Mapa de climas del Distrito Federal. [31]

El clima semifrío subhúmedo con lluvias en verano se localiza bordeando por el sur la zona antes descrita. Se muestra como una franja orientada noroeste-sureste y comprende los terrenos de mayor altitud (de 2 900 m hacia arriba), en las sierras De las Cruces y Ajusco-Chichinautzin. Su temperatura media anual llega a 12°C en las partes más bajas de la zona y a 5°C en las cimas de las sierras; la precipitación anual va de 1 000 a 1 500 mm.

En los terrenos cercanos a los límites suroeste y sur del Distrito Federal se presenta el clima semifrío húmedo con abundantes lluvias en verano. Este cubre 10% de la superficie de la entidad en las vertientes occidental y sur de los cerros La Cruz del Marqués (Ajusco), y Pelado, y el volcán Chichinautzin. La temperatura media anual varía dentro del mismo rango del clima semifrío subhúmedo, pero la precipitación total anual es un poco mayor, pues va de 1 200 a más de 1 500 mm.

La zona menos húmeda está situada en los alrededores del aeropuerto internacional de la Ciudad de México y hacia el norte del mismo, que pertenecen al clima semiseco templado con lluvias en verano. Las características distintivas en estos lugares son un rango de temperatura media anual de 14°C a 18°C y una precipitación total anual de 500 a 600 mm [31].

5.1.1.7.a) Estaciones Meteorológicas en el Distrito Federal [32]

Tabla 5.7. Estaciones Meteorológicas en el Distrito Federal

Clave	Estación	Latitud Norte			Longitud Oeste			msnm
		Grados	Minutos	Segundos	Grados	Minutos	Segundos	
09-049	Tacubaya	19	24	00	99	12	00	2,380
09-065	Ajusco	19	13	00	99	12	00	2,840
09-005	Gran Canal	19	29	00	99	05	00	2,240

msnm: metros sobre el nivel del mar.
FUENTE: INEGI. Atlas Climático de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. [32]

5.1.1.8. Temperatura en el Distrito Federal

5.1.1.8.a) Temperatura Media Anual [33] [34]

Tabla 5.8. Temperatura media anual en el Distrito Federal

Estación	Período	Temperatura promedio	Temperatura del año más frio		Temperatura del año más caluroso	
			Año	Temperatura	Año	Temperatura
Tacubaya	1921-1998	15.6	1925	14.2	1995	17.0
Ajusco	1962-1987	11.4	1985	10.5	1963	13.0
Gran Canal	1950-1990	16.8	1954	15.6	1983	18.2

Tabla 5.8 (Continuación)
FUENTE: CNA. Registro Mensual de Temperatura Media en °C. [33]

En la figura 5.7 se puede ver una gráfica que ilustra y compara las temperaturas promedio descritas anteriormente.

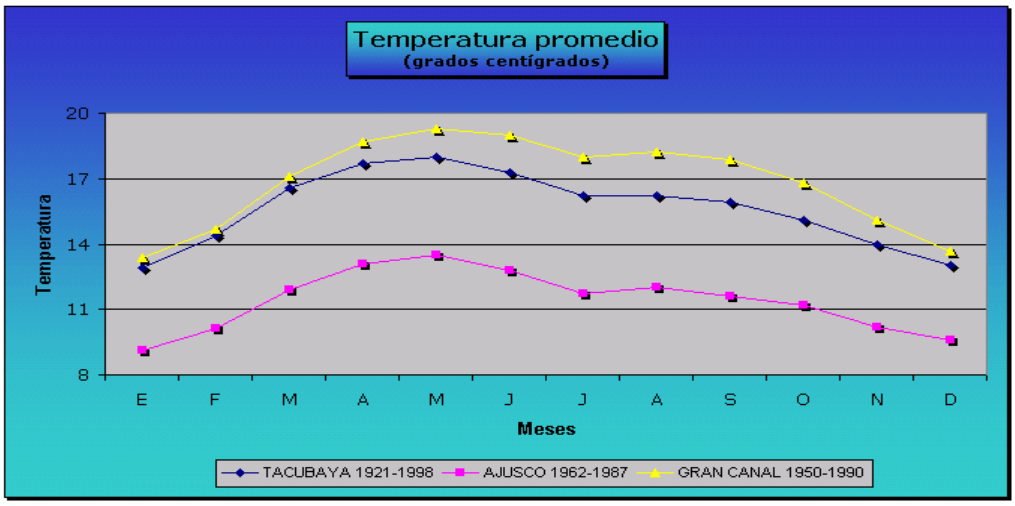

Figura 5.7. Temperatura promedio en el Distrito Federal [33]

Las llamadas isotermas (ilustradas en la figura 5.8), son líneas que unen puntos que tienen igual temperatura media anual y se muestra a manera de curvas con valores en grados centígrados. Las isotermas menores presentes en el mapa del Distrito Federal son las de 8° y 10°C, ambas ubicadas en la porción sur y oeste dentro de las Sierras Volcánicas incluyendo al cerro de La Cruz del Marqués (Ajusco). La temperatura se incrementa al centro del territorio, mientras que la isoterma mayor representada es la de 16°C, presente al norte del Distrito Federal dentro del área urbana de la Ciudad de México [34].

5.1.1.8.b) Temperatura Media Mensual [35]

Tabla 5.9. Temperatura media mensual en el Distrito Federal

Estación y concepto	Período	Meses											
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Tacubaya	1998	14.2	15.9	18.7	21.7	22.7	20.8	18.6	18.1	17.7	16.0	16.7	14.8
Promedio	1921-1998	12.9	14.4	16.6	17.7	18.0	17.3	16.2	16.2	15.9	15.1	14.0	13.0
Año más frío	1925	11.3	12.5	14.5	16.2	15.8	15.7	15.2	15.5	15.2	15.2	12.8	10.8
Año más caluroso	1995	14.9	15.6	17.6	19.7	20.5	19.1	16.9	17.0	17.1	16.2	15.4	14.5
Ajusco	1987	9.8	10.1	11.4	11.6	12.4	11.3	11.6	11.5	11.9	9.7	9.7	10.7
Promedio	1962-1987	9.1	10.1	11.9	13.1	13.5	12.8	11.7	12.0	11.6	11.2	10.2	9.6
Año más frío	1985	8.5	9.4	11.3	10.9	12.2	11.4	10.7	11.1	10.8	10.5	9.8	9.1
Año más caluroso	1963	9.1	10.6	12.1	15.8	13.9	15.0	14.7	15.1	14.0	14.9	10.6	9.6
Gran Canal	1990	15.4	15.9	17.7	19.1	20.4	17.6	18.6	18.6	18.4	17.9	16.7	15.1
Promedio	1950-1990	13.4	14.7	17.1	18.7	19.3	19.0	18.0	18.2	17.9	16.8	15.1	13.7

Tabla 5.9 (Continuación)

Estación y concepto	Período	Meses											
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Año más frío	1954	10.6	14.4	16.4	18.7	17.8	17.2	17.2	17.9	16.4	15.4	13.9	12.9
Año más caluroso	1983	13.3	14.1	17.7	20.5	22.5	21.6	18.5	19.0	18.5	17.6	16.7	15.7
FUENTE: CNA. Registro Mensual de Temperatura Media en °C. [35]													

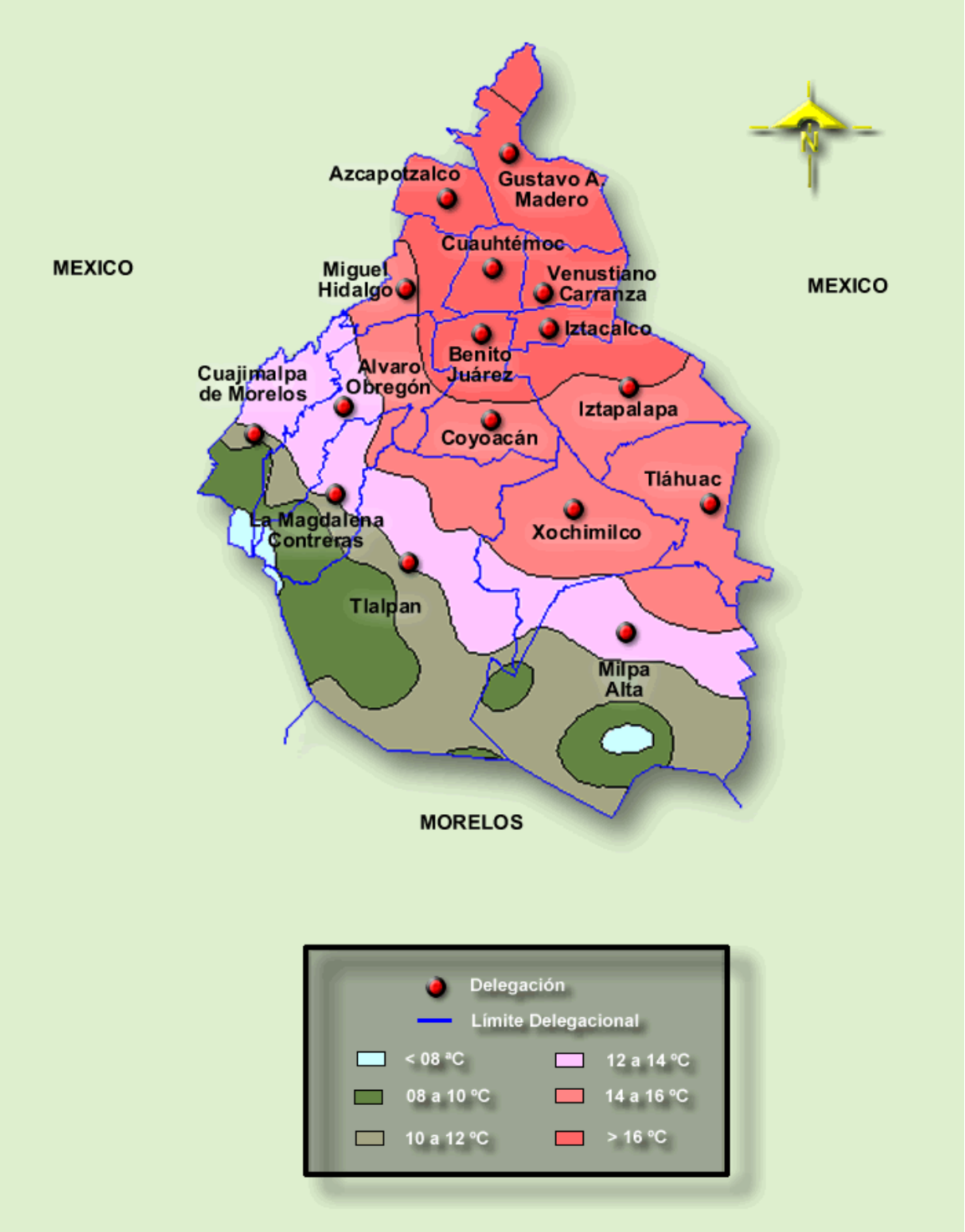

Figura 5.8. Isotermas en el Distrito Federal [34]

5.1.1.9. Precipitación en el Distrito Federal

5.1.1.9.a) Precipitación Total Anual [36] [37]

Tabla 5.10. Precipitación total anual en el Distrito Federal						
Estación	**Período**	**Precipitación promedio**	**Precipitación del año más seco**		**Precipitación del año más lluvioso**	
			Año	Precipitación	Año	Precipitación
Tacubaya	1921-1998	787.6	1945	460.3	1976	1,161.5
Ajusco	1961-1987	1,173.6	1963	562.5	1981	1,366.2
Gran Canal	1972-1990	580.9	1989	383.6	1976	749.6
FUENTE: CNA. Registro Mensual de Precipitación Pluvial en mm. [36]						

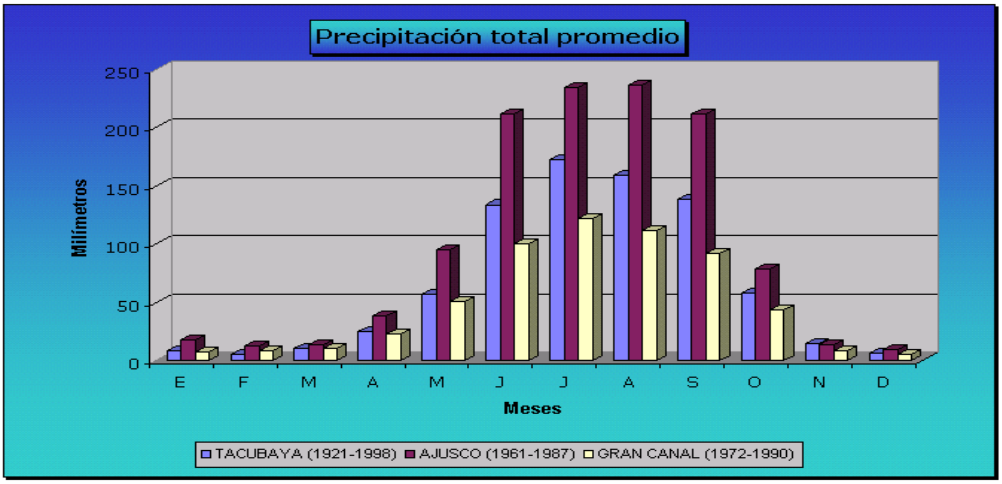

Figura 5.9. Precipitación total promedio en el Distrito Federal [36].

Las isoyetas son conocidas como las líneas que delimitan zonas con igual registro de precipitación, reportadas en milímetros. En el Distrito Federal el rango que se tiene para los valores de isoyetas abarca menores de 600 a mayores de 1500 mm., que lo ubican como una de las entidades con características de precipitación moderada. En el mapa se aprecia un patrón de distribución ascendente para las isoyetas de noreste a suroeste, lo que coincide de manera general con las partes bajas y más elevadas del territorio respectivamente [37].

5.1.1.9.b) Precipitación Mensual Total [38]

Tabla 5.11. Precipitación mensual total en el Distrito Federal													
Estación y concepto	**Período**	**Meses**											
		Ene	**Feb**	**Mar**	**Abr**	**May**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dic**
Tacubaya	1998	7.9	0.0	0.0	0.7	7.3	60.1	140.9	311.1	317.1	81.6	21.7	0.0
Promedio	1921-1998	8.2	5.6	10.3	24.7	56.5	133.8	172.8	159.5	138.1	57.5	14.0	6.6
Año más seco	1945	4.9	0.4	13.9	19.1	28.2	84.3	80.8	84.9	91.1	15.9	36.8	0.0
Año más lluvioso	1976	0.0	4.2	2.7	42.3	75.3	99.7	306.2	299.6	171.2	120.3	6.3	33.7
Ajusco	1987	0.0	8.0	27.0	50.0	55.0	254.0	324.0	225.0	167.0	0.0	15.0	0.0
Promedio	1961-1987	17.8	12.7	13.2	37.8	95.3	212.2	234.3	237.1	211.9	78.7	13.0	9.6

Tabla 5.11 (Continuación)

Estación y concepto	Período	Meses											
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Año más seco	1963	0.0	0.0	14.5	4.5	40.5	81.5	183.0	154.5	68.0	9.5	6.5	0.0
Año más lluvioso	1981	22.5	19.3	3.9	44.0	86.3	344.8	242.2	234.7	281.9	77.6	1.0	8.0
Gran Canal	1990	9.4	10.9	7.4	26.3	52.1	101.3	130.6	115.5	92.7	71.8	0.0	0.0
Promedio	1972-1990	7.4	7.8	10.6	22.3	50.4	99.9	122.2	111.6	92.4	43.2	8.2	4.9
Año más seco	1989	0.0	0.0	2.1	7.1	6.9	125.7	35.8	91.3	78.6	22.3	0.0	13.8
Año más lluvioso	1976	0.0	11.6	9.4	24.7	60.1	44.4	104.6	196.5	128.6	112.3	28.5	28.9
FUENTE: CNA. Registro Mensual de Precipitación Pluvial en mm. [38]													

Figura 5.10. Isoyetas en el Distrito Federal [37].

5.1.1.10. Días con Heladas en el Distrito Federal [39]

Tabla 5.12. Días con heladas en el Distrito Federal													
Estación y concepto	**Período**	**Ene**	**Feb**	**Mar**	**Abr**	**May**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dic**
Tacubaya													
Total	1985-1998	6	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Año con menos	1998	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Año con más	1987	4	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ajusco													
Total	1978-1987	130	73	32	2	0	0	0	0	1	14	47	89
Año con menos	1982	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	2	16
Año con más	1980	26	22	3	0	0	0	0	0	0	3	0	9
Gran Canal													
Total	1981-1990	62	19	8	0	0	0	0	0	0	0	5	13
Año con menos	1990	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Año con más	1983	10	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
FUENTE: CNA. Registro de Heladas. [39]													

5.1.1.11. Regiones y Cuencas Hidrológicas del Distrito Federal [40] [41]

Tabla 5.13. Regiones y cuencas hidrológicas del Distrito Federal (I)		
Región	**Cuenca**	**% de la superficie estatal**
Lerma – Santiago	R. Lerma – Toluca	0.50
Balsas	R. Balsas – Mezcala	4.60
Pánuco	R. Moctezuma	94.90
FUENTE: INEGI. Carta Hidrológica de Aguas Superficiales, 1:250 000. [40]		

Tabla 5.14. Regiones y cuencas hidrológicas en el Distrito Federal (II)			
Nombre	**Ubicación**	**Nombre**	**Ubicación**
Mixcoac (entubado)	R. Moctezuma	Agua de Lobo	R. Balsas – Mezcala
Churubusco (entubado)	R. Moctezuma	El Zorrillo	R. Balsas – Mezcala
Los Remedios	R. Moctezuma	Oxaixtla	R. Moctezuma
La Piedad (entubado)	R. Moctezuma	Canal Chalco	R. Moctezuma
Tacubaya	R. Moctezuma	Canal Apatlaco	R. Moctezuma
Becerra	R. Moctezuma	Canal General	R. Moctezuma
Consulado (entubado)	R. Moctezuma	Canal Nacional	R. Moctezuma
Santo Desierto	R. Moctezuma	Canal Cuemanco	R. Moctezuma
San Buenaventura	R. Moctezuma	Canal del Desagüe	R. Moctezuma
La Magdalena	R. Moctezuma		R. Moctezuma
FUENTE: INEGI. Carta Hidrológica de Aguas Superficiales, 1:250 000. INEGI. Carta Topográfica 1:50 000. [40]			

Tabla 5.15. Cuerpos de agua en el Distrito Federal [40]	
Nombre	**Ubicación**
Presa Anzaldo	R. Moctezuma
Presa Canutillo	R. Moctezuma

Tabla 5.15 (Continuación)	
Nombre	**Ubicación**
Lago San Juan de Aragón (artificial)	R. Moctezuma
Lagos de Chapultepec (artificiales)	R. Moctezuma
Lagos de Xochimilco	R. Moctezuma
FUENTE: INEGI. Carta Hidrológica de Aguas Superficiales, 1:250 000. INEGI. Carta Topográfica, 1:50 000 (segunda edición)	

Figura 5.11. Regiones y Cuencas Hidrológicas en el Distrito Federal [41]

La región hidrológica denominada Pánuco es la que ocupa la mayor parte del territorio del Distrito Federal (94.9%), incluye sólo la Cuenca R. Moctezuma y abarca toda el área de la Ciudad de México. En esta cuenca se localizan ríos tales como Los Remedios, Tacubaya, Mixcoac, Churubusco, Consulado, etc., estando los tres últimos entubados, así como los canales Chalco, Apatlaco y Cuemanco, entre otros. También, se encuentra el lago Xochimilco y los lagos artificiales de San Juan de Aragón y Chapultepec; cabe señalar que todas las corrientes y cuerpos de agua mencionados están inmersos en la mancha urbana. Por otra parte, porciones de la Región Hidrológica del Balsas se presentan al sur y suroeste del Distrito Federal que incluye sólo la Cuenca R. Balsas Mezcala. Aquí se encuentran los ríos Agua de Lobo y El Zorrillo. La Región Hidrológica Lerma-Santiago se presenta únicamente en dos pequeñas zonas al oeste del Distrito Federal, las cuales pertenecen a la Cuenca R. Lerma-Toluca, estando ausentes corrientes y cuerpos de agua importantes [41].

5.1.1.12. Vías de Comunicación en el Distrito Federal [42]

El Distrito Federal concentra en su parte norte la mayoría de sus vías de comunicación, que dentro de la zona urbana son avenidas que se comunican hacia el sur de la entidad para unirse con las carreteras. En la actualidad, se tienen ya 10 líneas del metro que favorecen efectivamente la problemática del transporte en esta cuidad, comunicando alrededor de 12 delegaciones de las 17 presentes en el D.F.

La red carretera se compone por la carretera federal núm. 136 México-Texcoco, al este junto con la carretera federal núm. 150 y núm. 190 que se dirigen a Puebla. También presente está la federal núm. 113 al sureste que conduce a Tepetlixpa, Temamatla y Oaxtepec; la carretera federal núm. 95 comunica al territorio del D. F. con Cuernavaca al sur, y al oeste se presentan las autopistas México-Toluca y Constituyentes-La Venta (federal núm.15), que se dirigen a Toluca; asimismo la autopista Cuajimalpa-Anaucalpan que más adelante se une a la carretera federal núm.134 con destino a Naucalpan primero y posteriormente a Toluca. Al suroeste se localiza la carretera Circuito del Ajusco que a partir del Periférico Sur, se dirige igualmente a la cuidad de Toluca.

Las primeras vialidades de la extensa mancha urbana son Aquiles Serdán, Insurgentes Sur y Norte, Constituyentes, Paseo de la Reforma, Viaducto Miguel Alemán, Oceanía, Circuito Interior, Tlalpan, Ignacio Zaragoza, C. Ermita Iztapalapa, Tláhuac (con dirección a

Chalco), Xochimilco-Tulyehualco (que comunica a Milpa Alta y San Andrés Mixquic, rumbo a San Pablo Atlazalpa), y Periférico Sur y Norte.

Por otro lado, los ramales de ferrocarril comunican el norte y se dirigen hacia las ciudades de Toluca, Querétaro y Pachuca principalmente, alcanzando una red ferroviaria con extensión de 456 km.

Por último, la entidad dispone del aeropuerto Benito Juárez, el cual cuenta con servicio nacional e internacional.

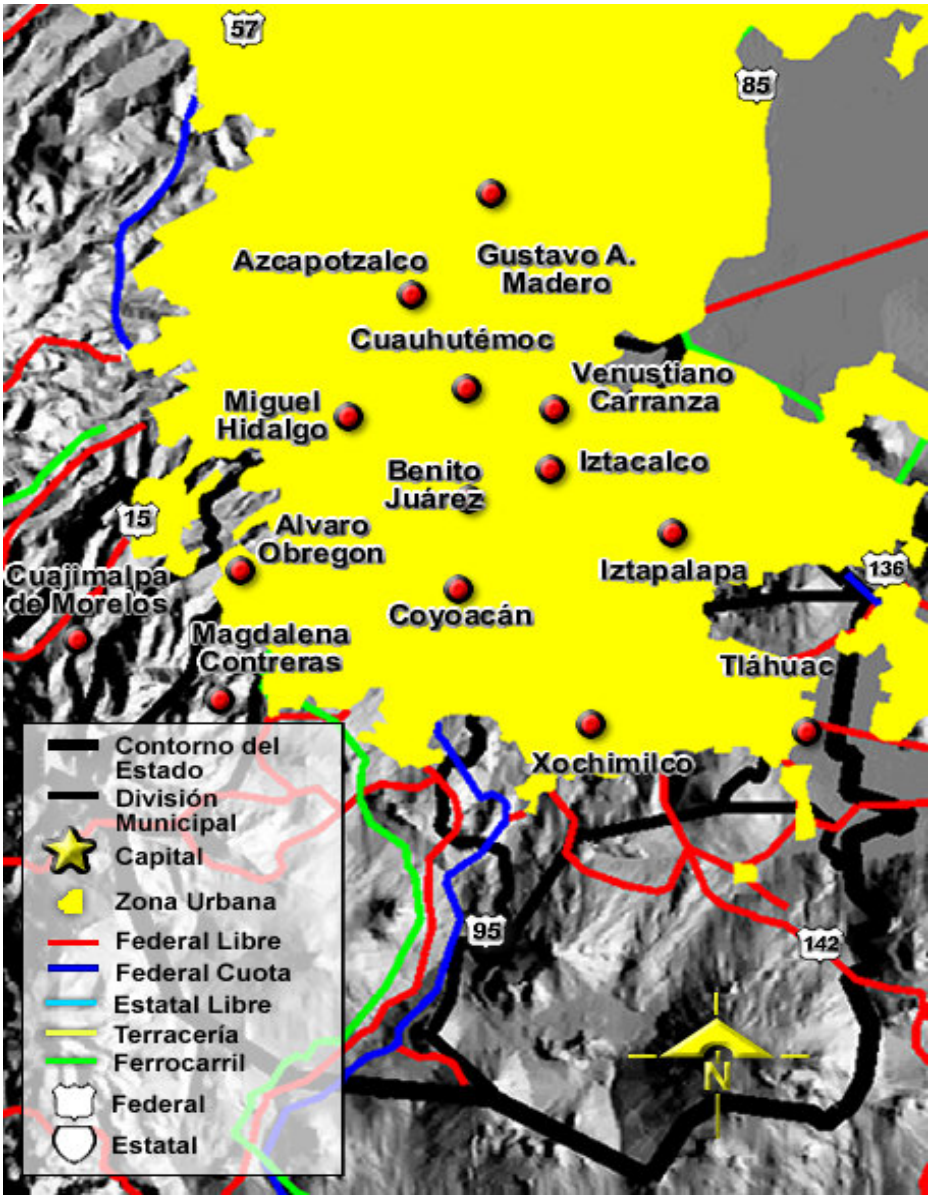

Figura 5.12. Vías de comunicación en el Distrito Federal [42].

Para ver el estado de las carreteras en el Distrito Federal, ver el punto 5.2.1.11.

5.1.2. Nivel de Ingresos en el Distrito Federal

Sabemos, por las juntas en Renault (ver Anexos), que el Valle de México es la zona con mayores ventas de sus modelos Clio y Mégane. En la siguiente tabla encontramos una comparación de nivel de ingreso a nivel nacional y el nivel en el Distrito Federal. El segmento de subcompactos no se distingue por precios elevados (ver Capítulo 4); por otro lado, los compactos tienen un precio mayor sin ser exagerado. Si tomamos en cuenta el factor economía en combustible y dimensiones de los subcompactos dadas las características del Distrito Federal, podemos entender que sean una buena opción para el promedio de la población que recibe los ingresos mostrados.

Tabla 5.16. Comparación de nivel de ingresos nacional y del Distrito Federal

Niveles de ingreso	**Nacional**		**Distrito Federal**	
	Absolutos	**Estructura %**	**Absolutos**	**Estructura %**
Total	**40 117 122**	**100 0**	**3 706 690**	**100.0**
Menos de un salario mínimo •	6 288 995	15.7	195 373	5.3
De 1 hasta 2 salarios mínimos	9 773 205	24.4	952 619	25.7
Más de 2 hasta 3 salarios mínimos	8 619 162	21.5	857 754	23.1
Más de 3 hasta 5 salarios mínimos	6 147 771	15.3	762 758	20.6
Más de 5 hasta 10 salarios mínimos	3 219 550	8.0	407 299	11.0
Más de 10 salarios mínimos	1 101 964	2.7	199 476	5.4
No recibe ingresos	3 648 938	9.1	138 682	3.7
No especificado	1 317 537	3.3	192 729	5.2
Hombres	**26 262 198**	**100.0**	**2 245 881**	**100.0**
Menos de un salario mínimo •	3 608 662	13.7	80 468	3.6
De 1 hasta 2 salarios mínimos	5 959 646	22.7	499 510	22.2
Más de 2 hasta 3 salarios mínimos	6 220 791	23.7	553 364	24.6
Más de 3 hasta 5 salarios mínimos	4 422 201	16.8	500 245	22.3
Más de 5 hasta 10 salarios mínimos	2 343 521	8.9	264 225	11.8
Más de 10 salarios mínimos	919 817	3.5	169 121	7.5
No recibe ingresos	1 852 671	7.1	45 353	2.0
No especificado	934 889	3.6	133 595	5.9
Mujeres	**13 854 924**	**100.0**	**1 460 809**	**100.0**
Menos de un salario mínimo •	2 680 333	19.3	114 905	7.9
De 1 hasta 2 salarios mínimos	3 813 559	27.5	453 109	31.0
Más de 2 hasta 3 salarios mínimos	2 398 371	17.3	304 390	20.8
Más de 3 hasta 5 salarios mínimos	1 725 570	12.5	262 513	18.0
Más de 5 hasta 10 salarios mínimos	876 029	6.3	143 074	9.8
Más de 10 salarios mínimos	182 147	1.3	30 355	2.1
No recibe ingresos	1 796 267	13.0	93 329	6.4
No especificado	382 648	2.8	59 134	4.0

Tabla 5.16 (Continuación)
NOTA: Datos correspondientes al trimestre abril-junio. Excluye a los iniciadores de un próximo trabajo. • Incluye a la población ocupada que recibe únicamente ingreso no monetario (autoconsumo). Excluye a los iniciadores de un próximo trabajo. FUENTE: INEGI-STPS. Encuesta Nacional de Empleo, 2003. Aguascalientes, Ags., México, 2003. [43]

El Distrito Federal corresponde al área geográfica “A” correspondiendo un salario mínimo de $45.24 por día (datos al 2004). [79]

5.2. Estado de México

5.2.1. Aspectos Geográficos del Estado de México

5.2.1.1. Ubicación y Aspectos Geográficos [44]

Tabla 5.17. Ubicación geográfica del Estado de México	
Nombre oficial del estado	México
Coordenadas geográficas extremas	Al norte 20°17’, al sur 18°22’ de latitud norte; al este 98°36’, al oeste 100°37’ de longitud oeste. (a)
Porcentaje territorial	El Estado de México representa el 1.1% de la superficie del país. (b)
Colindancias	México colinda al norte con Michoacán de Ocampo, Querétaro de Arteaga e Hidalgo; al este con Hidalgo, Tlaxcala, Puebla, Morelos y el Distrito Federal; al sur con Morelos y Guerrero; al oeste con Guerrero y Michoacán de Ocampo. (a)
Capital	Toluca de Lerdo
Población total	13,096,686 (c)
Población hombres	6,407,213 (c)
Población mujeres	6,689,473 (c)
Fuente: (a) INEGI. Marco Geoestadístico, 2000. (b) INEGI-DGG. Superficies Nacional y Estatales. 1999. (c) INEGI – XII Censo General de Población y Vivienda 2000. [44]	

5.2.1.2. Espaciomapa del Estado de México [45]

El espaciomapa (Figura 5.13), está hecho a partir de imágenes Landsat TM (mapeador temático), tomadas en el año 1993 con una combinación de falso color normal que permite distinguir:

- En tonos rojo, la vegetación cuando es verde.
- En color azul tenue, las grandes localidades urbanas. En la sección superior derecha de la imagen se distingue el área conurbada de la ciudad de Toluca.
- En color negro, las presas y lagos cuando son profundos y transparentes; cuando no los son, aparecen en tonos de azul.
- En tonos rosa, las áreas de cultivo de riego en lugares planos.

- En tonos blanco, áreas de cultivo de temporal, apreciables en la parte noreste del estado.

También se pueden distinguir los principales volcanes de la sierra nevada mexicana, tal es el caso del Nevado de Toluca, el Popocatépetl y el Iztaccíhuatl.

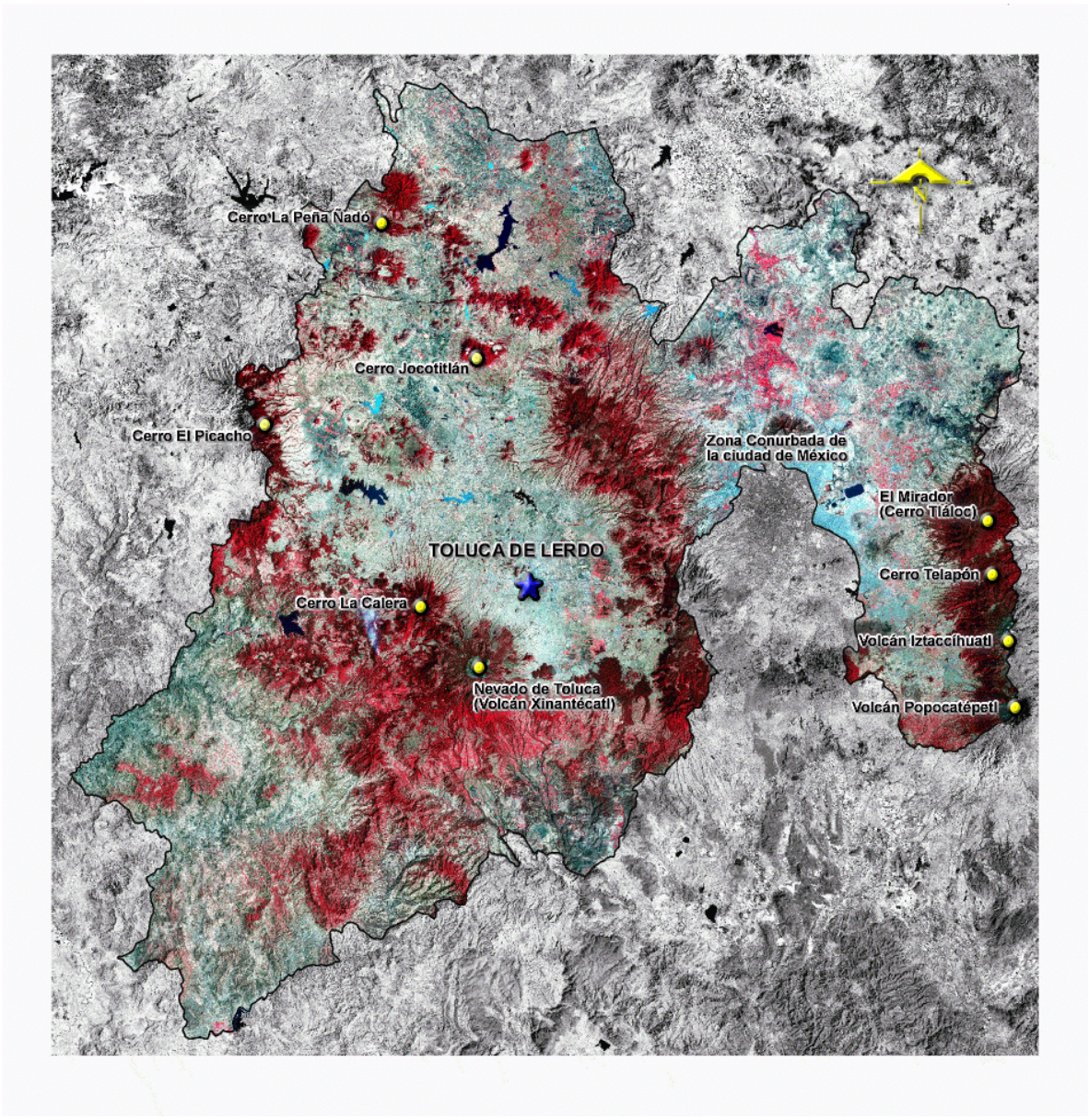

Figura 5.13. Espaciomapa del Estado de México [45]

5.2.1.3. División política del Estado de México [44]

Tabla 5.18. División política del Estado de México			
Municipio	**Cabecera municipal**	**Municipio**	**Cabecera municipal**
Acambay	Acambay	Ocoyoacac	Ocoyoacac
Acolman	Acolman de Nezahaucóyotl	Ocuilan	Ocuilan de Arteaga
Aculco	Aculco de Espinoza	Oro, El	Oro de Hidalgo, El
Almoloya de Alquisiras	Almolya de Alquisiras	Otumba	Otumba de Gómez Farías
Almoloya de Juárez	Villa de Almoloya de Juárez	Otzoloapan	Otzoloapan
Almoloya del Río	Almoloya del Río	Otzolotepec	Villa Cuauhtémoc
Amanalco	Amanalco de Becerra	Ozumba	Ozumba de Alzate
Amatepec	Amatepec	Papalotla	Papalotla
Amecameca	Amecameca de Juárez	Paz, La	Reyes Acaquilpan, Los
Apaxco	Apaxco de Ocampo	Polotitlán	Polotitlán de la Ilustración
Atenco	San Salvador Atenco	Rayón	Santa María Rayón
Atizapán	Santa Cruz Atizapán	San Antonio de Isla	San Antonio de Isla
Atizapán de Zaragoza	Ciudad López Mateos	San Felipe del Progreso	San Felipe del Progreso
Atlacomulco	Atlacomulco de Fabela	San Martín de las Pirámides	San Martín de las Pirámides
Atlautla	Atlautla de Victoria	San Mateo Atenco	San Mateo Atenco
Axapusco	Axapusco	San Simón de Guerrero	San Simón de Guerrero
Ayapango	Ayapango de Gabriel Ramos Millán	Santo Tomás	Santo Tomás de los Plátanos
Calimaya	Calimaya de Díaz González	Soyaniquilpan de Juárez	San Francisco Soyaniquilpan
Capulhuac	Capulhuac de Mirafuentes	Sultepec	Sultepec de Pedro Ascencio de Alquisiras
Coacalco de Berriozábal	San Francisco Coacalco	Tecámac	Tecámac de Felipe Villanueva
Coatepec Harinas	Coatepec Harinas	Tejupilco	Tejupilco de Hidalgo
Cocotitlán	Cocotitlán	Temamatla	Temamatla
Coyotepec	Coyotepec	Temascalapa	Temascalapa
Cuautitlán	Cuautitlán	Temascalcingo	Temascalcingo de José María Velasco
Chalco	Chalco de Díaz Covarrubias	Temascaltepec	Temascaltepec de González
Chapa de Mota	Chapa de Mota	Temoaya	Temoaya
Chapultepec	Chapultepec	Tenancingo	Tenancingo de Degollado
Chiautla	Chiautla	Tenango del Aire	Tenango del Aire
Chicoloapan	Chicoloapan de Juárez	Tenango del Valle	Tenango de Arista
Chiconcuac	Chiconcuac de Juárez	Teoloyucán	Teoloyucán
Chimalhuacán	Chimalhuacán	Teotihuacan	Teotihuacan de Arista
Donato Guerra	Villa Donato Guerra	Tepetlaoxtoc	Tepetlaoxtoc de Hidalgo
Ecatepec de Morelos	Ecatepec de Morelos	Tepetlixpa	Tepetlixpa
Ecatzingo	Ecatzingo de Hidalgo	Tepotzotlán	Tepotzotlán
Huehuetoca	Huehuetoca	Tequixquiac	Tequixquiac
Hueypoxtla	Hueypoxtla	Texcaltitlán	Texcaltitlán
Huixquilucan	Huixquilucan de Degollado	Texcalyacac	San Mateo Texcalyacac
Isidro Fabela	Tlazala de Fabela	Texcoco	Texcoco de Mora

Tabla 5.18 (Continuación)			
Municipio	**Cabecera municipal**	**Municipio**	**Cabecera municipal**
Ixtapaluca	Ixtapaluca	Tezoyuca	Tezoyuca
Ixtapan de la Sal	Ixtapan de la Sal	Tianguistenco	Santiago Tianguistenco de Galeana
Ixtapan del Oro	Ixtapan del Oro	Timilpan	San Andrés Timilpan
Ixtlahuaca	Ixtlahuaca de Rayón	Tlalmanalco	Tlalmanalco de Velázquez
Xacatlaco	Xalatlaco	Tlalnepantla de Baz	Tlalnepantla
Jaltenco	Jaltenco	Tlatlaya	Tlatlaya
Jilotepec	Jilotepec de Molina Enríquez	Toluca	Toluca de Lerdo
Jilotzingo	Santa Ana Jilotzingo	Tonatico	Tonatico
Jiquipilco	Jiquipilco	Tultepec	Tultepec
Jocotitlán	Jocotitlán	Tultitlán	Tultitlán de Mariano Escobedo
Joquicingo	Joquicingo de León Guzmán	Valle de Bravo	Valle de Bravo
Juchitepec	Juchitepec de Mariano Rivapalacio	Villa de Allende	San José Villa de Allende
Lerma	Lerma de Villada	Villa del Carbón	Villa del Carbón
Malinalco	Malinalco	Villa Guerrero	Villa Guerrero
Melchor Ocampo	Melchor Ocampo	Villa Victoria	Villa Victoria
Metepec	Metepec	Xonacatlán	Xonacatlán
Mexicaltzingo	San Mateo Mexicaltzingo	Zacazonapan	Zacazonapan
Morelos	San Bartolo Morelos	Zacualpan	Zacualpan
Naucalpan de Juárez	Naucalpan de Juárez	Zinacantepec	San Miguel Zinacantepec
Nezahualcóyotl	Ciudad Nezahualcóyotl	Zumpahuacán	Zumpahuacán
Nextlalpan	Santa Ana Nextlalpan	Zumpango	Zumpango de Ocampo
Nicolás Romero	Villa Nicolás Romero	Cuautitlán Izcalli	Cuautitlán Izcalli
Nopaltepec	Nopaltepec	Valle de Chalco Solidaridad	Xico
FUENTE: INEGI. México. XII Censo General de Población y Vivienda 2000. [44]			

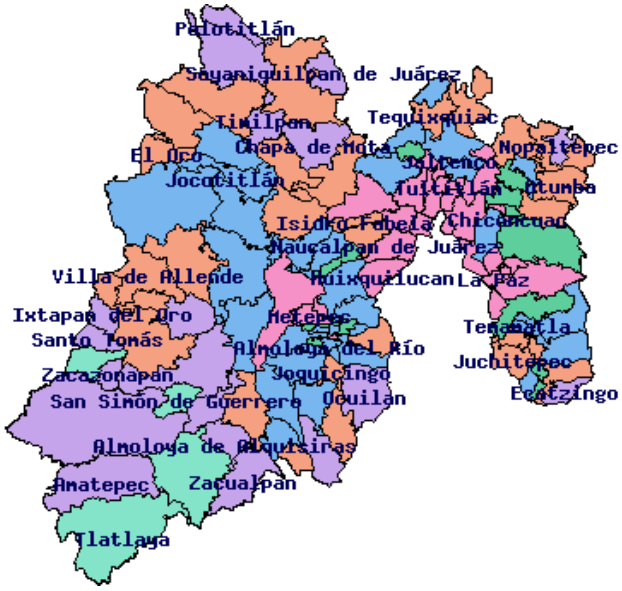

Figura 5.14. División política del Estado de México [44]

5.2.1.4. Elevaciones Principales en el Estado de México [46] [47]

Tabla 5.19. Elevaciones principales en el Estado de México					
Nombre	**Latitud Norte**		**Longitud Oeste**		**Altitud**
	Grados	**Minutos**	**Grados**	**Minutos**	**msnm**
Volcán Popocatépetl	19	01	98	37	5,500
Volcán Iztaccíhuatl	19	11	98	38	5,220
Nevado de Toluca (Volcán Xinantécatl)	19	06	99	46	4,680
Cerro Telapón	19	22	98	43	6,060
Cerro Atlamasha	19	07	98	40	3,980
Cerro Jocotitlán	19	44	99	45	3,910
El Mirador (Cerro Tláloc)	19	25	98	42	3,880
Cerro La Corona	19	07	99	21	3,780
Cerro La Catedral	19	33	99	31	3,770
Cerro La Calera	19	11	99	49	3,740
Cerro Las Palomas	19	33	99	30	3,720
Cerro Las Navajas	19	32	99	30	3,710
Cerro Cervantes	19	30	99	29	3,660
Cerro El Gavilán	19	15	99	21	3,650
Cerro El Picacho	19	34	100	13	3,640
Cerro Pelón	19	23	100	16	3,500
Cerro La Guadalupana	19	32	99	53	3,370
Cerro La Peña Ñadó	20	04	99	56	3,320
Cerro Yeguashi	19	56	99	58	3,080
Cerro Las Ánimas	19	47	99	31	3,060
Cerro Gordo	19	45	98	50	3,060
msnm: metros sobre el nivel del mar. FUENTE: INEGI. Carta Topográfica, 1:50 000. [46]					

En la figura 5.15 se puede ver la ubicación de estas elevaciones en el territorio del Estado de México.

4.2.1.5. Fisiografía del Estado de México [48] [49]

Tabla 5.20. Fisiografía del Estado de México		
Provincia	**Subprovincia**	**% de la superficie estatal**
Eje Neovolcánico	Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo	7.02
	Mil Cumbres	10.06
	Lagos y Volcanes de Anáhuac	58.59
Sierra Madre del Sur	Depresión del Balsas	20.18
	Sierras y Valles Guerrerenses	4.15
FUENTE: INEGI. Carta Fisiográfica, 1:1 000 000. [48]		

Los límites del Estado de México comprenden áreas que corresponden a dos provincias fisiográficas del país: la del Eje Neovolcánico, que ocupa la mayor parte de la superficie estatal; y la de la Sierra Madre del Sur, en las porciones más australes de la entidad.

- Provincia del Eje Neovolcánico: Dentro del Estado de México se encuentran áreas que pertenecen a tres subprovincias de ésta región fisiográfica: Mil Cumbres, Llanos y Sierras de Querétaro e Hidalgo, Lagos y Volcanes de Anáhuac.

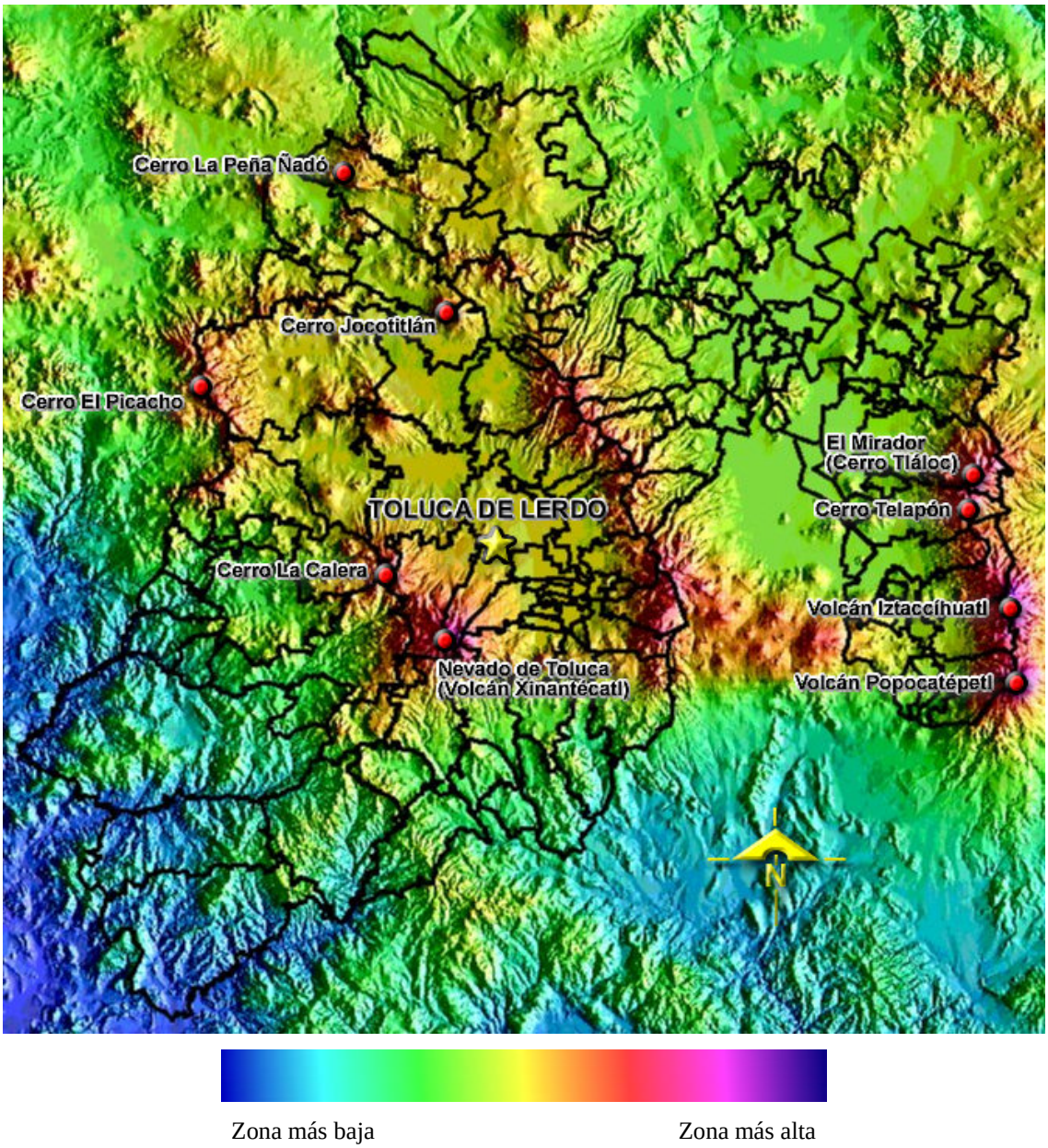

Figura 5.15. Mapa de elevaciones principales en el Estado de México [47]

- Subprovincia Mil Cumbres: Penetra en el occidente del Estado de México. Ocupa 6.49% (1,508.481 km^2), de la superficie total estatal y abarca completamente el municipio de El Oro, y partes de los de Amanalco, Donato Guerra, Jocotitlán, San Felipe del Progreso, Temascalicingo, Valle de Bravo, Vila de Allende y Villa de Victoria. El sistema de topoformas más importante en la entidad es el de lomeríos de colinas redondeadas con mesetas de basalto.

  Se presentan once tipos de suelo en la subprovincia, entre los que dominan el andosol húmico y el andosol órtico, suelos derivados de cenizas volcánicas, muy ligeros y con alta capacidad de retención de agua.
- Subprovincia de los Llanos y Sierras de Querétaro e Hidalgo: La subprovincia penetra en tres puntos de la parte norte del Estado de México y cubre 1,415.294 km^2 (6.08% de la superficie total de la entidad). Los municipios que quedan dentro de ésta son: Polotitlán y Soyaniquilpan (completos), y parte de Jilotepec, Aculco, Acambay, Chapa de Mota y Hueypoxtla. Únicamente se presentan cuatro sistemas de topoformas: la sierra de laderas tendidas (es un sistema en el que las laderas del macizo montañoso son tendidas, al menos en alguno de sus lados), los escudo-volcanes aislados o en conjunto (son volcanes apartados y de poca altura), la llanura de pico rocoso (es una llanura de aluviones profundos), y el lomerío de colinas redondeadas (sistema formado por lomas suaves, redondeadas).

  La diversidad de suelos no es muy grande, sin embargo, se caracterizan por ser muy fértiles y aptos para la agricultura y la ganadería.
- Subprovincia de Lagos y Volcanes de Anáhuac: En el Estado de México, la subprovincia ocupa 14,315.69 km^2 (61.6% de la superficie estatal total), abarcando 84 municipios en su totalidad y 18 parcialmente.

  La subprovincia presenta 27 tipos de suelos, entre ellos: cambisol húmico, cambisol calcárico, cambisol vértico, cambisol dístrico, regosol dístrico, regosol calcárico, fluvisol dístrico, fluvisol eutrico, rendzina, planasol eutrico, feozem calcárico, vertisol calcárico, gleysol húmico, solonchak mólico y solonchak gléyico.

- Provincia de la Sierra Madre del Sur: Dentro del territorio del Estado de México, hay áreas que corresponden a dos subprovincias de la Sierra Madre del sur: la de la Depresión del Balsas y la de las Sierras y Valles Guerrerenses.
    - Subprovincia de la Depresión del Balsas: Abarca en el Estado de México un área de 4,992.323 km^2, lo que significa el 21.48% de la superficie total de la entidad. Cubre los municipios de: Ixtapan del Oro, Santo Tomás, Otzoloapan, Zacazonapan, San Simón de Guerrero, Almoloya de Alquisiras, Sultepec, Tlatlaya, Amatepec y Tejupilco y parte de: Donato Guerra, Valle de Bravo, Temascaltepec, Texcaltitlán, Coatepec Harinas y Zacualpan. Uno de los sistemas de topoformas más importantes que están presentes en esta subprovincia es el de la sierra compleja con cañadas, con gran variedad de rocas: esquistos, basaltos y aluviones continentales. Otros sistemas que se encuentran en la subprovincia son: la gran sierra compleja con mesetas, el lomerío, el valle de cañadas convergentes con lomerío, el valle de laderas tendidas, el valle de laderas tendidas con lomeríos y la meseta lávica.

      Los suelos son de origen coluvio-aluvial y residual y su fertilidad es de moderada a alta, por lo que pueden ser utilizados en actividades agrícolas, pecuarias y forestales, aunque algunas zonas presentan problemas de acidez.
    - Subprovincia de las Sierras y Valles Guerrerenses: Penetra al Estado de México en su porción centro-sur y ocupa 1, 012.425 km^2 de su superficie total. Abarca completamente los municipios de Ixtapan de la Sal, Tonatico, Zumpahuacán, y partes de los de Coatepec Harinas, Malinalco, Ocuilán, Tenancingo, Villa Guerrero y Zacualpan. Los sistemas de topoformas que se presentan en la subprovincia son los siguientes: sierras de cumbres tendidas y laderas escarpadas (este sistema está constituido fundamentalmente por basaltos), lomerío con llanos aislados (formado por esquistos, calizas y arenisca-conglomerado), valle de laderas tendidas con mesetas (constituido por caliza, caliza-lutita y basalto), meseta de aluvión y meseta de aluvión antiguo con cañadas.

      Existe variedad de suelos, predominando el vertisol pélico, el feozem háplico, el luvisol crómico y el litosol [49].

Figura 5.16. Fisiografía del Estado de México [49].

5.2.1.6. Geología del Estado de México [50] [51]

Tabla 5.21. Geología del Estado de México			
Era	**Período**	**Roca o suelo**	**% de la superficie estatal**
Cenozoico	Cuaternario	Ígnea extrusiva	21.63
		Suelo	9.70
	Terciario	Ígnea extrusiva	39.92
		Sedimentaria	17.55
Mesozoico	ND	Ígnea extrusiva	0.59
	ND	Sedimentaria	0.09
	ND	Metamórfica	8.81
	Cretácico	Sedimentaria	1.71
FUENTE: INEGI. Carta Geológica, 1:1 000 000. [50]			

La litología del Estado de México está constituida por afloramientos de rocas de origen ígneo, sedimentario y metamórfico, siendo las rocas ígneas extrusivas las que ocupan una mayor extensión. Las rocas de esta entidad datan desde el Triásico (las metamórficas), hasta el Cuaternario (representado por rocas ígneas de composición basáltica, así como por depósitos lacustres y aluviales).

Las principales estructuras geológicas que se presentan son aparatos volcánicos, algunos de los cuales se cuentan entre los más notables del país: el Popocatépetl, el Iztlaccíhuatl y el Nevado de Toluca. Además existen fracturas y fallas regionales, asociadas a los fenómenos de vulcanismo y mineralización. Los aspectos de geología económica más importantes están relacionados con las rocas que por su naturaleza primaria y las estructuras que las han afectado, constituyen zonas favorables para la explotación de acuíferos, de yacimientos minerales y de bancos de materiales para la construcción.

El Estado de México está comprendido dentro de dos provincias geológicas que son: el Eje Neovolcánico y la Sierra Madre del Sur.

- Eje Neovolcánico: esta provincia cubre la mayor parte del estado en su porción norte. Limita al sur con la Sierra Madre del Sur. Está caracterizada geológicamente por el predominio de rocas volcánicas que datan del Terciario y del Cuaternario.
    - Estratigrafía: En esta provincia hay algunos afloramientos de rocas triásicas, litológicamente clasificadas como filitas y pizarras. Dichos afloramientos están cartografiados en el noroeste, en el distrito minero de El Oro. Del Cretácico,

afloran rocas sedimentarias marinas, de composición carbonatada; en Apaxco, éstas son explotadas para la industria de la construcción.

También existen rocas sedimentarias clásticas, asociadas con piroclásticas (tobas), que afloran extensamente desde Atlacomulco hasta Toluca y en otras regiones como las de Chiconcuac y Coatepec de Harinas.

Del cuaternario existen depósitos lacustres y aluviales que rellenan antiguos lagos de la cuenca de México y los valles de la cuenca del Lerma.

Las principales estructuras de esta provincia son los aparatos volcánicos formados por conos cineríticos y derrames de lavas. De entre estos sobresalen el Popocatépetl, el Iztaccíhuatl y el Nevado de Toluca, que son los volcanes más notables del país, todos ellos formados por rocas andesíticas.

- Geología Económica: En la actualidad la actividad minera dentro de la provincia, en lo que se refiere a minerales metálicos, se encuentra reducida a la explotación y rehabilitación de minas antiguas. Esto es costeable debido al precio actual de los metales preciosos. Sin embargo, son los minerales no-metálicos los que s través de algunas plantas de tratamiento generan empleos para la entidad, ya que además de los materiales básicos para la construcción, hay en el subsuelo de lo que era el Lago de Texcoco un área de alta potencialidad económica.

  Existen ahí depósitos de aguas salobres, ricas principalmente en carbonatos y cloruro de sodio. El carbonato de sodio es utilizado principalmente en las industrias del vidrio, del papel y de los detergentes. En Apaxco se aprovecha la roca caliza para la generación de cemento y cal hidratada. En Santa María Ajoloapan se explotan materiales para acabados en marmolería.

  Existen, además, bancos y explotaciones de los siguientes materiales: aarcillas, arcillas refractarias, arcillas para cerámica regional, grava y arena, diatomitas (base para fertilizantes e insecticidas).

- Sierra Madre del Sur: Lo que de esta provincia penetra en el estado es la subprivincia conocida como Cuenca de Balsas, la cual cubre la porción sur de la entidad; limita el norte como en Eje Neovolcánico.

- Estratigrafía: Las rocas más antiguas de esta provincia son las metamórficas del Triásico. Las rocas del Cretácico son sedimentarias, litológicamente clasificadas como calizas y calizas interestratificadas con lutitas. Aunque no cubren mucha extensión, estas rocas afloran discordantemente cubriendo las rocas metamórficas del Triásico, en localidades como Tonatico, Ixtapan de la Sal y Zumpahuacán. Las rocas del Terciario son en su gran mayoría volcánicas. Del cuaternario existen rocas volcánicas tipo basáltico que, por sus estructuras bien conservadas, evidencian la actividad volcánica reciente. Estas estructuras se ven al sureste de Tejupilco.

  Por último, son del cuaternario los depósitos aluviales que rellenan los valles de los ríos que drenan hacia la cuenca del Río Balsas. Además de las estructuras volcánicas, en esta provincia existen fallas y fracturas que en los distritos mineros aparecen mineralizadas.
- Geología económica: La minería ha sido uno de los renglones económicos más importantes de esta provincia, pues en ella están ubicados seis de los siete distritos mineros del Estado de México: distrito minero de Temascaltepec, distrito minero de Sultapec, distrito minero de Zacualpan, distrito minero de Ixtapan del Oro, distrito minero de Tejupilco y distrito minero de Tlatlaya [51].

5.2.1.7. Climas en el Estado de México [52] [53] [54]

Tabla 5.22. Climas en el Estado de México

Tipo o subtipo	**% de la superficie estatal**
Cálido subhúmedo con lluvias en verano	11.46
Semicálido subhúmedo con lluvias en verano	10.42
Templado subhúmedo con lluvias en verano	61.03
Semifrío húmedo con abundantes lluvias en verano	0.58
Semifrío subhúmedo con lluvias en verano	11.02
Semiseco templado	5.28
Frío	0.21
FUENTE: INEGI. Carta de Climas, 1:1 000 000. [52]	

Entre la variedad de climas que se presentan en el Estado de México predomina el templado o mesotérmico. Los climas templados se concentran en los valles altos de la parte norte, centro y este de la entidad, particularmente en las inmediaciones del Valle de

México. Sigue en importancia, por su influencia y extensión, el clima semifrío, que se encuentra distribuido en las regiones del centro y este, principalmente en las cercanías de Toluca.

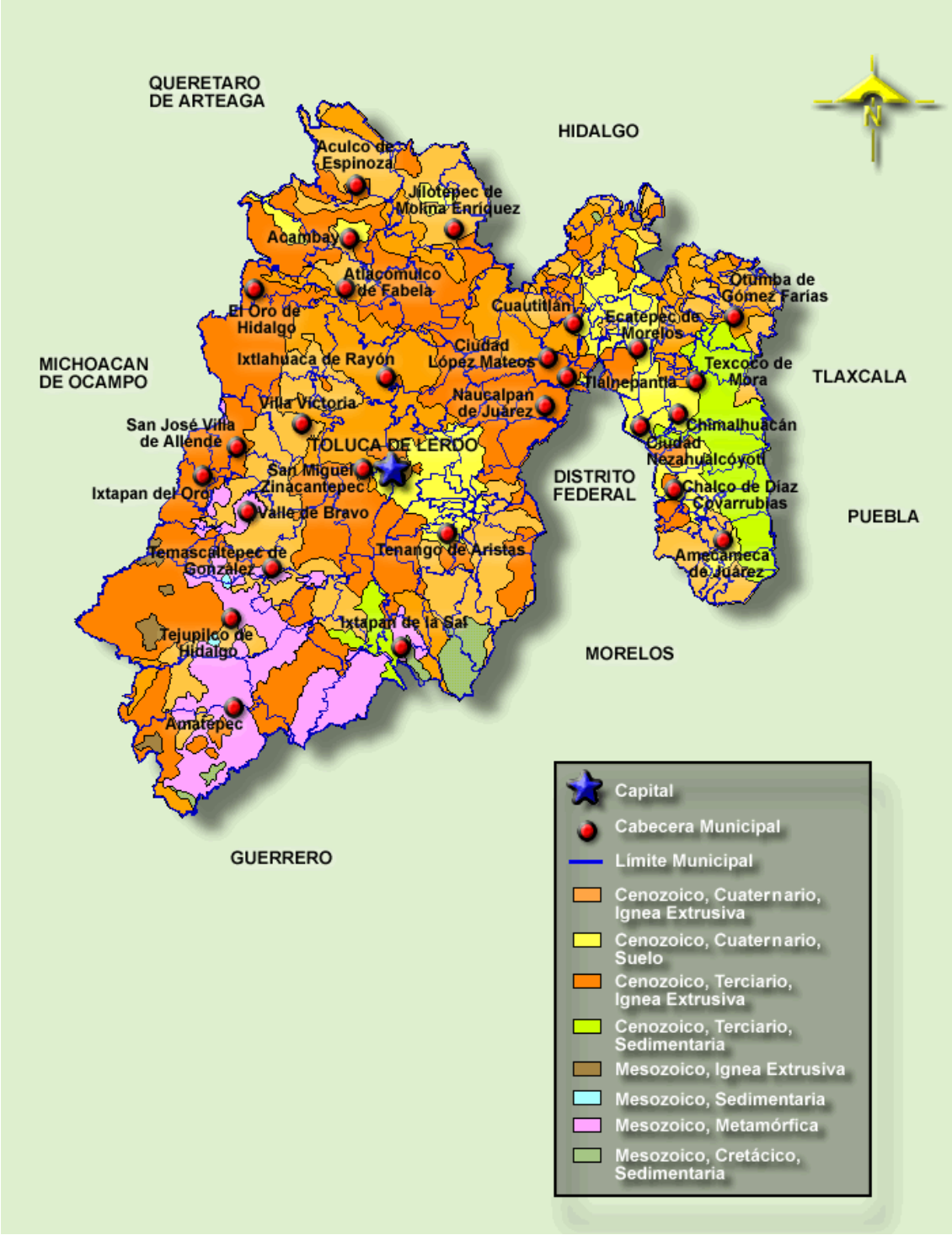

Figura 5.17. Geología del Estado de México [51].

En menor grado se encuentran los climas cálidos y semicálidos, los cuales se localizan en el extremo sur, esto es, en los límites con el estado de Guerrero.

El clima frío rige sólo en algunas zonas pequeñas en las partes más elevadas de la entidad como son el Nevado de Toluca y el Popocatépetl. En algunas regiones, la agricultura está expuesta a heladas tempranas o tardías, las cuales impiden levantar más de una cosecha al año.

- Grupo de climas cálidos:
    - Subgrupo de climas cálidos: Este tipo de climas se caracteriza por una temperatura media anual mayor de 22 grados centígrados. Está asociado a comunidades vegetativas como los pastizales y la selva baja. Rige en el extremo del suroeste de la entidad, en los límites de Guerrero; abarca aproximadamente el 5% de la superficie de la entidad.
    - Subgrupo de climas semicálidos: Estos climas se caracterizan por tener un régimen térmico medio anual que oscila entre 18 y 22 grados centígrados. Están asociados a comunidades vegetativas como pastizal, el matorral subtropical y el chaparral. Se registran en pequeñas regiones al sur de la entidad, cubriendo aproximadamente un 3% de su superficie.
- Grupo de climas templados:
    - Subgrupo de climas semicálidos: El rasgo que caracteriza a este tipo de climas es un régimen térmico medio anual mayor a 18 grados centígrados; está asociado a comunidades vegetativas del tipo de la pradera templada, constituida principalmente por plantas herbáceas. Se localiza en la zona sureste y cobre aproximadamente el 5% del estado.
    - Subgrupo de climas templados: Este subgrupo es mesotérmico, es decir, estable en cuanto a temperatura. El régimen térmico medio anual oscila entre 12 y 18 grados centígrados. Se encuentra asociado a comunidades vegetativas tales como bosques de pino, de encino, mixtos y pastizales. Es el tipo de clima de mayor influencia y extensión, pues cubre aproximadamente un 68% de la superficie de la entidad.

    - Subgrupo de climas semifríos: Este tipo de climas se caracteriza por tener temperatura media anual menor de 16 grados centígrados. Se encuentra asociado a comunidades vegetativas del tipo e bosques y praderas de alta montaña. Se localiza en zonas diseminadas en la parte central del estado y ocupa aproximadamente un 13% de su superficie.
- Grupo de climas secos: Este grupo de climas es conocido también como seco estepario; se caracteriza porque la evaporación excede a la precipitación; las comunidades vegetativas con que está asociado son las xerófilas y los pastizales. Se localiza al noreste de la entidad y cubre aproximadamente un 5% de su superficie.
    - Subgrupo de climas semisecos: Con lluvias de verano y escasas a lo largo del año. Se localiza en el noreste.
- Grupo de climas fríos y muy fríos: Estos climas se caracterizan por tener un régimen térmico medio en el mes más caliente (abril), menor de 6.5°C; están asociados a comunidades vegetativas de alta montaña como son los musgos y los líquenes y algunas plantas herbáceas (vegetación de tundra). Se localizan en tres pequeñas regiones en el centro y al este, cubriendo aproximadamente un 1% de la superficie de la entidad.
    - Subgrupo de climas fríos: Este tipo de climas se caracteriza porque la temperatura del mes más frío (diciembre), es menor de 0 grados centígrados. Se registra en pequeñas zonas del centro y este, en parte de los siguientes municipios: Atlautla, Ecatzingo, Tlalmanalco y Zinacatepec. La precipitación media anual fluctúa entre 1000 y 1500 mm y la temperatura entre 0 y 4 grados centígrados.
- Heladas y granizadas: El análisis de estos agregados se realiza de acuerdo con las zonas definidas por el clima; se encuentran distribuidos de la siguiente forma.
    - Heladas: Las heladas en los climas cálidos y semicálidos presentan una frecuencia de 0 a 20 días al año. En los climas secos es de 10 a 100 días, pero predomina el rango de 40 a 60 días al año. Los climas templados presentan una frecuencia de 20 a 120 días al año, destacando principalmente el rango de 80 a 100 días. En lo referente a los climas semifríos las heladas presentan una incidencia de 80 a 160 días al año, predominando el rango de 100 a 120 días.

En los climas fríos, se presentan en zonas muy locales y registran rangos mayores de 180 días al año. Las heladas se presentan en ciertas regiones todo el año, pero generalmente comienzan en septiembre y terminan en mayo; la máxima incidencia se registra en noviembre, diciembre, enero y febrero.

- Granizadas: Las granizadas en los climas cálidos y semicálidos se presentan en un orden de 0 a 2 días al año. Los rangos para los secos están entre los 0 y 6 días, predominando el de 2 a 4 días al año. En lo que respecta a los climas templados, estos registran una incidencia de 0 a 18 días al año, destacando el rango de 2 a 4 días.

  En los semifríos el fenómeno se registra de 0 a 18 días al año, pero predomina el rango de 0 a 4 días. En los climas fríos se registran granizadas de más de 18 días al año.

  Las granizadas no guardan una regla de comportamiento definido, aunque se encuentren asociadas a los períodos de precipitación. La mayor incidencia del fenómeno se observa en los meses de junio, julio y agosto [53].

5.2.1.7.a) Estaciones Meteorológicas en el Estado de México [54]

Tabla 5.23. Estaciones Meteorológicas en el Estado de México

Clave	Estación	Latitud Norte			Longitud Oeste			msnm
		Grados	Minutos	Segundos	Grados	Minutos	Segundos	
15-248	Coatepequito	18	45	01	99	37	20	1,440
15-328	Mazatepec	18	53	35	100	06	08	1,400
15-164	Toluca (Oficinas)	19	17	30	99	37	50	2,638
15-00A	Acolman	19	26	12	99	04	48	2,240
15-062	Nevado de Toluca	19	06	15	99	44	45	4,146

msnm: metros sobre el nivel del mar.
FUENTE: INEGI. Atlas Climático de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. [54]

5.2.1.8. Temperatura en el Estado de México

5.2.1.8.a) Temperatura Media Anual [55] [56]

Tabla 5.24. Temperatura media anual en el Distrito Federal

Estación	Período	Temperatura promedio	Temperatura del año más frío		Temperatura del año más caluroso	
			Año	Temperatura	Año	Temperatura
Coatepequito	1979-1998	19.6	1992	19.1	1998	21.4

Tabla 5.24 (Continuación)						
Estación	**Período**	**Temperatura promedio**	**Temperatura del año más frío**		**Temperatura del año más caluroso**	
			Año	Temperatura	Año	Temperatura
Mazatepec	1983-1996	21.1	1993	20.5	1992	22.5
Toluca (Oficinas)	1962-1992	13.5	1989	12.2	1972	14.5
Acolman	1981-1990	14.9	1990	14.2	1982	15.6
Nevado de Toluca	1965-1997	3.9	1976	2.8	1973	5.1
FUENTE: CNA. Registro Mensual de Temperatura Media en °C. [55]						

Figura 5.18. Mapa de climas en el Estado de México [53]

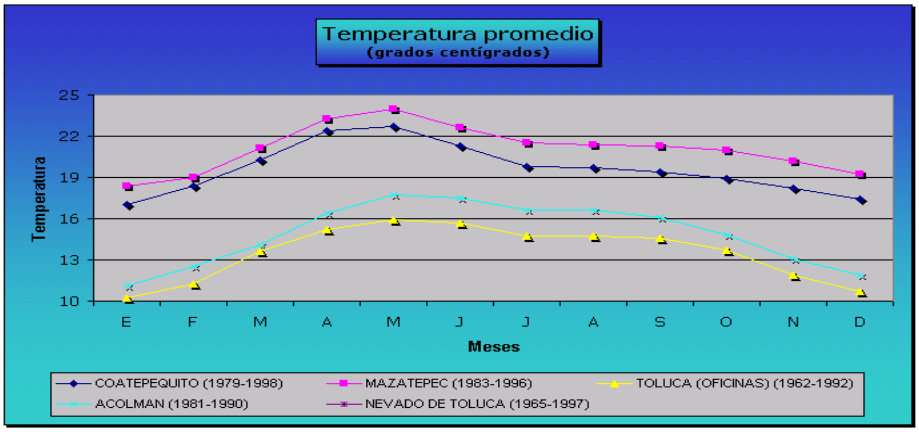

Figura 5.19. Temperatura promedio en el Estado de México [55].

Figura 5.20. Isotermas en el Estado de México [56]

5.2.1.8.b) Temperatura Media Mensual [57]

Tabla 5.25. Temperatura media mensual en el Estado de México

Estación y concepto	Período	Meses											
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Coatepequito	1998	16.6	18.0	20.9	24.6	25.4	24.6	21.7	21.9	22.3	21.5	20.6	19.0
Promedio	1979-1998	17.0	18.4	20.3	22.4	22.7	21.3	19.8	19.7	19.4	18.9	18.2	17.4
Año más frío	1992	16.1	17.0	20.9	21.1	20.4	20.9	19.6	19.4	19.0	18.7	18.1	17.4
Año más caluroso	1998	16.6	18.0	20.9	24.6	25.4	24.6	21.7	21.9	22.3	21.5	20.6	19.0
Mazatepec	1996	17.9	19.6	20.6	23.4	24.0	21.5	20.9	21.0	21.6	21.6	18.2	20.0
Promedio	1983-1996	18.4	19.0	21.1	23.3	24.0	22.6	21.5	21.4	21.3	21.0	20.2	19.2
Año más frío	1993	17.5	17.7	18.9	23.0	23.6	23.5	22.5	21.6	20.4	20.7	19.0	17.7
Año más caluroso	1992	18.1	17.3	21.4	22.7	23.1	22.2	23.1	25.1	25.9	24.6	25.4	20.7
Toluca (Oficinas)	1992	7.5	11.1	14.6	14.3	14.7	16.2	14.8	15.1	14.9	13.5	12.0	11.3
Promedio	1962-1992	10.2	11.3	13.6	15.2	15.9	15.7	14.7	14.7	14.6	13.7	11.9	10.7
Año más frío	1989	10.1	9.9	10.9	12.8	14.6	14.9	14.0	13.8	13.3	12.1	11.3	9.2
Año más caluroso	1972	11.4	11.8	13.5	16.3	17.2	16.0	15.3	15.0	15.5	15.1	14.8	12.0
Acolman	1990	11.3	12.8	13.6	15.1	16.9	16.3	15.5	15.6	15.3	14.1	12.6	10.7
Promedio	1981-1990	11.1	12.5	14.1	16.4	17.7	17.5	16.6	16.6	16.1	14.8	13.1	11.9
Año más frío	1990	11.3	12.8	13.6	15.1	16.9	16.3	15.5	15.6	15.3	14.1	12.6	10.7
Año más caluroso	1982	12.5	13.3	15.9	18.7	18.7	18.2	16.5	16.6	16.5	15.2	13.3	12.3
Nevado de Toluca	1997	0.2	2.5	3.4	3.5	4.0	4.9	4.5	4.6	4.8	4.5	2.6	2.3
Promedio	1965-1997	2.4	2.4	4.1	5.0	5.2	5.1	4.4	4.3	4.3	3.9	3.0	2.4
Año más frío	1976	2.2	3.0	3.6	3.3	3.0	3.4	3.4	2.6	3.8	2.8	0.7	1.5
Año más caluroso	1973	5.0	5.5	6.5	6.1	6.3	5.9	5.9	4.5	5.1	4.6	3.8	3.2

FUENTE: CNA. Registro Mensual de Temperatura Media en °C. [57]

5.2.1.9. Precipitación en el Estado de México

5.2.1.9.a) Precipitación Total Anual [58] [59]

Tabla 5.26. Precipitación total anual en el Estado de México

Estación	Período	Precipitación promedio	Precipitación del año más seco		Precipitación del año más lluvioso	
			Año	Precipitación	Año	Precipitación
Coatepequito	1979-1998	889.5	1983	639.3	1991	1,132.1
Mazatepec	1983-1996	1,278.5	1996	760.2	1992	2,217.7
Toluca (Oficinas)	1962-1992	734.1	1983	546.5	1967	985.1
Acolman	1981-1990	623.9	1985	503.3	1981	885.3
Nevado de Toluca	1965-1997	1,229.0	1983	874.8	1969	1,621.2

FUENTE: CNA. Registro Mensual de Precipitación Pluvial en mm. [58]

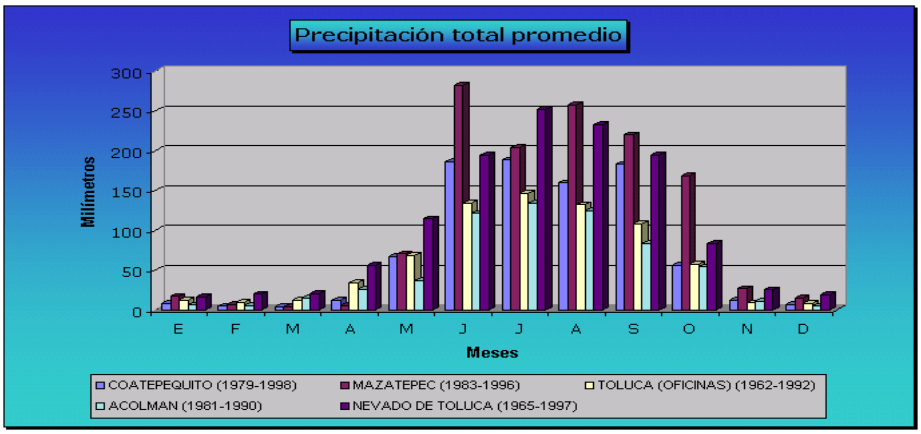

Figura 5.21. Precipitación total promedio en el Estado de México [58].

Figura 5.22. Isoyetas en el Estado de México [59].

5.2.1.9.b) Precipitación Mensual Total [60]

Tabla 5.27. Precipitación mensual total en el Estado de México

Estación y concepto	Período	Meses											
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Coatepequito	1998	3.0	0.0	0.0	0.0	5.5	219.5	181.5	228.0	211.1	101.8	15.0	0.0
Promedio	1979-1998	8.2	4.8	4.1	12.0	67.1	186.4	188.3	159.6	182.9	56.2	12.9	7.0
Año más seco	1983	19.0	8.9	2.5	0.0	13.2	85.5	180.8	96.3	217.6	4.0	11.5	0.0
Año más lluvioso	1991	0.0	0.0	0.0	9.0	100.7	241.5	215.0	171.0	252.5	92.0	35.4	15.0
Mazatepec	1996	0.0	0.0	0.0	0.0	40.5	75.9	183.7	243.2	87.2	113.1	0.0	16.6
Promedio	1983-1996	17.2	6.4	4.3	5.2	70.6	282.1	204.6	257.6	219.8	169.0	26.8	14.9
Año más seco	1996	0.0	0.0	0.0	0.0	40.5	75.9	183.7	243.2	87.2	113.1	0.0	16.6
Año más lluvioso	1992	168.2	37.4	0.0	2.0	107.7	218.6	239.2	559.7	399.1	391.3	73.8	20.7
Toluca (Oficinas)	1992	64.0	35.5	5.5	16.5	38.0	54.5	212.0	90.0	91.2	47.0	18.0	2.0
Promedio	1962-1992	12.8	9.4	12.5	33.8	68.8	133.8	146.6	132.2	108.5	58.0	8.9	8.8
Año más seco	1983	16.0	8.1	9.5	0.0	19.1	121.2	130.8	121.8	74.1	25.8	8.8	11.3
Año más lluvioso	1967	0.6	2.0	6.1	25.4	70.0	194.8	173.0	193.2	241.2	72.1	0.3	6.4
Acolman	1990	3.4	13.9	2.2	40.1	57.9	153.3	164.3	146.7	74.6	105.8	0.2	4.0
Promedio	1981-1990	6.1	5.7	14.8	25.9	37.4	121.2	134.0	124.6	83.6	54.3	11.4	4.9
Año más seco	1985	2.0	1.0	24.1	20.5	15.4	121.4	52.6	102.2	117.3	22.3	23.7	1.0
Año más lluvioso	1981	22.4	1.5	12.6	75.8	88.9	149.1	82.6	231.7	135.8	75.6	7.3	2.0
Nevado de Toluca	1997	44.0	0.0	49.0	64.0	202.2	161.0	171.6	161.0	154.0	147.0	55.0	10.0
Promedio	1965-1997	16.2	20.0	20.1	55.9	114.3	194.8	252.5	233.0	194.5	83.3	25.5	19.5
Año más seco	1983	15.2	19.7	21.0	0.0	79.0	97.0	297.4	169.3	103.5	51.4	19.0	2.0
Año más lluvioso	1969	53.0	8.3	0.0	79.5	150.0	171.5	324.3	379.8	350.0	86.8	0.0	18.0

FUENTE: CNA. Registro Mensual de Precipitación Pluvial en mm. [60]

5.2.1.10. Regiones y Cuencas Hidrológicas del Estado de México [61] [62] [63]

Tabla 5.28. Regiones y cuencas hidrológicas del Estado de México

Región	Cuenca	% de la superficie estatal
Lerma – Santiago	R. Lerma – Toluca	23.90
Balsas	R. Atoyac	0.38
	R. Balsas-Zirándaro	7.20
	R. Grande de Amacuzac	10.06
	R. Cutzamala	23.01
Pánuco	R. Moctezuma	35.45

FUENTE: INEGI. Carta Hidrológica de Aguas Superficiales, 1:1 000 000. [61]

Tabla 5.29. Corrientes de agua en el Estado de México

Nombre	Ubicación	Nombre	Ubicación
Lerma	R. Lerma-Toluca	San Bernardino	R. Moctezuma
San Felipe	R. Cutzamala	Ixtapan	R. Cutzamala
Temascaltepec	R. Cutzamala	Zarco	R. Moctezuma
Sultepec	R. Balsas-Zirándaro	San Agustín	R. Lerma-Toluca
Tejalpa	R. Lerma-Toluca	Almoloya	R. Balsas-Zirándaro
Pungarancho	R. Cutzamala	Meyuca	R. Balsas-Zirándaro R. Grande de Amacuzac
La Asunción	R. Cutzamala	Chalma	R. Grande de Amacuzac

Tabla 5.29 (Continuación)			
Nombre	**Ubicación**	**Nombre**	**Ubicación**
La Venta	R. Lerma-Toluca	Los Lobos	R. Cutzamala
San Juan del Río	R. Moctezuma		
FUENTE: INEGI. Carta Hidrológica de Aguas Superficiales, 1:1 000 000. INEGI. Carta Topográfica 1:1 000 000. [61]			

Tabla 5.30. Cuerpos de agua en el Estado de México			
Nombre	**Ubicación**	**Nombre**	**Ubicación**
P. Valle de Bravo	R. Cutzamala	P. Danxhó	R. Moctezuma
P. Villa Victoria	R. Cutzamala	P. Ignacio Ramírez	R. Lerma-Toluca
P. Huapango	R. Moctezuma	L. Nabor Carrillo	R. Moctezuma
P. Tepetitilán	R. Lerma-Toluca	L. Zumpango	R. Moctezuma
P. Guadalupe	R. Moctezuma	P. Antonio Alzate	R. Lerma-Toluca
FUENTE: INEGI. Carta Hidrológica de Aguas Superficiales, 1:1 000 000. INEGI. Carta Topográfica 1:1 000 000 (segunda edición). [61]			

El Estado de México queda comprendido en parte de las siguientes regiones hidrológicas: Lerma-Chapala-Santiago, que cubre la porción centro-oeste con una superficie de 5,548.540 km^2; río Balsas, con un área de 9,761.850 km^2, en la parte sur; y Alto Pánuco, en la porción norte del estado y con 7,933.830 km^2 de superficie.

Aguas superficiales:

- Región hidrológica Lerma-Chapala-Santiago: El río Lerma, el lago de Chapala y el río Santiago constituyen uno de los sistemas hidrológicos más importantes del país. En el Estado de México sólo queda parte de la cuenca Lerma-Toluca.
    - Cuenca Lerma-Toluca: Tiene una superficie dentro del estado de 5,548.540 km^2. Sus afluentes intermedios son: río Almoloya-Otzolotepec; río Otzolotepec-Atlacomulco, Atlacomulco,-Paso de ovejas; río Tlalpujahua; río Jaltepec; río Gavia; río Tejalpa; río Verdiguel; río Otzolotepec; río Sila.
    - Almacenamientos: Hay un gran número de obras hidráulica. Sobresalen las siguientes por su capacidad: presa Tepetitlán, la más importante dentro de esta región con una capacidad de 70,000,000 m^3; presa José Antonio Alzate, con 35,300,000 m^3 y presa Ignacio Ramírez con una capacidad de 20,500,000 m^3. El resto son almacenamientos de menor capacidad, usados casi en su totalidad para el riego.
- Región hidrológica Río Balsas: Dentro del Estado de México, quedan parte de cuatro de sus cuencas: río Atoyac; río Balsas; río Grande de Amacuzac; y río Cutzamala.

- Río Atoyac: Tiene una superficie dentro del estado de 114.040 km^2. El río Atoyac es la principal corriente de las que integran el Balsas. Se forma por los deshielos que descienden desde altitudes del orden de los 4,000 msnm del flanco riental del Iztlaccíhuatl.
- Río Balsas-Zirandaro: Tiene una superficie dentro del estado de1,559.660 km^2. De esta cuenca corresponden al Estado de México algunos pequeños afluentes que drenan al río Poliutla, en cuyos tramos podría localizarse el origen de este río.
- Río Grande de Amacuzac: Tiene una superficie dentro del estado de 2,870.170 km^2. La corriente principal de esta cuenca (río Amacuzac), es afluente derecho del río Balsas; se origina en las faldas del volcán Nevado de Toluca a una altitud de 2,600 msnm.
- Río Cutzamala: Tiene una superficie dentro del estado de 5,217.980 km^2. La corriente más importante de esta cuenca es una de las principales aportadoras del río Balsas. Se origina a 2,725 msnm, 61.5 km. al oeste de Morelia, Michoacán.
- Almacenamiento: Son pocos los almacenamientos que se ubican dentro de esta región hidrológica; dos de ellos destacan por su importancia y magnitud: la presa Valle de Bravo, que es la más importante del estado y la presa Villa Victoria. Tienen una capacidad de 401,000,000 m^3 y 218,000 000 m^3 respectivamente. El resto de las obras son mayores de 1,000,000 m^3 de capacidad e integran el *Sistema de Electrificación Miguel Alemán*.

- Región hidrológica Alto Pánuco: Esta región hidrológica abarca una gran extensión que comprende toda la parte norte, noreste y noroeste del estado, donde están asentadas localidades como Nezahualcoyotl, Cuautitlán, Tepotzotlán, Teotihuacan, Nicolás Romero, Canalejas y Jilotepec de Abasolo entre otras. Sólo una cuenca, casi en su totalidad, corresponde al estado de México: río Moctezuma. Tiene una superficie de 7,933.830 km^2. La corriente más importante de esta cuenca es la principal afluente del río Pánuco, teniendo como origen al río San Juan y al río Tula, el cual después de un recorrido de 174 km. cambia de nombre a río Moctezuma.

- Aguas subterráneas: Uno de los factores primordiales que sustentan el desarrollo del Estado de México es el agua subterráneo. En efecto, la mayor parte de las zonas industriales en la entidad se abastecen mediante pozos profundos. Aunque en algunas áreas la intensidad del bombeo está ocasionando efectos nocivos, como el descenso progresivo de los niveles y agrietamiento del terreno, existen otras en las que es factible obtener volúmenes adicionales de consideración.
- Zonas de veda:
    - Zona de veda rígida: Se recomienda no incrementar su explotación para ningún fin o uso por sobreexplotación de los acuíferos. Comprende los valles de Toluca y México.
    - Zona de veda intermedia: Se recomienda no incrementar la explotación con fines agrícolas, reservándose para satisfacer demandas futuras de agua potable en centros de población.
    - Zona de veda elástica: Zona en donde puede incrementarse la explotación de agua subterránea para cualquier uso, pero con el control de la autoridad correspondiente.
- Grados de permeabilidad:
    - Permeabilidad alta: Los acuíferos que existen bajo esta condición son libres y su comportamiento depende de las condiciones de depósito en que se encuentran localizados. La existencia de agua esta comprobada debido a que actualmente hay explotación económica.
    - Permeabilidad media: Se presenta en donde hay arenas y gravas con buenas condiciones de porosidad.
    - Permeabilidad baja: Se presenta debido principalmente a una intercalación de tobas ácidas, derrames basálticos y riolíticos y, en menor proporción, lutitas, esquistos, calizas y areniscas interestratificadas [63].

5.2.1.11.Vías de Comunicación en el Estado de México [64]

El Estado de México es paso obligado para llegar al Distrito Federal. Este factor ha influido de manera favorable en su comunicación, tanto interna como externa; en él convergen y de él surgen múltiples carreteras que lo enlazan con las entidades vecinas, lo que ha fomentado el dinamismo de los diversos sectores económicos.

Figura 5.23. Regiones y cuencas hidrológicas en el Estado de México [62].

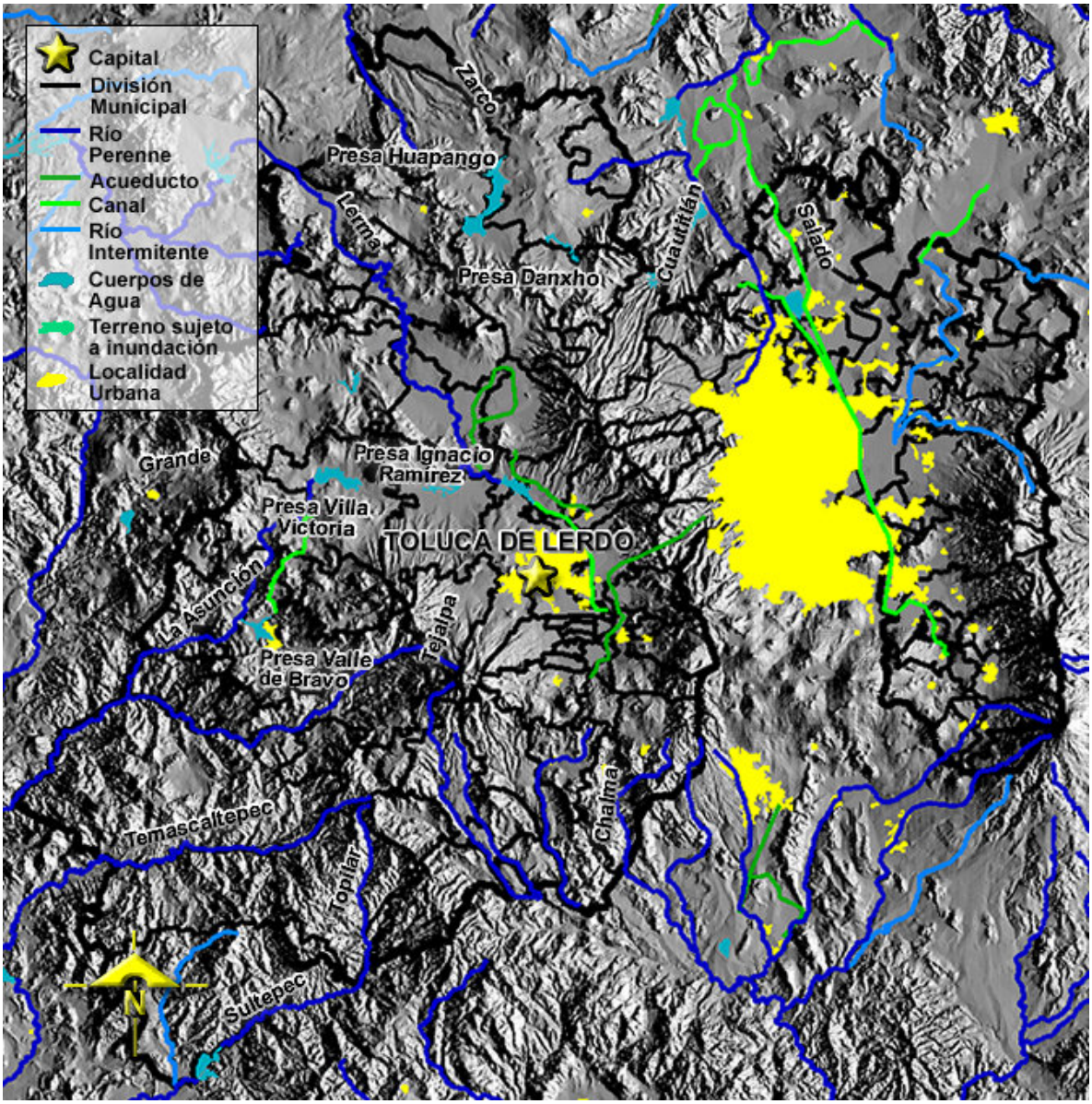

Figura 5.24. Ríos en el Estado de México [63].

Las carreteras más importantes con que cuenta el estado son: la carretera que comunica a la ciudad de Toluca de Lerdo con el Distrito Federal; las carreteras Núm. 190 y 150 que corren casi paralelas y comunican a la entidad con los estados de Puebla y Tlaxcala; las carreteras que comunican la capital estatal con el estado de Michoacán; la carretera federal 55 que atraviesa la entidad de sur a norte y la une con los estados de Guerrero y Querétaro. Son importantes también la carretera federal cuota Núm. 57, que une las localidades de Tepotzotlán, Soyaniquilpan y Polotitlán, así como las Núm. 85 y 132 que comunican a la entidad con Pachuca y Tulancingo, Hidalgo, respectivamente.

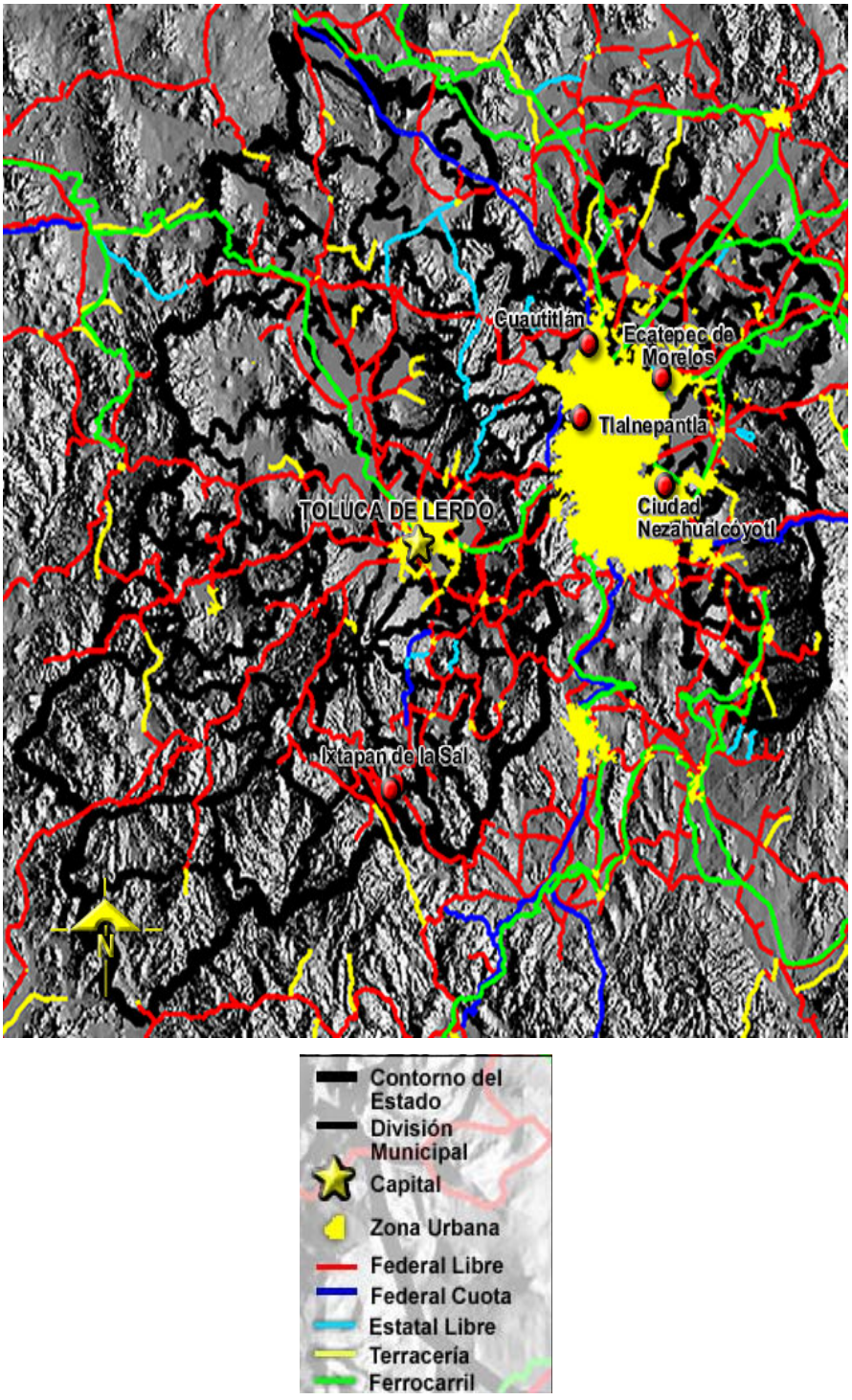

Figura 5.25. Vías de comunicación en el Estado de México [64].

Al igual que en el caso de las carreteras, las vías férreas que cruzan el Estado de México salen del Distrito Federal, con excepción de las que se dirigen a Morelos. La línea ferroviaria más importante es la que parte del Distrito Federal y atraviesa el estado de este a

noroeste. Al sureste, la línea férrea comunica a las localidades de Los Reyes, Tenango del Aire y Ayapango con el estado de Morelos; un ramal que sale de ésta une a Amecameca y San Rafael. En la porción norte y noroeste, se localizan varias líneas que se dirigen al estado de Hidalgo, y una de ellas cambia de dirección para llegar al estado de Tlaxcala.

Por último, la entidad cuenta con aeródromos para la operación de pequeños aparatos en Acolman, Bejucos, Ixtapaluca, Luvianos, Palmar Chico, Pasteje, Salitre, San Antonio del Rosario, San Mateo, San Miguel, Santiago Amatepec, Tejupilco, Tlatlaya, Toluca y Zumpango [64].

5.2.1.11.a) Estado de las vías de comunicación en el Estado de México y Distrito Federal

En la siguiente figura se muestran las principales vías de comunicación en el Estado de México y el estado de las mismas:

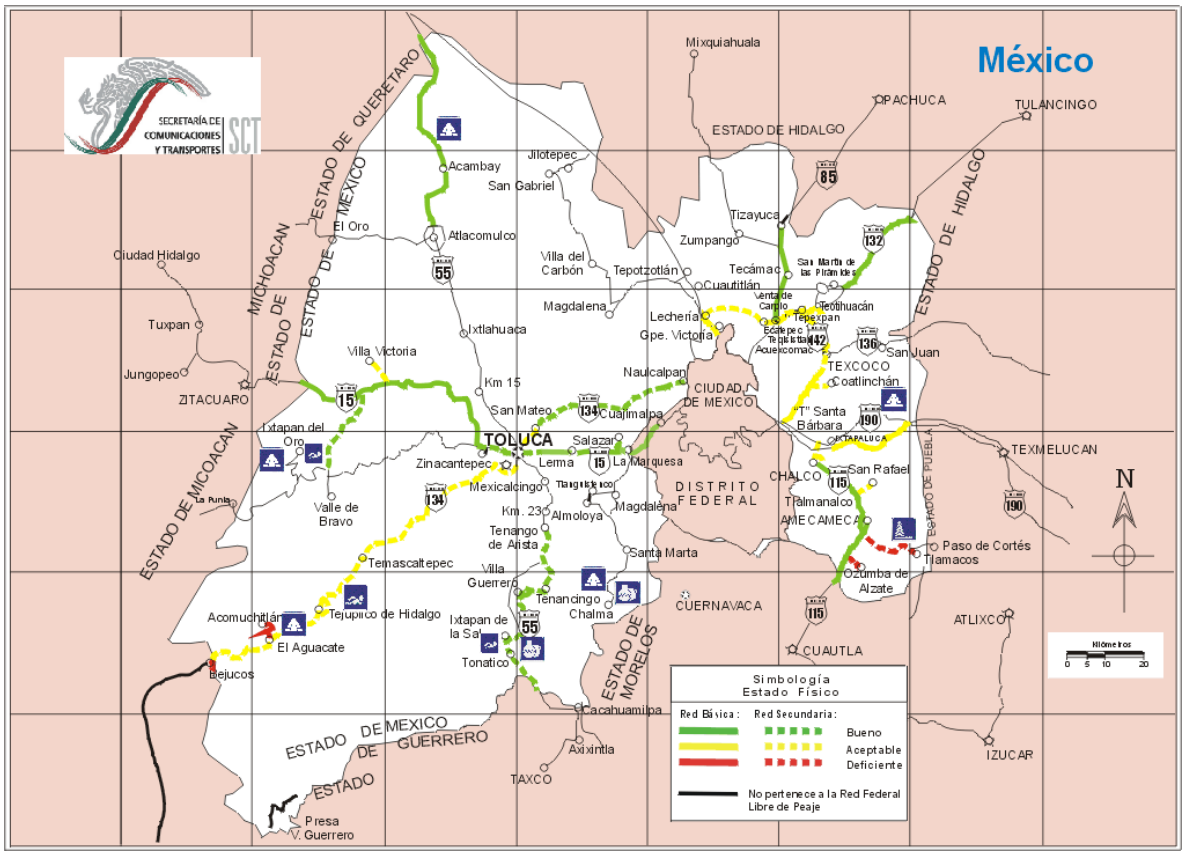

Figura 5.26. Estado de las vías de comunicación en el Estado de México

Puede verse que en general, las vías de comunicación se encuentran en buenas condiciones, aunque es importante tener en cuenta que este mapa muestra carreteras y las condiciones dentro de las ciudades pueden ser muy malas y afectar al automóvil. La inspección de vías de comunicación en la ciudad se realizará durante la estancia en el Valle de México para aplicar la encuesta.

5.2.2. Nivel de Ingresos en el Estado de México [65]

Tabla 5.31. Comparación de nivel de ingresos nacional y del Estado de México

Niveles de ingreso	Nacional		Distrito Federal	
	Absolutos	**Estructura %**	**Absolutos**	**Estructura %**
Total	**40 117 122**	**100.0**	**5 492 024**	**100.0**
Menos de un salario mínimo •	6 288 995	15.7	551 888	10.0
De 1 hasta 2 salarios mínimos	9 773 205	24.4	1 542 728	28.1
Más de 2 hasta 3 salarios mínimos	8 619 162	21.5	1 473 175	26.8
Más de 3 hasta 5 salarios mínimos	6 147 771	15.3	1 004 898	18.3
Más de 5 hasta 10 salarios mínimos	3 219 550	8.0	353 281	6.4
Más de 10 salarios mínimos	1 101 964	2.7	101 191	1.8
No recibe ingresos	3 648 938	9.1	329 279	6.0
No especificado	1 317 537	3.3	135 584	2.5
Hombres	**26 262 198**	**100.0**	**3 722 644**	**100.0**
Menos de un salario mínimo •	3 608 662	13.7	315 289	8.5
De 1 hasta 2 salarios mínimos	5 959 646	22.7	909 788	24.4
Más de 2 hasta 3 salarios mínimos	6 220 791	23.7	1 124 740	30.2
Más de 3 hasta 5 salarios mínimos	4 422 201	16.8	775 685	20.8
Más de 5 hasta 10 salarios mínimos	2 343 521	8.9	280 301	7.5
Más de 10 salarios mínimos	919 817	3.5	85 947	2.3
No recibe ingresos	1 852 671	7.1	136 062	3.7
No especificado	934 889	3.6	94 832	2.5
Mujeres	**13 854 924**	**100.0**	**1 769 380**	**100.0**
Menos de un salario mínimo •	2 680 333	19.3	236 599	13.4
De 1 hasta 2 salarios mínimos	3 813 559	27.5	632 940	35.8
Más de 2 hasta 3 salarios mínimos	2 398 371	17.3	348 435	19.7
Más de 3 hasta 5 salarios mínimos	1 725 570	12.5	229 213	13.0
Más de 5 hasta 10 salarios mínimos	876 029	6.3	72 980	4.1
Más de 10 salarios mínimos	182 147	1.3	15 244	0.9
No recibe ingresos	1 796 267	13.0	193 217	10.9
No especificado	382 648	2.8	40 752	2.3

NOTA: Datos correspondientes al trimestre abril-junio. Excluye a los iniciadores de un próximo trabajo.
• Incluye a la población ocupada que recibe únicamente ingreso no monetario (autoconsumo). Excluye a los iniciadores de un próximo trabajo.
FUENTE: INEGI-STPS. Encuesta Nacional de Empleo, 2003. Aguascalientes, Ags., México, 2003.
[65]

El Estado de México pertenece a las áreas geográficas “A” (municipios de Atizapán de Zaragoza, Coacalco de Berriozábal, Cuautitlán, Cuautitlán Izcalli, Ecatepec de Morelos, Naucalpan de Juárez, Tlalnepantla de Baz y Tultitlán), y “C” (el resto de los municipios), correspondiendo un salario mínimo de $45.24 en la zona “A”, y $42.11 en la zona “C” (datos al 2004). [79]

5.3. El Medio Ambiente

5.3.1. Contaminación y Problemas

5.3.1.1. Lluvia Ácida [66]

La lluvia ácida es un fenómeno característico de atmósferas contaminadas que se identifica cuando el pH del agua de lluvia es inferior a 5.6 unidades. Este fenómeno preocupa a la comunidad internacional, debido al riesgo que representa para la conservación y desarrollo de los ecosistemas existentes.

El término pH se refiere al potencial de iones de hidrógeno [H+], contenidos en una solución. Esta concentración se indica en una escala de 0 a 14 que determina el grado de acidez o alcalinidad de una sustancia.

En regiones con aire limpio el agua de lluvia alcanza valores de pH de 5.6 unidades, debido a la formación de ácido carbónico (H_2CO_2) en el ambiente, un compuesto que resulta de la reacción del dióxido de carbono (CO_2), producido por las plantas y otros organismos, con la humedad (H_2O). En estas condiciones la acidez del agua de lluvia se considera natual y no daña al ambiente, incluso se considera indispensable para conservar el equilibrio ecológico.

El fenómeno de lluvia ácida, definido técnicamente como depósito húmedo, se presenta cuando el dióxido de azufre (SO_2), y los óxidos de nitrógeno (NO_x), reaccionan con la humedad de la atmósfera y propician la formación de ácido sulfúrico (H_2SO_4), y ácido nítrico (HNO_3), respectivamente. Estos ácidos fuertes que dan el carácter ácido a la lluvia, nieve, niebla o rocío, se miden en las muestras de agua recolectadas en forma de iones sulfatos (SO_4^{-2}), y nitratos (NO^{-3}), respectivamente. Otros elementos que propician este fenómeno son: cloro, amoniaco, compuestos orgánicos volátiles y partículas alcalinas.

Los compuestos que modifican el pH del agua de lluvia provienen de fuentes naturales biogénicas (compuestos provenientes del océano, de las mareas, etc.), no biogénicas (provenientes de la geotermia, combustión y aerosoles provenientes del suelo y agua), y

fuentes antropogénicas que emplean combustibles fósiles (industria, transporte, hogar). La emisión de precursores de lluvia ácida de cada una de estas fuentes, está en función de las actividades socioeconómicas de cada región inventario de emisiones. Estos compuestos pueden transportarse por viento y depositarse en la superficie terrestre por acción de la gravedad en forma de polvo, el cual se denomina técnicamente como depósito seco.

Los contaminantes atmosféricos que acarrea la lluvia (depósito húmedo), o que se precipitan por gravedad al suelo (depósito seco), reciben el nombre genérico de depósito atmosférico e incluye aerosoles, gases y partículas. Su constitución química produce en mayor o menor escala la acidificación del agua de lluvia.

Este fenómeno afecta a los bosques y lagos del norte de América y Europa. En Suecia , por ejemplo, los daños asociados no tienen solución aparente; en los últimos treinta años sus lagos presentan un descenso en el valor de pH de 6.5 a 3.5 unidades, por lo que sus aguas son 150 veces más ácidas aproximadamente. Para revertir esta situación, el gobierno sueco vierte miles de toneladas de cal por año para neutralizar los efectos de la acidez, sin embargo el problema persiste.

Los contaminantes precursores de lluvia ácida pueden depositarse en la región donde se producen o transportan por viento a cientos o miles de kilómetros de su lugar de origen. Este fenómeno se conoce como Transporte Aéreo de Contaminantes a Grandes Distancias (TACGD), o Trayectoria de Largo Alcance de Contaminantes Aéreos (TLACA). Los contaminantes emitidos en Inglaterra y algunos países industrializados del centro de Europa, son aerotransportados a territorio sueco, donde propician la acidificación de sus ríos, lagos y lagunas, provocando la desaparición de microorganismos imprescindibles para el mantenimiento de los ecosistemas acuáticos y los ecosistemas circundantes.

En ecosistemas terrestres, algunos efectos de la lluvia a corto plazo pueden ser benéficos, como la entrada de nitrógeno y otros nutrientes a través de los fertilizantes. Por el contrario, a largo plazo altera los ciclos y balance de los nutrientes. El empobrecimiento del suelo y la pérdida de vegetación contribuyen a la erosión de grandes extensiones de tierra, usadas como sustrato para árboles y plantas y como elementos de cohesión entre las rocas, lo que favorece la presencia de derrumbes y deslaves.

Los bosques de coníferas presentan dificultades para absorber agua y nutrientes del suelo. Cuando se presenta alguna niebla con pH ácido, ésta penetra en las hojas por medio de los

estomas y seca el follaje, provocando que el árbol sea vulnerable al ataque de plagas y enfermedades. Por otro lado, la acidificación de ríos, lagos y lagunas, propicia la dilución de elementos tóxicos como fosfatos, nitratos y aluminio, que ocasionan la muerte de peces y otros microorganismos acuáticos aún en bajas concentraciones.

Un cambio en una unidad de pH es suficiente para romper los ciclos biológico y reproductivos de los líquenes, hongos y moluscos, alterando los siguientes niveles de la cadena trófica, dado que los peces pierden su alimento y consecuentemente las aves y mamíferos que se alimentan de los peces, con la posibilidad de provocar daños irreversibles en el ecosistema.

La lluvia ácida acelera la corrosión en materiales de construcción y pinturas, ocasionando un daño irreparable en los edificios, monumentos y esculturas que constituyen el patrimonio histórico y cultural. Los monumentos construidos con roca arenisca, piedra caliza y mármol, se corroen con mayor rapidez en presencia de ácido sulfúrico (H_2SO_4).

Con respecto a la salud humana, no se ha demostrado que la lluvia ácida cause efectos nocivos; los riegos potenciales se relacionan con la exposición continua a sus precursores dióxido de azufre (SO_2), y óxidos de nitrógeno (NO_x). Sin embargo, la lluvia ácida puede provocar efectos indirectos, ya que las aguas acidificadas pueden disolver metales y sustancias tóxicas de suelos, rocas, conductos y tuberías que son transportados hacia los sistemas de agua potable. En zonas afectadas por lluvia ácida con alto contenido de metales pesados, existe la probabilidad, por su falta de residualidad, de que dichos metales sean absorbidos por plantas, líquenes y algas de ecosistemas terrestres o acuáticos y afecten a organismos superiores (peces, aves, mamíferos, etc.), incluyendo al hombre, después de consumir y acumular cantidades considerables por medio de la cadena trófica.

(Para ver datos históricos de contaminantes, ver ANEXO VII).

5.3.1.2. Radiación Solar Ultravioleta [67]

La radiación ultravioleta o radiación UV es una parte de la energía radiante (o energía de radiación), del sol que se transmite en forma de ondas electromagnéticas en cantidad casi constante (constante solar). Su longitud de onda fluctúa entre 100 y 400 nm y constituye la porción más energética del espectro electromagnético que incide sobre la superficie terrestre. La radiación UV desempeña un papel importante en la determinación de las condiciones climáticas, el balance energético y el equilibrio natural del planeta. La

medición continua de este parámetro permite estudiar su comportamiento y relación con el estado de la biosfera y la salud humana.

La radiación UV se clasifica con relación a su comportamiento en la atmósfera terrestre:

- Radiación solar ultravioleta tipo A (UV-A). Su longitud de onda fluctúa entre 320 y 400 nm. Alcanza totalmente la superficie terrestre; no es retenida por la atmósfera.
- Radiación solar ultravioleta tipo B (UV-B). Su longitud de onda fluctúa entre 280 a 320 nm. El 90% se bloquea por el ozono y el oxígeno de la atmósfera. Es más energética y dañina para la biosfera que la radiación UV-A.
- Radiación solar ultravioleta tipo C (UV-C). Su longitud de onda fluctúa entre 100 y 280 nm. Constituye la fracción más energética. Este tipo de radiación y otras partículas energéticas (rayos X, rayos gamma y rayos cósmicos), son retenidas totalmente en las regiones externas de la atmósfera y no alcanzan la superficie terrestre.

Las culturas antiguas consideraban que los baños de sol eran benéficos para la salud. Actualmente se reconoce que la exposición sana al sol proporciona diversos beneficios, como son:

- Mejora la respuesta muscular
- Mejora la resistencia en pruebas de tolerancia
- Disminuye la presión sanguínea
- Incrementa la respuesta inmunológica
- Reduce la incidencia de infecciones respiratorias
- Baja el colesterol de la sangre
- Incrementa la hemoglobina de la sangre
- Mejora la capacidad de trabajo cardiovascular
- Estimula las terminaciones nerviosas
- Mejora la respiración, especialmente en asmáticos
- Promueve la síntesis de vitamina D para calcificar huesos

La falta de vitamina D, calcio y sales fosfatadas en la dieta, además de la falta de exposición a la luz del sol, está asociada con casos de raquitismo. La tuberculosos de la piel o lopus vulgaris es otra enfermedad asociada a falta de exposición al sol y es común en poblaciones del norte de Europa, donde la luz del sol es débil durante largos períodos de tiempo.

Por otro lado, la exposición excesiva a la radiación solar puede originar efectos negativos en la piel, ojos y debilitamiento del sistema inmunológico. El grado de daño de la radiación UV en la piel depende de la intensidad y la longitud de onda, así como el tipo de piel. Los efectos en la piel consisten en la aparición de un eritema (quemadura ligera distinguible por enrojecimiento de la piel); sin embargo, pueden presentarse efectos similares a los producidos por quemaduras con fuego de primero o segundo grado. Entre los padecimientos asociados se pueden mencionar los siguientes:

- Cáncer en la piel y otros transtornos cutáneos
- Cataratas y otros transtornos de la vista
- Envejecimiento prematuro
- Inhibición del sistema inmunológico

Como protección natural contra esto, la piel tiene melanina, una proteína que permite que una pequeña fracción de radiación ultravioleta penetre en la piel. Esta proteína es abundante en personas de piel negra y escasa en personas de piel blanca, siendo más propensas al desarrollo de enfermedades. Por esta razón se deben tomar precauciones para evitar una exposición excesiva al sol. Una clasificación del tipo de piel, de acuerdo con al contenido de melanina y su vulnerabilidad es la siguiente:

I. Extrasensitiva. Siempre se quema con facilidad; no resiste el bronceado. Piel muy clara (albino).
II. Sensible. Siempre se quema con facilidad; bronceado mínimo. Piel y ojos claros.
III. Normal. Se quema con moderación; bronceado gradual. Piel morena clara.
IV. Normal. Se quema mínimamente; bronceado adecuado. Piel morena oscura.
V. Insensible. Raramente se quema; bronceado profuso. Piel oscura.
VI. Insensible. Nunca se quema; piel con profunda pigmentación. Piel muy oscura.

Por otro lado, los ojos no tienen mecanismos de protección a la radiación solar, el desarrollo de cataratas en humanos es uno de los padecimiento asociados con la exposición. En animales domésticos y ganado se desarrollan cataratas, fotoqueratosis, daños de epitelio de la córnea y diferentes efectos en la retina. En el ganado bovino la queratoconjuntivitis (infección ocular), se incrementa con la exposición a la radiación solar.

En el curso de la evolución, los seres vivos han desarrollado mecanismos de adaptación a la radiación solar. La destrucción de la capa de ozono en la estratosfera puede alterar el

balance de la radiación solar que recibe la Tierra, siendo incapaces de ajustarse los organismos vivos a estos cambios. En la ozonósfera el oxígeno y el ozono absorben la radiación solar ultravioleta con longitudes de onda entre 130 y 290 nm; este tipo de radiación es letal para organismos unicelulares, los cuales conforman la base de las cadenas alimentarias en los ecosistemas. Así también, las secuelas en la biosfera por la reducción del ozono estratosférico y el incremento de la radiación UV-B al nivel de piso, provoca el calentamiento de la atmósfera y cambios en el balance del clima.

Por todo lo anterior, es importante protegerse de la radiación UV. Los ojos y la piel son los órganos más susceptibles a los efectos nocivos. La mejor protección contra el sol es la ropa. Las partes de nuestro cuerpo que no quedan cubiertas, pueden protegerse con productos que contengan filtros; son recomendables los protectores con SPF (Factor de Protección Solar), de 15 y como mínimo de 20 para los niños. Los SPF indica el tiempo de exposición al sol y se asocian al tiempo normal de exposición. Un tiempo normal de exposición al sol de 30 minutos y un SPF de 8, permiten un tiempo de exposición 8 veces mayor sin sufrir daños. El tiempo de exposición al sol no es infinito; los SPF sólo ayudan a permanecer durante cierto tiempo extra expuestos al sol, y no aumenta si aplicamos una cantidad mayor de bloqueador.

Los ojos pueden protegerse con el uso de sombreros y lentes que filtren el espectro UV. Un error común es creer que todas las gafas oscuras protegen contra este tipo de radiación. Cuando carecen de sistemas especializados para bloquearla los daños aumentan, ya que sólo filtran la intensidad luminosa de la radiación, provocando una dilatación mayor de la pupila y una mayor entrada de radiación UV al ojo.

Es recomendable planear las actividades y evitar la exposición al aire libre, sobre todo en las horas de mayor radiación solar. El tiempo de exposición saludable al sol depende de nuestro tipo de piel y la intensidad de la radiación UV. Antes de realizar cualquier actividad física al aire libre en la Cuidad de México, es importante consultar el Índice de Radiación Solar de la Cuidad de México, lo cual debe hacerse porque hay factores que determinan la intensidad de la radiación UV.

La variación diurna y anual de la intensidad de la radiación UV, está determinada por parámetros astronómicos, geográficos, condiciones atmosféricas y por actividades humanas que alteran las condiciones naturales de la atmósfera, como el debilitamiento de la capa

superior de ozono debido al uso de CFS. A nivel de troposfera la presencia de nubes, polvo, aerosoles y la concentración de ozono, son elementos absorbentes de fotones de energía o radiación solar.

También la intensidad de la radiación solar varía según la hora del día. Durante las primeras horas de la mañana y al atardecer, la radiación solar incide de manera casi horizontal sobre el punto de incidencia. Durante su trayecto la radiación puede absorberse y dispersarse por moléculas de gases, partículas de aerosoles o agua en lo que se denomina la componente difusa de radiación. Cuando los rayos solares pasan directamente por la atmósfera sin ser absorbidos, constituyen la componente directa de la radiación.

Otros factores que influyen en la intensidad de la radiación solar son las refracción en paredes y asfalto y la reflexión de los cristales de edificios. La hierba refleja el menos un 10% de la radiación incidente y la nieve puede reflejar un 80%. La radiación solar también varía con la altitud, a mayor altitud aumenta. Por esta razón, la radiación UV es mayor en la Cuidad de México que el nivel del mar.

5.3.2.3. El Ozono [68]

El ozono es un gas altamente reactivo de color azul pálido, constituido por tres átomos de oxígeno en su estructura molecular.

Figura 5.27. Molécula de ozono [68]

El ozono se forma en el ambiente en diferentes niveles de la atmósfera:

- Ozono estratosférico: Se origina de forma natural en la estratosfera (entre 12 y 50 km a partir del suelo), mediante la fotodisociación del oxígeno producida por la radiación solar ultravioleta. Se concentra en una capa delgada denominada ozonósfera, la cual filtra y modera la intensidad de la radiación solar ultravioleta y otras partículas energéticas que inciden sobre la superficie terrestre. Esta acción protectora de la capa de ozono permite que se lleven a cabo diversos procesos en los ecosistemas naturales. A nivel celular evita que se rompan las moléculas de ADN y enlaces de carbono. En los

últimos 50 años la emisión de clorofluorocarbono (CFC), usados en equipos de refrigeración, aire acondicionado, aerosoles y esponjas plásticas, ha provocado el deterioro y debilitamiento de la ozonósfera en un orden de 3% cada diez años. Para tener una idea de su efecto, basta un solo átomo de CFC para destruir 100,000 moléculas de ozono y su permanencia en la atmósfera fluctúa entre 75 y 120 años.

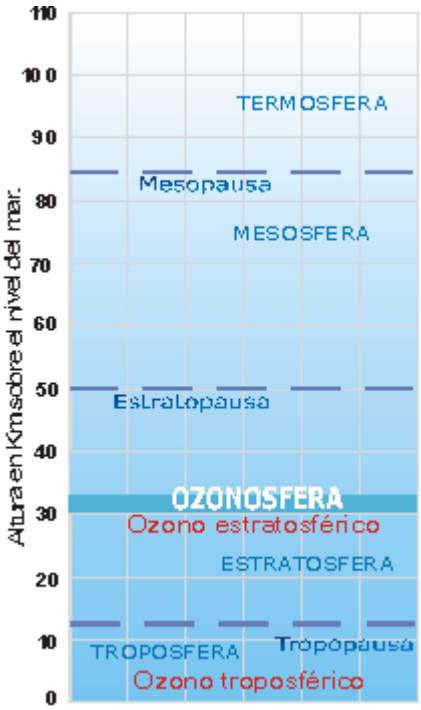

Figura 5.28. El ozono y la atmósfera [68].

- Ozono troposférico: A nivel de la troposfera (de 0 a 12 km a partir de la superficie terrestre), el ozono se produce por la reacción fotoquímica de óxidos de nitrógeno (NO_x), y compuestos orgánicos volátiles (COV's), derivados del uso de combustibles fósiles, los cuales se denominan precursores del ozono. La reacción fotoquímica se produce cuando los NO_x y los COV's reaccionan con la luz solar, lo que produce un átomo libre de oxígeno (O). Este átomo libre puede adicionarse a una molécula de oxígeno (O_2), y formar una molécula de ozono (O_3). Este proceso es reversible y está condicionado por la intensidad de la radiación solar.

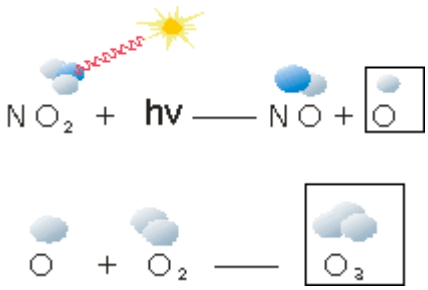

Figura 5.29. Formación de ozono a partir de dióxido de nitrógeno. [68]

Se estima que el ozono de tropósfera corresponde al 10% del total de ozono de la atmósfera. En la Ciudad de México, las concentraciones ambientales de ozono tienen una marcada variación horaria, ya que sus precursores se emiten por la mañana y reaccionan conforma se incrementa la radiación solar. Paulatinamente se incrementan también las concentraciones de ozono y disminuyen al atenuarse la radiación solar. Por sus condiciones geográficas y climáticas, la Ciudad de México recibe una radiación solar intensa durante todo el año, lo que provoca la formación cotidiana de ozono.

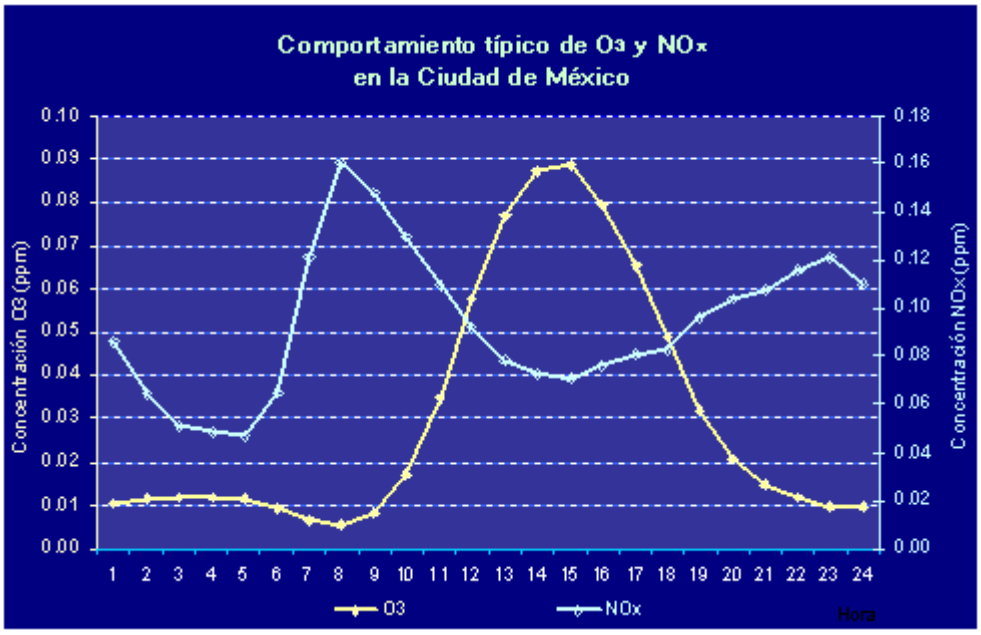

Figura 5.30. Comportamiento típico del ozono y óxidos de nitrógeno en la Cd. de México [68]

El ozono se considera como uno de los contaminantes de mayor preocupación en la actualidad, ya que es altamente oxidante y afecta a los tejidos vivos; se asocia con diversos padecimientos en la salud humana. Los individuos que viven en zonas donde se registran

regularmente concentraciones altas de ozono, presentan diversos síntomas como: irritación ocular, de nariz y garganta, tos, dificultad y dolor durante la respiración profunda, dolor subesternal, opresión en el pecho, malestar general, debilidad, náusea y dolor de cabeza. Por otra parte, los daños por exposición a ozono dependen de la sensibilidad de cada individuo y del tipo de exposición. Los resultados de estudios epidemiológicos en la Ciudad de México y otras ciudades con problemas de contaminación, indican que sus poblaciones son propicias al desarrollo temprano de enfermedades respiratorias crónicas. La OMS recomienda como límite para preservar la salud pública una concentración de 0.05 a 0.10 ppm por hora cada tres años. La Norma Oficial Mexicana de ozono establece como límite de protección a la salud, una concentración de 0.11 ppm promedio de una hora, la cual puede rebasarse una vez al año en un período de tres años.

Algunos científicos comparan el efecto del ozono en la membrana pulmonar con el efecto del sol al quemar la piel, ya que las células dañadas se reponen al cabo de unos días y las células muertas se eliminan por un proceso parecido a la descamación de la piel después de una quemadura de sol. La repetición continua de este tipo de daño, puede causar daño permanente en el pulmón a largo plazo. Otro tipo de padecimiento asociado con la exposición constante al ozono, es la alteración de las funciones de la arteria aorta y daños al sistema cardiovascular.

Entre los grupos de la población con mayor susceptibilidad por exposición a concentraciones de ozono destacan.

1. Niños y adultos mayores. Debido a la susceptibilidad de su sistema inmunológico, estos grupos se consideran como los más vulnerables a los efectos del ozono, ya sea por la posibilidad de desarrollar alguna enfermedad debido a una exposición de largo plazo o por muerte prematura. Algunos estudios demuestran que la función respiratoria de los niños que realizan actividades físicas al aire libre, disminuye de manera reversible cuando las concentraciones ambientales de ozono oscilan entre 0.12 y 0.20 ppm.
2. Personas con enfermedades respiratorias. La exposición a ozono puede empeorar el estado de salud de personas que padecen enfermedades pulmonares crónicas, tales como enfisema y la bronquitis. No existe evidencia de que el ozono cause estas enfermedades, sin embargo, estas personas sienten los efectos del ozono antes que personas consideradas sanas. En personas que padecen enfisema, la exposición a

concentraciones entre 0.1 y 0.15 ppm disminuye el consumo y a cantidad de oxígeno arterial. En personas asmáticas se presentan ataques en días con concentraciones superiores a 0.13 ppm.

3. Personas que realizan actividades al aire libre. Los adultos saludables que realizan ejercicio o trabajo al aire libre se consideran un grupo potencial de padecer los efectos causados por el ozono, sobre todo los debidos a una exposición a corto plazo o exposición aguda. Algunas personas consideradas sanas pueden ser más susceptibles al ozono en comparación de otras. La exposición a concentraciones de 0.05 ppm provoca disminución de la capacidad pulmonar. En situaciones de exposición por períodos de 8 horas a concentraciones de 0.03 ppm de ozono, cualquier persona, aún las consideradas sanas, presentan irritación nasal y de garganta; las personas fumadoras presentan dificultad para respirar y agotamiento. En los atletas la exposición a concentraciones de 0.3 ppm durante una hora, reduce su condición física y provoca tos e irritación del aparato respiratorio.

Para evitar estos problemas, entre las medidas que se pueden tomar para proteger la salud se consideran:

- Evitar exponerse al aire libre cuando la condición de calidad del aire no sea satisfactoria.
- Realizar ejercicio y otras actividades al aire libre durante el período de horas en que este contaminante tiene concentraciones bajas, antes del medio día y por la noche.
- Permanecer en ambientes intramuros como la casa, oficina o escuela, con ventanas cerradas durante el período de horas en que se incrementan las concentraciones de ozono, generalmente entre las 12:00 y las 16:00 horas.
- Ingerir abundante agua y alimentos que contienen antioxidantes (frutas y verduras).
- Antes de realizar cualquier actividad física al aire libre, consulta el Índice Metropolitano de la Calidad del Aire de la zona.

Pero no sólo el ozono afecta a las personas, ya que reacciona activamente con los materiales expuestos a la intemperie, produce oxidación de metales y envejecimiento prematuro de materiales. Por otra parte, el ozono causa severos daños al follaje de algunas variedades de plantas y en otras reduce significativamente su crecimiento.

(Para ver datos históricos de contaminantes, ver ANEXO VII).

5.3.2.5. Partículas [69]

En contaminación atmosférica se reconoce como partícula a cualquier material sólido o líquido con un diámetro que oscila entre 0.0002 y 500 micrómetros. En conjunto se designan como partículas suspendidas totales o PST.

Las fuentes de emisión de partículas pueden ser naturales o antropogénicas. Entre las fuentes naturales se encuentran: erosión del suelo, material biológico fraccionado, erupciones volcánicas, incendios forestales, etc. Entre las fuentes antropogénicas se encuentran: combustión de productos derivados del petróleo, quemas en campos agrícolas y diversos procesos industriales. En la Ciudad de México las principales fuentes antropogénicas son los procesos de combustión interna de vehículos automotores, la industria de la construcción, la formación fotoquímica de aerosoles con contenido de nitrato y sulfato. Durante le época de estiaje, la fuente principal de partículas son las tolvaneras.

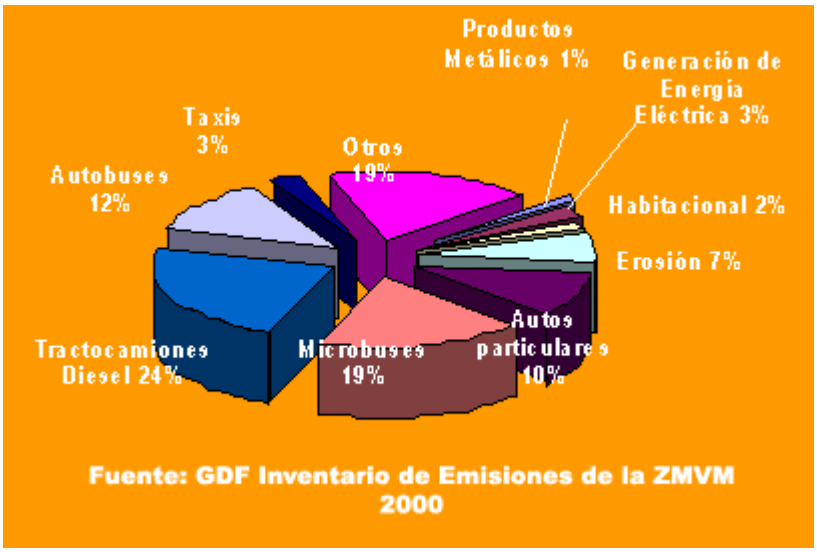

Figura 5.31. Fuentes principales de partículas [69].

Las partículas pueden tener una composición fisicoquímica homogénea o estar constituidas por diversos compuestos orgánicos e inorgánicos. Entre los componentes orgánicos se encuentran: fenoles, ácidos, alcoholes y material biológico (polen, protozoarios, bacterias, virus, hongos, esporas y algas). Entre los compuestos inorgánicos se encuentran nitratos,

sulfatos, polímeros, silicatos, metales pesados (fierro, plomo, manganeso, zinc o vanadio), y elementos derivados de pesticidas y plaguicidas.

Por otro lado, las partículas se clasifican de acuerdo con su efecto en la salud humana, como producto derivado de un proceso natural o antropogénico y por sus características físicas como sigue:

- Efectos en la salud humana
    1. Partículas sedimentables (>10 μm). Son partículas que por su peso tienden a precipitarse con facilidad, razón por la cual permanecen suspendidas en el aire en períodos cortos de tiempo. Por lo general no representan riesgos significativos a la salud humana.
    2. Partículas menores a 10 micrómetros – PM_{10} (<= 10 μm). Son partículas de diámetro aerodinámico equivalente o menor a 10 μm. Se consideran perjudiciales par la salud debido a que no son retenidas por el sistema de limpieza natural del tracto respiratorio.
    3. Partículas menores a 2.5 micrómetros – $PM_{2.5}$ (<= 2.5 μm). Son partículas de diámetro aerodinámico equivalente o menor a 2.5 μm. Representan un mayor riesgo para la salud humana, ya que puede ser un factor de muerte prematura en la población.
- Producto derivado de un proceso natural o antropogénico
    1. Polvos. Son partículas sólidas pequeñas (de 1 a 1,000 μm). Se forman por fragmentación en procesos de molienda, cribado, explosiones y erosión del suelo. Se mantienen en suspensión y se desplazan mediante corrientes de aire.
    2. Humo. Son partículas sólidas finas que resultan de la combustión incompleta de materiales orgánicos como carbón, madera y tabaco. Su diámetro oscila en el intervalo de 0.5 a 1μm.
    3. Fumos. Son partículas sólidas finas. Se forman por la condensación de los vapores originados en procesos de sublimación, destilación, calcinación y fundición. Miden entre 0.03 y 0.3 μm.
    4. Cenizas volantes. Son partículas finas no combustibles que provienen de la combustión del carbón. Su tamaño oscila entre 1 y 1,000 μm. Entre sus

componentes se encuentran sustancias inorgánicas de metales, óxidos de silicio, aluminio, fierro y calcio. Al depositarse en superficies actúan como abrasivos.

5. Niebla. Son gotas pequeñas que se forman por condensación de un vapor, dispersión de un líquido o como producto de una reacción química. Miden entre 0.0002 y 10 μm.
6. Aerosoles. Un aerosol ambiental es una suspensión en el aire de partículas finas líquidas o sólidas. Se dividen en aerosoles primarios y secundarios. Los primarios son partículas relativamente estables que se emiten directamente en la atmósfera, mientras que los secundarios son partículas que se forman en procesos de conversión de gas a partícula. Miden entre 0.01 y 100 μm de diámetro.

   Los aerosoles de diámetro de 0.01 a 0.1 μm se conocen como *partículas ultrafinas*. Estos son productos de la nucleación homogénea de vapores supersaturados (SO_2**,** NH_3, NO_x y productos de la combustión).

   Los aerosoles de diámetro entre 0.1 y 2.5 μm, se conocen como *partículas finas*. Son formados en la coagulación de partículas ultra finas a través de procesos de conversión – gas a partícula – conocido como nucleación heterogénea y por condensación de gases. La mayor parte de los elementos que componen estas partículas en países industrializados son: sulfatos (SO_4), nitratos (NO_3), amoniaco (NH_3), carbón elemental y carbón orgánico. También contienen una variedad de elementos metálicos que provienen de procesos de combustión.

   Los aerosoles contienen sulfatos y nitratos, reaccionan con moléculas de agua (H_2O), dispersas en el ambiente, en forma de lluvia, niebla, nieve o rocío, para formar ácidos. Este fenómeno se reconoce como lluvia ácida y ya se trató anteriormente.

Otro punto importantes son las características físicas:

- Velocidad de sedimentación. De acuerdo con esta propiedad, las partículas se clasifican en suspendidas (su tamaño oscila entre 0.0002 y 10 μm), y sedimentables (tamaño superior a 10 μm). La velocidad de sedimentación de las partículas con tamaño menor o igual a 1 μm depende de sus propiedades de absorción, absorción y adhesión. Cuando se comportan como gases permanecen largos períodos de tiempo en suspensión. Las

partículas con tamaño menor a 0.1 μm son propensas a chocar entre sí (efecto del movimiento browniano), y adherirse, lo que favorece su sedimentación.

Con respecto al impacto ambiental tenemos:

- Visibilidad. La visibilidad es la distancia en la cual un objeto puede ser percibido contra el cielo como horizonte sin una distinción exacta de sus detalles. En regiones donde la concentración de partículas fluctúa alrededor de 20 $\mu g/m^3$, la visibilidad media es de 50 a 60 km. Por el contrario las áreas urbanas donde la concentración de partículas excede los 100 $\mu g/m^3$, la visibilidad promedio se reduce a 8 ó 10 km. Cuando se produce el smog fotoquímico, las partículas duplican su concentración y la visibilidad se reduce a 5 ó 7 km.

  La reducción de la visibilidad es una de las pruebas más evidentes del aumento de contaminación por partículas. En la Ciudad de México la visibilidad promedio en enero de 1937 era de 10 a 15 km y, al principio de la década de los años 70, disminuyó entre 2 y 4 km.
- Clima. Las partículas reflejan y absorben parte de la energía solar, lo cual provoca un decremento de la temperatura en algunas regiones del planeta.
- Materiales. Las partículas actúan como catalizadores sobre superficies metálicas, favoreciendo su oxidación. Además pueden absorber gases como los óxidos de azufre y óxidos de nitrógeno, los cuales reaccionan con la humedad del entorno y forman partículas de ácido sulfúrico o nítrico. Estos ácidos corroen los materiales de construcción de edificios y monumentos, los cuales constituyen el patrimonio histórico de la humanidad (lluvia ácida).
- Ecosistema. Las partículas y otros contaminantes del aire son causantes de la alteración de los elementos típicos del suelo y propiedades fisicoquímicas del agua. Intervienen significativamente en la formación del fenómeno de lluvia ácida. Su impacto en la biosfera es determinado por el grado de toxicidad y contenido orgánico de las mismas.

5.3.2.5.a)¿ Cómo afectan la salud? [69]

El riesgo a la salud por partículas lo constituyen su concentración en el aire y el tiempo de exposición; sin embargo, el tamaño es la característica física más importante para determinar su toxicidad y efectos en la salud humana. Las partículas mayores a 10 μm son retenidas básicamente en las vías respiratorias superiores y eliminadas en su mayor parte

por el sistema de limpieza natural del tracto respiratorio, por lo que no son consideradas significativamente dañinas para la salud. Sin embargo, la exposición continua a altas concentraciones puede causar irritación de garganta y mucosas.

Por su parte, las PM_{10} (fracción respirable), no son retenidas en las vías respiratorias superiores, cerca de un tercio penetra hasta los pulmones. Su efecto depende de su composición química, pueden producir irritación de las vías respiratorias, agravar el asma y favorecer las enfermedades cardiovasculares. Se relacionan con la enfermedad de los pulmones negros en mineros, silicosis y asbestosis. En el corto plazo la contaminación por PM_{10} puede causar el deterioro de la función respiratoria. En el largo plazo se asocia con el desarrollo de enfermedades crónicas, el cáncer o la muerte prematura. De acuerdo con estudios realizados en México, se estima que el riesgo de morir prematuramente se incrementa en 2% por cada incremento de 10 $\mu g/m^3$ de PM_{10}. La combinación de partículas suspendidas y óxidos de azufre tienen un efecto en la salud sinérgico.

Los grupos de la población con mayor susceptibilidad a los efectos de las partículas incluyen:

- Niños
- Ancianos
- Personas con enfermedades respiratorias y cardiovasculares previas
- Fumadores
- Personas que respiran por la boca

El riesgo asociado con las partículas que se depositan en los pulmones es mayor en comparación del depósito en la garganta. Los estudios recientes demuestran que las $PM_{2.5}$ tienen capacidad de ingresar al espacio alveolar o al torrente sanguíneo, incrementando el riesgo de padecer enfermedades crónicas cardiovasculares y muerte prematura.

La Norma Oficial Mexicana de PST establece como límite de protección a la salud una concentración de 260 $\mu g/m^3$ promedio de 24 horas y 75 $\mu g/m^3$ media aritmética anual para proteger a la población susceptible.

La Norma Oficial Mexicana de PM_{10}, establece como límite de protección a la salud una concentración de 150 $\mu g/m^3$ promedio de 24 horas y 50 $\mu g/m^3$ media aritmética anual para proteger a la población susceptible. Los efectos de PM_{10} en la salud son motivos de amplias discusiones para reformular las normas, dado que en concentraciones bajas (30 a 150

$\mu g/m^3$), han un incremento en la demanda de atención médica por padecimientos crónicos respiratorios y aumento de muertes prematuras.

El proyecto de Norma Oficial Mexicana de $PM_{2.5}$, propone una concentración de 65 $\mu g/m^3$ promedio de 24 horas y 15 $\mu g/m^3$ media aritmética anual. Su aplicación es de carácter nacional.

5.3.2.5.b) Medidas de Protección a la Salud [69]

Entre las medidas que se pueden realizar para proteger la salud se consideran:

- Evitar exponerse al aire libre cuando la condición de calidad del aire sea NO SATISFACTORIA.
- Realizar ejercicio y otras actividades al aire libre durante el período de horas que este contaminante tiene concentraciones bajas.
- Ingerir alimentos que contienen antioxidantes (frutas y verduras), y agua en forma abundante.
- No realizar ejercicio y actividades que requieran de un esfuerzo físico considerable en suelos erosionados (canchas deportivas sin cobertura vegetal o pavimento), pues afecta y no beneficia a la salud.
- Proteger las vías respiratorias con cubre-bocas o trapos húmedos en caso de tolvaneras.
- Fomentar la reforestación y recuperación de suelos erosionados.

Antes de realizar cualquier actividad física al aire libre, se debe consultar el Índice Metropolitano de la Calidad del Aire de la zona.

(Para ver datos históricos de contaminantes, ver ANEXO VII).

5.3.2.6. El Dióxido de Nitrógeno (NO_2) [70]

El dióxido de nitrógeno (NO_2), es un agente sumamente oxidante, soluble en agua, de color café-rojizo, constituido por un átomo de nitrógeno y dos átomos de oxígeno en su estructura molecular.

Figura 5.32. Molécula de dióxido de nitrógeno [70].

Constituye uno de los precursores básicos de la neblina o smog fotoquímico y se distingue a simple vista en las grandes urbes por la coloración café-rojizo.

La formación de NO_2 en la atmósfera resulta de la oxidación del NO generado en los cilindros de los motores de combustión interna por combinación directa de nitrógeno y oxígeno de la siguiente forma:

Formación de óxido nítrico: $N_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO$

Formación de dióxido de nitrógeno: $2NO(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO_2$

La mayor fuente de emisiones de óxidos de nitrógeno es el uso de combustibles fósiles por fuentes fijas y móviles, aunque también se producen óxidos de nitrógeno durante la fabricación de ácido nítrico, el uso de explosivos, uso de gas L. P. Y el proceso de soldadura.

Los óxidos de nitrógeno se generan de manera natural por actividad bacterial, volcánica y por descargas eléctricas atmosféricas; sin embargo, la cantidad generada es baja en comparación con las emisiones de origen antropogénico. La permanencia media del dióxido de nitrógeno en la atmósfera es de un día aproximadamente.

5.3.2.6.a) ¿ Cómo Afecta al Ambiente? [70]

Muchos de los efectos ambientales que se atribuyen al NO2 se disocia en NO y O, donde el oxígeno atómico (O), reacciona con el oxígeno molecular del ambiente (O_2), para producir ozono (O_3), el cual es un contaminante altamente oxidante de efectos conocidos.

Por otra parte el NO_2 reacciona con al radical OH para producir partículas de ácido nítrico (HNO_3), las cuales se dispersan en el ambiente en forma de lluvia, llovizna, niebla, nieve y rocío, dando origen a un proceso de acidificación del a tierra y cuerpos de agua.

Las variaciones o cambios permanentes en las propiedades de estos elementos, deriva finalmente en la pérdida del hábitat de especies primarias y consecuentemente en catástrofes ecológicas con daños irreversibles.

5.3.2.6.b) ¿ Cómo afecta la salud? [70]

El dióxido de nitrógeno puede irritar a los pulmones, causar bronquitis y pulmonía, así como reducción significativa de la resistencia respiratoria a las infecciones. Los efectos de

exposición a corto plazo no son claros, pero la exposición continua o frecuente a concentraciones mayores a las encontradas normalmente en el aire, puede causar un incremento en la incidencia de enfermedades respiratorias en los niños, agravamiento de afecciones en individuos asmáticos y con enfermedades respiratorias crónicas.

A diferencia del ozono, las concentraciones de NO_2 en interiores pueden ser más altas que las registradas en el exterior; esto se debe a que una fuente de este contaminante son las estufas que utilizan gas L. P. Actualmente se acepta que no hay evidencia científica confiable que sugiera la posibilidad de efectos crónicos atribuibles al NO_2. Sin embargo, el dióxido de nitrógeno puede ser fatal a concentraciones elevadas.

La OMS recomienda como límite para preservar la salud pública una concentración máxima diaria de 0.11 ppm (ó 200 $\mu g/m^3$), promedio de 1 hora una vez al año, y 0.023 ppm (ó 40 $\mu g/m^3$), en una media aritmética anual. La Norma Oficial Mexicana de NO_2 establece como límite de protección a la salud, una concentración máxima diaria de 0.21 ppm (ó 395 $\mu g/m^3$), promedio de 1 hora una vez al año para protección de la población susceptible. La concentración de dióxido de nitrógeno en la Ciudad de México, se encuentra por debajo de la norma oficial establecida y la tendencia actual de este contaminante es una reducción de los niveles existentes.

5.3.2.6.c) Medidas de Protección a la Salud [70]

Entre las medidas que se pueden realizar para proteger la salud se consideran:

- Evitar exponerse al aire libre cuando la condición del aire sea NO SATISFACTORIA.
- Realizar ejercicio y otras actividades al aire libre durante el período de horas en que este contaminante tiene concentraciones bajas.
- Ingerir abundante agua y alimentos que contienen antioxidantes (frutas y verduras).
- Mantener ventilados nuestros hogares durante el período en que se encuentre encendida la estufa o calentador. Estos constituyen la principal fuente de emisión de NO_2 en interiores por combustión de gas L. P.
- Antes de realizar cualquier actividad física al aire libre, consulte el Índice Metropolitano de la Calidad del Aire en la zona.

(Para ver datos históricos de contaminantes, ver ANEXO VII).

5.3.2.7. Monóxido de Carbono (CO) [71]

El monóxido de carbono (CO) es un gas inodoro, incoloro e insípido ligeramente menos denso que el aire, constituido por un átomo de carbono y uno de oxígeno en su estructura molecular.

Figura 5.33. Molécula de monóxido de carbono [71].

El monóxido de carbono (CO), es un producto de la combustión incompleta de material que contiene carbono y de algunos procesos industriales y biológicos. Un proceso de combustión que produce CO en lugar de CO_2 resulta cuando la cantidad de oxígeno requerida es insuficiente y depende de la temperatura de la flama, tiempo de residencia en la cámara de combustión y turbulencia de la misma. Estos parámetros se tienen mejor controlados en fuentes estacionarias de combustión que en vehículos automotores. Por esta razón, aproximadamente el 70% de las emisiones de CO provienen de fuentes móviles. Las concentraciones horarias de CO a menudo reflejan patrones de tráfico vehicular.

La permanencia media de las moléculas de CO en la atmósfera, es de un mes aproximadamente antes de oxidarse y convertirse en CO_2.

5.3.2.7.a) Efectos del CO en el Ambiente y la Salud [71]

La concentración de monóxido de carbono en el aire representa aproximadamente el 75% de los contaminantes emitidos a la atmósfera; sin embargo, es una molécula estable que no afecta directamente a la vegetación o los materiales. Su importancia radica en los daños que puede causar a la salud humana al permanecer expuestos por períodos prolongados a concentraciones elevadas de este contaminante.

El CO tiene la capacidad de unirse fuertemente a la hemoglobina, la proteína de los glóbulos rojos que contiene el hierro y la cual se encarga de transportar el oxígeno a las células y tejidos a través de la sangre. Al combinarse con la hemoglobina, forma carboxihemoglobina (COHB), lo cual indica una reducción significativa en la oxigenación de nuestro organismo (hipoxia), debido al que el CO tiene una afinidad de combinación 200 veces mayor que el oxígeno.

La hipoxia causada por CO puede afectar el funcionamiento del corazón, el cerebro, las plaquetas y el endotelio de los fasos sanguíneos. Su peligro es mayor en aquellas personas que padecen enfermedades cardiovasculares, angina de pecho o enfermedad vascular periférica. Se le ha asociado con la disminución de la percepción visual, capacidad de trabajo, destreza manual y habilidad de aprendizaje. Probablemente su efecto crónico se vincula con efectos óticos, así como aterogénicos.

La OMS recomienda como límite para preservar la salud pública una concentración de 9 ppm (ó 10,000 $\mu g/m^3$), promedio de 8 horas 1 vez al año. La Norma Oficial Mexicana de CO establece como límite de protección a la salud una concentración de 11.00 ppm (ó 12,595 $\mu g/m^3$), promedio de 8 horas, la cual puede rebasarse 1 vez al año, como medida de protección a la salud de la población susceptible. En la Ciudad de México, la exposición a CO está determinada por la proximidad a sus fuentes, como el tráfico intenso. Las concentraciones promedio de 8 horas son por lo regular inferiores a la norma establecida.

Dentro de una cocina puede haber concentraciones de 10 a 30 ppm (11.5 a 34.5 $\mu g/m^3$), durante períodos cortos de tiempo. Puede llegar hasta 50 ppm (57.5 $\mu g/m^3$), o más. El cigarrillo también es una importante fuente de emisión en interiores.

5.3.2.7.b) Medidas de Protección a la Salud [71]

Entre las medidas que se pueden realizar para proteger a la salud se consideran:

- Evitar exponerse al aire libre cuando la condición de calidad del aire sea NO SATISFACTORIA.
- No permanecer por períodos prolongados en avenidas de tráfico intenso y sitios aledaños, debido a que los vehículos automotores son la principal fuente de emisión de CO.
- Realizar ejercicio y otras actividades al aire libre durante el período de horas en que este contaminante tiene concentraciones bajas. Considere además que las concentraciones altas de CO en el aire se registran en los meses de invierno y las bajas durante el verano.
- La estufa, sistemas de calefacción a gas e incluso el cigarrillo son fuentes de emisión directa de este contaminante, por lo cual la calidad del aire en sitios cerrados como la casa o la oficina puede tener mayores consecuencias en la salud que el aire ambiente.

- Todos podemos contribuir en la disminución de la concentración de monóxido de carbono y otros contaminantes en el aire. Hay que afinar nuestros automóviles y utilizarlos con responsabilidad.

Antes de realizar cualquier actividad física al aire libre se debe consultar el Índice Metropolitano de la Calidad del Aire de la zona.

(Para ver datos históricos de contaminantes, ver ANEXO VII).

5.3.2.8. El Dióxido de Azufre (SO_2) [72]

El dióxido de azufre (SO_2), es un gas incoloro de olor característico, constituido por un átomo de azufre y dos átomos de oxígeno en su estructura molecular.

Figura 5. 34. Molécula de dióxido de azufre [72].

El dióxido de azufre se origina por la combustión o proceso de combustibles que contienen azufre (diesel y combustóleo principalmente), y la fundición de minerales ricos en sulfatos. Se genera principalmente por la industria (incluyendo las termoeléctricas), seguido de los vehículos automotores.

Los compuestos que contienen azufre están presentes en la atmósfera natural no contaminada. Estas sustancias provienen de la descomposición bacteriana de la materia orgánica, de los gases volcánicos y otras fuentes. Sin embargo, su contribución en el balance total de SO_2 resulta muy pequeña en comparación con las producidas en los centros urbanos e industriales como resultado de las actividades humanas.

La permanencia media de SO_2 en la atmósfera es de algunos días y depende de la rapidez con la cual se convierta en ácido sulfúrico (H_2SO_4), por absorción de humedad (H_2O), y en partículas de sulfatos por acción de la radiación solar. Las concentraciones altas de SO_2 se registran en un radio menor a 20 km de la fuente de emisión.

(Para datos históricos de contaminantes, ver ANEXO VII)

5.3.2.8.a) Efectos en el Ambiente y la Salud [72]

El SO_2 atmosférico puede oxidarse a SO_3 por diferentes medios y reaccionar con la humedad del entorno (H_2O), para producir partículas de ácido sulfúrico (H_2SO_4), las cuales se dispersan en el ambiente en forma de lluvia, llovizna, niebla, nieve y rocío dando origen aun proceso de acidificación de la tierra y cuerpos de agua.

En altas concentraciones el dióxido de azufre puede ocasionar dificultad para respirar, humedad excesiva en las mucosidades conjuntivas, irritación severa en vías respiratorias e incluso al interior de los pulmones por formación de partículas de ácido sulfúrico, ocasionando vulnerabilidad en las defensas.

El dióxido de azufre es causante de enfermedades respiratorias como broncoconstrucción, bronquitis y traqueítis, pudiendo llegar a causar broncoespasmos en personas sensibles como los asmáticos, agravamiento de enfermedades respiratorias y cardiovasculares existentes y la muerte. Si bien los efectos señalados dependen en gran medida de la sensibilidad de cada individuo, los grupos de la población más sensibles al dióxido de azufre incluye a los niños y ancianos, a los asmáticos y a aquellos con enfermedades pulmonares crónicas como bronquitis y enfisema.

La combinación de óxido de azufre y partículas suspendidas actúan sinérgicamente produciendo un efecto combinado mucho más nocivo que el efecto individual de cada uno de ellos por separado. Experimentos realizados en animales expuestos a concentraciones de SO_2 de 9 a 50 ppm, muestran cambios morfológicos y funcionales permanentes similares a los que presenta la bronquitis crónica.

La OMS recomienda como límite para preservar la salud pública una concentración de 100 a 150 $\mu g/m^3$ promedio de 24 horas, y de 40 a 60 $\mu g/m^3$ en una media aritmética anual. La Norma Oficial Mexicana de SO_2 establece como límite de protección a la salud una concentración de 0.13 ppm (ó 341 $\mu g/m^3$), promedio de 24 horas, una vez al año, y 0.03 ppm (ó 79 $\mu g/m^3$), en una media aritmética anual para protección de la población susceptible.

La concentración de dióxido de azufre en la Ciudad de México se encuentra por debajo de la norma oficial establecida y la tendencia actual de este contaminante es una reducción de los niveles existentes, debido principalmente, a cambios introducidos en los combustibles y a la práctica de técnicas de control en chimeneas.

5.3.2.8.b) Medidas de Protección a la Salud [72]

Entre las medidas que se pueden tomar para proteger la salud se consideran:

- Evitar exponerse al aire libre cuando la condición de calidad del aire sea NO SATISFACTORIA.
- Realizar ejercicio y otras actividades al aire libre durante el período de horas que este contaminantes tiene concentraciones bajas.
- Ingerir abundante agua y alimentos que contienen antioxidantes (frutas y verduras).

Antes de realizar cualquier actividad física al aire libre, se debe consultar el Índice Metropolitano de la Calidad del Aire de la zona.

5.3.2.9. Normas Oficiales Mexicanas

5.3.2.9.a) Normas de Protección a la Salud de la Población [73]

- 23 de diciembre de 1994 NORMA Oficial Mexicana NOM-020-SSA1-1993, Salud Ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiental con respecto al Ozono (O_3). Valor normado para la concentración de Ozono (O_3), en el aire ambiente como medida de protección a la salud de la población.
- 23 de diciembre de 1994 NORMA Oficial Mexicana NOM-021-SSA1-1993, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al Monóxido de Carbono (CO). Valor permisible para la concentración de Monóxido de Carbono (CO), en el aire ambiente como medida de protección a la salud de la población.
- 23 de diciembre de 1994 NORMA Oficial Mexicana NOM-022-SSA1-1993, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al Dióxido de Azufre (SO_2). Valor normado para la concentración de Dióxido de Azufre (SO_2), en el aire ambiental como medida de protección a la salud de la población.
- 23 de diciembre de 1994 NORMA Oficial Mexicana NOM-023-SSA1-1993, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al Dióxido de Nitrógeno (NO_2). Valor normado para la concentración de Dióxido de Nitrógeno (NO_2), en el aire ambiente como medida de protección a la salud de la población.
- 23 de diciembre de 1994 NORMA Oficial Mexicana NOM-024-SSA1-1993, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto a Partículas Suspendidas Totales (PST). Valor permisible para la concentración de Partículas

Suspendidas Totales (PST), en el aire ambiente como medida de protección a la salud de la población.

- 23 de diciembre de 1994 NORMA Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-1993, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto a Partículas Menores de 10 micras (PM_{10}). Valor permisible para la concentración de Partículas Menores de 10 micras (PM_{10}), en el aire ambiente como medida de protección a la salud de la población.
- 23 de diciembre de 1994 NORMA Oficial Mexicana NOM-026-SSA1-1993, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al Plomo (Pb). Valor normado para la concentración de Plomo (Pb), en el aire ambiente como medida de protección a la salud de la población.

5.3.2.9.b) Emisión de Contaminantes a la Atmósfera [74]

- 22 de octubre de 1993. NORMA Oficial Mexicana NOM-039-ECOL-1993, que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de bióxido y trióxido de azufre y neblinas de ácido sulfúrico, en plantas productoras de ácido sulfúrico.
- 22 de octubre de 1993. NORMA Oficial Mexicana NOM-040-ECOL-1993, que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas sólidas así como los requisitos de control de emisiones fugitivas, provenientes de fuentes fijas dedicadas a la fabricación de cemento.
- 22 de octubre de 1993. Norma Oficial Mexicana NOM-041-ECOL-1999, que establece los límites permisibles e emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.
- 22 de octubre de 1993. Norma Oficial Mexicana NOM-042-ECOL-1999, que establece los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y partículas suspendidas provenientes del escape de vehículos automotores nuevos en planta, así como de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y diesel de los mismos, con peso bruto vehicular que no exceda los 3856 kilogramos.

- 22 de octubre de 1993. Norma Oficial Mexicana NOM-043-ECOL-1993, que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas sólidas provenientes de fuentes fijas.
- 22 de octubre de 1993. NORMA Oficial Mexicana NOM-044-ECOL-1003, que establece los niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, partículas suspendidas totales y opacidad de humo provenientes del escape de motores nuevos que usan diesel como combustible y que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores con peso bruto vehicular mayor de 3,857 kilogramos.
- 22 de abril de 1997. NORMA Oficial Mexicana NOM-045-ECOL-1996, que establece los niveles máximos permisibles de opacidad del humo proveniente del escape de vehículos automotores en circulación que usan diesel o mezclas que incluyan diesel como combustible.
- 22 de octubre de 1993. NORMA Oficial Mexicana NOM-046-ECOL-1993, que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de bióxido de azufre, neblinas de trióxido de azufre y ácido sulfúrico, provenientes de procesos de producción de ácido dodecilbencensulfonico en fuentes fijas.
- 22 de octubre de 1993. NORMA Oficial Mexicana NOM-048-ECOL-1993, que establece los niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos, monóxido de carbono y humo provenientes del escape de las motocicletas en circulación que utilizan gasolina o mezcla de gasolina-aceite como combustible.
- 22 de octubre de 1993. NORMA Oficial Mexicana NOM-050-ECOL-1993, que establece los niveles máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de lo vehículos automotores en circulación que usan gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos como combustible.
- 22 de octubre de 1993. NORMA Oficial Mexicana NOM-051-ECOL-1993, que establece el nivel máximo permisible en peso de azufre, en el combustible líquido gasóleo industrial que se consuma por las fuentes fijas en la zona metropolitana de la Ciudad de México.
- 26 de diciembre de 1995. NORMA Oficial Mexicana NOM-075-ECOL-1995, que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de compuestos

orgánicos volátiles provenientes del proceso de los separadores de agua-aceite de las refinerías de petróleo.

- 26 de diciembre de 1995. NORMA Oficial Mexicana NOM-076-ECOL-1995, que establece los niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno provenientes del escape, así como de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible, que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y otros combustibles alternos y que se utilizan para la propulsión de vehículos automotores, con peso bruto vehicular mayor de 3,857 kilogramos nuevos en planta.
- 2 de diciembre de 1994. NORMA Oficial Mexicana NOM-085-ECOL-1994, contaminación atmosférica – Fuentes fijas – Para fuentes fijas que utilizan combustibles fósiles sólidos, líquidos o gaseosos o cualquiera de sus combinaciones, que establece los niveles máximos permisibles de misión a la atmósfera de humos, partículas suspendidas totales, bióxido de azufre y óxidos de nitrógeno y los requisitos y condiciones para la operación de los equipos de calentamiento indirecto por combustión, así como los niveles máximos permisibles de emisión de bióxido de azufre en los equipos de calentamiento directo por combustión.
- 1 de febrero de 1996. NORMA Oficial Mexicana NOM-097-ECOL-1995, que establece los límites máximos permisibles de emisión a la atmósfera de material particulado y óxidos de nitrógeno en los procesos de fabricación de vidrio en el país.
- 2 de abril de 1998. NORMA Oficial Mexicana NOM-105-ECOL-1996, que establece los niveles máximos permisibles de emisiones a la atmósfera de partículas sólidas totales y compuestos de azufre reducido total proveniente de los procesos de recuperación de químicos de las plantas de fabricación de celulosa.
- 14 de julio de 1998. NORMA Oficial Mexicana NOM-121-ECOL-1997, que establece los límites máximos permisibles de emisión a la atmósfera de compuestos orgánicos volátiles (COV’s), provenientes de las operaciones de recubrimiento de carrocerías nuevas en planta de automóviles, unidades de uso múltiple, de pasajeros y utilitarios; carga y camiones ligeros, así como el método para calcular sus emisiones.
- 14 de junio de 1998. NORMA Oficial Mexicana NOM-123-ECOL-1998, que establece el contenido máximo permisible de compuestos orgánicos volátiles (COV’s), en la

fabricación de pinturas de secado al aire base disolvente para uso doméstico y los procedimientos para la determinación del contenido de los mismos en pinturas y recubrimientos.

5.3.2.9.c) Equipo y Verificación de Contaminantes [74]

- 22 de octubre de 1993. NORMA Oficial Mexicana NOM-049-ECOL-1993, que establece las características del equipo y el procedimiento de medición, para la verificación de los niveles de emisión de gases contaminantes, provenientes de las motocicletas en circulación que usan gasolina o mezcla de gasolina-aceite como combustible.
- 13 de noviembre de 1995. NORMA Oficial Mexicana NOM-077-ECOL-1995, que establece el procedimiento de medición para la verificación de los niveles de emisión de la opacidad del humo proveniente del escape de los vehículos automotores en circulación que usan diesel como combustible.
- 10 de mayo de 2000. NORMA Oficial Mexicana NOM-047-ECOL-1999, que establece las características del equipo y procedimiento de medición para la verificación de los límites de emisión de contaminantes, provenientes de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos.

5.3.2.9.d) Especificación para Combustibles [74]

- 2 de diciembre de 1994. NORMA Oficial Mexicana NOM-086-ECOL-1994, contaminación Atmosférica, Especificaciones sobre protección ambiental que deben reunir los combustibles fósiles líquidos y gaseosos que se usan en fuentes fijas y móviles.

5.3.2.9.e) Estaciones de Servicio de Hidrocarburos [74]

- 2 de diciembre de 1994. NORMA Oficial Mexicana NOM-086-ECOL-1994, Contaminación Atmosférica, Especificaciones sobre protección ambiental que deben reunir los combustibles fósiles líquidos y gaseosos que se usan en fuentes fijas y móviles.

5.3.2.9.f) Medición de Concentraciones [75]

- 18 de octubre de 1993. NORMA Oficial Mexicana NOM-034-ECOL-1993, que establece los métodos de medición para determinar la concentración de monóxido de

carbono en el aire ambiental y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición.

- 18 de octubre de 1993. NORMA Oficial Mexicana NOM-035-ECOL-1993, que establece los métodos de medición para determinar la concentración de partículas suspendidas totales en el aire ambiental y del procedimiento para la calibración de los equipos de medición.
- 18 de octubre de 1993. NORMA Oficial Mexicana NOM-036-ECOL-1993, que establece los métodos de medición para determinar la concentración de ozono en el aire ambiental y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición.
- 18 de octubre de 1993. NORMA Oficial Mexicana NOM-037-ECOL-1993, que establece los métodos de medición para determinar la concentración de bióxido de nitrógeno en el aire ambiental y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición.
- 18 de octubre de 1993. NORMA Oficial Mexicana NOM-038-ECOL-1993, que establece los métodos de medición para determinar la concentración de bióxido de azufre en el aire ambiental y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición.

5.3.2.9.g) Depósito Atmosférico [75]

- Norma mexicana que establece los métodos gravimétrico y turbidimétrico para la determinación del ión sulfato en aguas (NMX-AA-74-SCFI-1981).
- Norma mexicana que determina los nitratos en aguas naturales, potables, residuales y residuales tratadas – Método de prueba (NMX-AA-79-SCFI-2001).
- Norma mexicana que determina el pH en el agua – Método de prueba (NMX-AA-08-SCFI-2000).

5.3.3. Características Culturales, la Vida y la Contaminación

Ya anteriormente se mencionaron algunos puntos que afectan la vida de la sociedad en el Valle de México por la contaminación. Es un hecho que la producción de contaminantes en esta zona es debida en gran parte a los automóviles de combustión interna, y este problema se refleja en la calidad de vida de las personas. A continuación se presentarán puntos relacionados con las fuentes de contaminación y puntos importantes que tienen impacto social desde el punto de vista que nos corresponde, el automóvil.

5.3.3.1. La Contaminación y el Valle de México [76]

La contaminación del aire es uno de los costos de la industrialización y el desarrollo económico asociado con más vehículos, más bienes materiales y más espacio dedicado a zonas urbanas. En la mayoría de las áreas urbanas modernas la calidad del aire no es aceptable y afecta la salud de sus habitantes.

A nivel mundial, las ciudades que destacan por sus problemas de contaminación atmosférica son: Los Ángeles, México, Sao Paulo y Santiago, las cuales han adoptado programas para su mejora.

El Programa para Mejorar la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana del Valle de México (PROAIRE 2002 – 2010), a través del Programa Rector Metropolitano Integral de Educación Ambiental (PREMIA), promueve la adquisición de conocimientos sobre el medio ambiente, la transformación de actitudes, el desarrollo de hábitos y valores que faciliten la construcción hacia la sustentabilidad y el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes de la ZMVM, hacia una cultura ambiental que signifique una nueva forma de pensar, vivir y sentir en esta metrópoli.

El PREMIA pretende articular los diferentes proyectos y acciones se consideran: programas de sensibilización a medios de comunicación y educación informal; cruzadas escolares para preservar y cuidar el ambiente; clubes ambientales; cursos-taller de educación ambiental a estudiantes, funcionarios públicos y comunidad en general; ferias ambientales; visitas a las áreas naturales protegidas para alumnos y profesores de educación básica; se promovieron los programas de naturación de azoteas y reforestación; promoción de programas ambientales en el metro, instituciones educativas, edificios de gobierno y a través de ONG´s. También realiza numerosas publicaciones y materiales de apoyo sobre temas ambientales.

Hoy en día, la Ciudad de México cuenta con una amplia infraestructura para medir, registrar, procesar y difundir información de contaminación atmosférica. Esta infraestructura integra el Sistema de Monitoreo Atmosférico (SIMAT), que tiene entre sus objetivos: a) vigilar diariamente el comportamiento de los contaminantes del aire para informar de manera oportuna a la población y salvaguardar la salud, principalmente en situaciones de emergencia ambiental; b) evaluar las tendencias de los contaminantes del aire para evaluar la eficiencia de las estrategias de control.

Una dificultad para informar a la población acerca de los niveles de contaminación, es que las mediciones se realizan en unidades físicas, ya sea como partes por millón o en microgramos por metro cúbico. Por esta razón es necesario transformar las concentraciones de contaminantes a una *escala de valores* que permitan a cualquier persona identificar fácilmente las situaciones de riesgo para su salud. En la Ciudad de México, como en otras ciudades del mundo, existe el Índice Metropolitano de la Calidad del Aire, mejor conocido como IMECA, para informar a la población acerca de los niveles de contaminación del aire. El IMECA toma como referencia los límites de protección a la salud que recomiendan las Normas Oficiales Mexicanas. Cuando el IMECA de cualquier contaminante rebasa los 100 puntos, indica que hay un riesgo para la salud.

5.3.3.2.Los contaminantes en la Cuidad de México [76]

La intensidad solar que incide en la Ciudad de México durante todo el año, favorece la presencia de contaminantes fotoquímicos como el ozono. A lo largo de cualquier día del año las concentraciones de ozono aumentan entre las 12:00 y las 18:00 horas.

Otros contaminantes como las Partículas Suspendidas Totales (PST), y las Partículas Menores a 10 micrómetros (PM_{10}), alcanzan concentraciones dañinas a la salud en la época seca-caliente (marzo a mayo). En esta época se presentan tolvaneras en los municipios de Netzahualcoyotl y Ecatepec, cercanos al lago de Texcoco. Durante el invierno las concentraciones de partículas y otros contaminantes, como el monóxido de carbono, óxidos de azufre y óxidos de nitrógeno, pueden aumentar debido al estancamiento que provocan las inversiones térmicas. En las épocas de lluvias (junio a octubre), se presenta el *lavado de atmósfera*, que provoca una disminución considerable de las concentraciones de partículas y otros contaminantes.

5.3.3.3. Las Fuentes de Contaminación en la Ciudad [76]

En la Ciudad de México los vehículos automotores son la fuente principal de contaminación del aire, las emisiones de cada tipo de vehículo (particular, taxi, autobús, microbús, etc.), depende de la cantidad de combustible que consume, el mantenimiento que recibe y su tecnología.

Otras fuentes de contaminación relacionadas con actividades del hombre son los servicios (tintorerías, lavanderías, talleres de artes gráficas, panaderías, etc.), y la industria. También

se considera que algunas fuentes naturales contribuyen en el problema de contaminación del aire, como son la erosión del suelo o la emisión de hidrocarburos en árboles.

Tomando en cuenta que la fuente principal de contaminación del aire, es conveniente que se lleven a cabo algunas prácticas cotidianas enlistadas a continuación:

- Procurar no utilizar el automóvil.
- Planear los recorridos para combinar rutas y reducir el número de viajes.
- Procurar no utilizar el automóvil principalmente durante las horas pico.
- Evitar permanecer en congestionamientos de tráfico utilizando vías alternas.
- Compartir el vehículo con otros pasajeros.
- No estacionarse en doble fila frente a escuelas, bancos o vías rápidas.
- Utilizar prácticas de manejo que eviten las altas tasas de emisión.
- Procurar hacer reuniones de trabajo utilizando medios electrónicos.
- Procurar cargar gasolina en las horas de menor insolación.

5.3.3.4. La Calidad del Aire en la Ciudad de México

5.3.3.4.a) SIMAT [77]

El objetivo de esta organización es evaluar la calidad del aire en la Cuidad de México como medida de prevención para la protección de la salud de sus habitantes. Su misión es vigilar y evaluar el estado de la calidad del aire de la Ciudad de México para informar oportunamente a sus habitantes como medida de protección a la salud pública y fortalecer la toma de decisiones en programas de prevención y mejoramiento de la calidad del aire. De esta forma se cumple con el derecho que tienen a la información ambiental.

5.3.3.4.b) IMECA [78]

El Índice Metropolitano de la Calidad del Aire (IMECA), es un valor de referencia para que la población conozca los niveles de contaminación prevalecientes en su zona de residencia, de manera precisa y oportuna, para que tome las medidas pertinentes de protección.

Cuando el IMECA de cualquier contaminante rebasa los 100 puntos, significa que sus niveles son perjudiciales para la salud y en la medida en que aumenta el valor del IMECA se agudizan los síntomas (Tabla 5.28).

Tabla 5.32. Interpretación del IMECA		
IMECA	Condición	Efectos a la Salud
0-100	Condición dentro de la normal	Ninguno
101-200	Condición no satisfactoria	Molestias en ojos, nariz, garganta en personas sensibles
201-300	Condición mala	Evitar actividades al aire libre. Posibles problemas respiratorios
301-500	Condición muy mala	Se agudizan los síntomas anteriores en personas sensibles y quienes fuman o padecen enfermedades crónicas
[78]		

Cuando estos valores son altos, las recomendaciones son las siguientes:

- No exponerse al aire libre, manteniéndose en ambientes cerrados como la casa o la oficina.
- Reducir el uso del automóvil sobre todo si son viajes innecesarios.
- Consultar continuamente el IMECA en los medios de información.
- Ingerir líquidos, fruta y alimentos que contengan antioxidantes.
- Evitar que los niños jueguen al aire libre.

5.4. La vida diaria y el automóvil

Este punto se cubrirá en base a la experiencia del encuestador en el Valle de México y a entrevistas con personas que viven en esta zona. Este punto es importante para conocer la cultura de los habitantes de la zona en base al transporte y como afecta esto al entorno y la vida de los individuos.

5.5. Planeación Urbana [81]

En el sentido de planeación urbana, ha habido ciertas tendencias que han ido en detrimento del medio ambiente, la calidad de vida y el interés público. Un ejemplo grave de esto es la destrucción de áreas generadoras de oxígeno y efectos negativos sobre las zonas de recarga de los mantos acuíferos. El crecimiento poblacional debe llevarse a las delegaciones Benito Juárez, Cuauhtémoc, Miguel Hidalgo y Venustiano Carranza, ya que han perdido más o menos 1 millón 200 mil habitantes en los últimos 30 años. Por otro lado, la población ha crecido desproporcionadamente hacia Álvaro Obregón, Coyoacán, Cuajimalpa, Iztapalapa, Magdalena Contreras, Milpa Alta, Tláhuac, Tlalpan y Xochimilco, situación sobre la que el gobierno está trabajando para revertirla. Para esto se están dando facilidades de

construcción de vivienda y persuadiendo a los desarrolladores inmobiliarios para no construir más viviendas en estas zonas críticas.

5.6. Conclusión

Todo lo anterior sienta las bases para saber que el medio ambiente en el Valle de México es especialmente corrosivo, y podemos suponer que componentes del tren motriz deben tener problemas por corrosión. Por otro lado debemos recordar que el sistema de alimentación está dejando entrar el aire con contaminantes en forma de gas que no son detenidos en el filtro y puede haber consecuencias en el funcionamiento del motor.

De igual manera, lo visto en características geográficas y climatológicas tiene un efecto directo en los caminos, y es claro que malos caminos tienen repercusiones importantes sobre el vehículo. México se encuentra clasificado entre los países del grupo IV (ver ANEXO V), por la mala condición de los caminos en general, lo que conlleva cambios en el diseño del automóvil para responder a las exigencias del mercado. Sobre este punto también se esperan obtener conclusiones importantes en este estudio que podrán sentar las bases para un estudio dirigido al diseño de vehículos para países con características similares a México. Las vibraciones producidas, los posibles golpes en la parte inferior del vehículo, son aspectos que pueden dañar la transmisión o al motor; ya se tiene un ejemplo específico de cómo las piedras del camino pueden dañar el cubrepolvo de las flechas de transmisión (ver ANEXO V).

Hablando de la zona Sur de la Cd. de México, la condición de los caminos es muy similar a la que puede encontrarse en la Cd. de Puebla; las principales vías de comunicación están, en general, en buen estado, y pueden encontrarse calles secundarias en malas condiciones. El problema más importante en esta zona es, de acuerdo a la experiencia del autor, el tráfico, lo que influye directamente en aspectos del vehículo como el calentamiento del motor. A esto contribuye también la situación geográfica, ya que existen pendientes pronunciadas que, sumado a la altitud de la zona, pueden traer problemas a nivel desempeño del motor, aún con los sistemas actuales de control de inyección.

Un punto interesante es la diversidad socio-económica de la población, lo que puede apreciarse al transitar por la ciudad. Este es un punto importante, ya que la inseguridad es parte de la vida diaria en la ciudad. Tal vez este aspecto debe cuidarse mucho más, ya que la seguridad en los automóviles es un tema del que se habla diariamente. Las diferentes

marcas automotrices que participan en el mercado mexicano deben pensar en proteger al vehículo y a la persona que adquiere el mismo. Esta misma inseguridad ha afectado el estudio, ya que la disponibilidad de las personas para contestar un cuestionario no es la misma, y menos cuando implica uno de sus bienes (el automóvil en este caso).