



Noviembre de 2024

Boletín Mensual

Características geográficas y climatológicas
que influyen en la calidad del aire.



GOBIERNO DEL
ESTADO DE
MÉXICO

SALUD



CRÉDITOS

Delfina Gómez Álvarez

Gobernadora del Estado de México

Macarena Montoya Olvera

Secretaria de Salud

Colaboradores CEVECE

Víctor Manuel Torres Meza

Ma. de Jesús Mendoza Sánchez

Ignacio Miranda Guzmán

Luis Anaya López

Mauricio R. Hinojosa Rodríguez

Víctor Flores Silva

Mildreth Alejandra Garduña Medina

Subdirección de Epidemiología

Luis Estaban Hoyo García de Alba

Diseño

Ana Laura Toledo Avalos

Contaminantes Criterio de Importancia en el Valle de Toluca

Especificaciones de los Contaminantes Criterio

Contaminante	Concentración Promedio	Valor límite	Unidades	Norma Oficial Mexicana
PM10	24 hrs.	70	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	NOM-025-SSA1-2021
PM2.5	24 hrs.	41	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	NOM-025-SSA1-2021
O3	1 hr.	0.090	ppm	NOM-020-SSA1-2021
NO2	1 hr.	0.106	ppm	NOM-023-SSA1-2021
CO	8 hrs. móvil	9.0	ppm	NOM-021-SSA1-2021
SO2	24 hrs.	0.110	ppm	NOM-022-SSA1-2010

De acuerdo con las Especificaciones de los Contaminantes Criterio, que se resumen en el cuadro anterior, podemos decir lo siguiente:

Las **partículas PM10** se miden cada hora y se realiza un promedio a las 24 horas; el valor límite para este año 2024 es de $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de acuerdo con la NORMA Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-2021, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto a las partículas suspendidas PM10 y PM2.5. Valores normados para la concentración de partículas suspendidas PM10 y PM2.5 en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población; el riesgo para la salud se refiere a la exacerbación de casos de asma, principalmente en niños. De acuerdo con el estudio sobre la carga global de enfermedades atribuibles a la contaminación atmosférica, de la Organización Mundial de Salud (OMS), la exposición a partículas finas en el aire ambiente representa el quinto factor de riesgo de muertes prematuras en la población a nivel mundial. En México, las estimaciones corresponden a cerca de 29,000 muertes y casi 558,000 años de vida ajustados por discapacidad atribuibles a la mala calidad del aire.

Para el caso de PM2.5, este contaminante se mide cada hora y se realiza un promedio a las 24 horas; el valor límite para este año 2024 es de $33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de acuerdo con la NOM-025-SSA1-2021; el riesgo para la salud se centra en la exacerbación de casos de asma, principalmente en niños. Existe evidencia científica que apoya una relación causal entre la exposición a PM2.5 en el aire ambiente e incremento en la prevalencia de cardiopatías isquémicas, enfermedades cerebrovasculares e incremento en infecciones de las vías respiratorias inferiores y enfermedades pulmonares obstructivas crónicas. En los estudios con población infantil, se han evidenciado efectos como el incremento en la prevalencia del asma, bajo peso al nacer, parto prematuro y trastornos neurológicos o cognitivos.

En cuanto al ozono (O3), este contaminante se mide cada hora; el valor límite es de 0.090 ppm de acuerdo con la NORMA Oficial Mexicana NOM-020-SSA1-2021, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al ozono (O3). Valores normados para la concentración de ozono (O3) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población; el riesgo para la salud se refiere a exacerbaciones respiratorias en población general y disminución en la función pulmonar aunado a un mayor uso de medicamentos en niños asmáticos.

El dióxido de nitrógeno (NO2), se mide cada hora; el valor límite es de 0.106 ppm de acuerdo con la NORMA Oficial Mexicana NOM-023-SSA1-2021, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al dióxido de nitrógeno (NO2). Valores normados para la concentración de dióxido de nitrógeno (NO2) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población; el riesgo para la salud se refiere a la exacerbación de casos de asma principalmente en niños. Este contaminante se deriva de los procesos de combustión, siendo ésta la fuente principal de su vertimiento a la atmósfera.

El monóxido de carbono (CO), se mide por 8 hrs. móvil; el valor límite es de 9.0 ppm de acuerdo con la NORMA Oficial Mexicana NOM-021-SSA1-2021, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al monóxido de carbono (CO). Valores normados para la concentración de monóxido de carbono (CO) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población; el riesgo para la salud se observa en la exacerbación de casos de asma principalmente en niños. Este contaminante se produce por la combustión incompleta de compuestos de carbono, consecuentemente pueden verterlo al aire los vehículos automotores y la industria, aunque en menor escala; algunos procesos naturales son capaces de emitirlo, tales como los incendios forestales o de los procesos naturales que se llevan a cabo en los océanos.

Dióxido de azufre (SO2), de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-022-SSA1-2019, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al dióxido de azufre (SO2). Valores normados para la concentración de dióxido de azufre (SO2) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población, para este contaminante se establecen dos valores límite para las concentraciones ambientales a efecto de proteger la salud de la población más susceptible: valor límite de 1 hora: 0.075 ppm ($196.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) como promedio aritmético de 3 años consecutivos de los percentiles 99 anuales obtenidos de los máximos diarios; y valor límite de 24 horas: 0.04 ppm ($104.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$) como el máximo de 3 años consecutivos, obtenidos de los promedios de 24 horas. Por lo que es responsable en buena medida de las «lluvias ácidas» y de la contaminación del aire que afectan a las zonas urbanas e industriales. Recientemente, se han reconocido a las emisiones de SO2 por su contribución a la formación de aerosoles inorgánicos secundarios, partículas finas que son perjudiciales para la salud humana.

Comportamiento de los contaminantes

Contaminantes en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca Máximo diario Octubre 2024

FECHA	PM10	PM2.5	O3	NO2	CO	SO2
01/10/2024	51	31	0.051	0.024	1.2	0.003
02/10/2024	51	23	0.054	0.03	1.2	0.004
03/10/2024	62	31	0.073	0.045	1.3	0.004
04/10/2024	68	34	0.079	0.039	1.3	0.004
05/10/2024	68	35	0.054	0.032	1.2	0.004
06/10/2024	54	31	0.048	0.035	1.3	0.002
07/10/2024	34	35	0.05	0.038	1.4	0.002
08/10/2024	38	29	0.054	0.051	1.1	0.002
09/10/2024	70	35	0.092	0.06	1.3	0.003
10/10/2024	70	35	0.08	0.041	1.1	0.003
11/10/2024	62	36	0.076	0.045	0.9	0.003
12/10/2024	64	39	0.099	0.041	0.8	0.003
13/10/2024	75	47	0.083	0.037	1	0.003
14/10/2024	79	43	0.083	0.051	1.1	0.005
15/10/2024	82	47	0.071	0.057	1.2	0.004
16/10/2024	75	44	0.076	0.052	1.2	0.004
17/10/2024	76	39	0.075	0.039	1	0.004
18/10/2024	70	37	0.086	0.049	1.2	0.004
19/10/2024	70	37	0.062	0.028	1	0.005
20/10/2024	58	26	0.044	0.029	0.9	0.004
21/10/2024	37	19	0.037	0.029	1	0.004
22/10/2024	45	25	0.076	0.037	1	0.006
23/10/2024	66	33	0.079	0.041	1.1	0.006
24/10/2024	66	36	0.086	0.043	1.1	0.007
25/10/2024	85	43	0.089	0.061	1.2	0.007
26/10/2024	80	42	0.091	0.05	1.2	0.008
27/10/2024	80	42	0.047	0.031	1	0.009
28/10/2024	90	49	0.062	0.044	1.2	0.01
29/10/2024	99	58	0.068	0.059	1.3	0.01
30/10/2024	94	59	0.089	0.058	1.4	0.01
31/10/2024	83	52	0.075	0.048	1.5	0.011

Fuente: Red Automática de Monitoreo Atmosférico de la ZMVT Octubre 2024

Con base en las Especificaciones de los Contaminantes Criterio, el comportamiento en el mes de octubre del 2024, fue el siguiente: en partículas PM10, hubo 23 días (74.19%) fuera de la NOM-025-SSA1-2021; en el caso de partículas PM2.5 se registraron 22 días (70.96%) fuera de la NOM-025-SSA1-2021; en este mes se volvieron a registrar más días con concentraciones fuera de la NOM, lo que pudo llevar a repercusiones en la salud de la población.

En el mes de octubre, los valores de ozono (O3) registraron 3 días en que la calidad del aire sobrepasó los límites de la NOM-020-SSA1-2021.

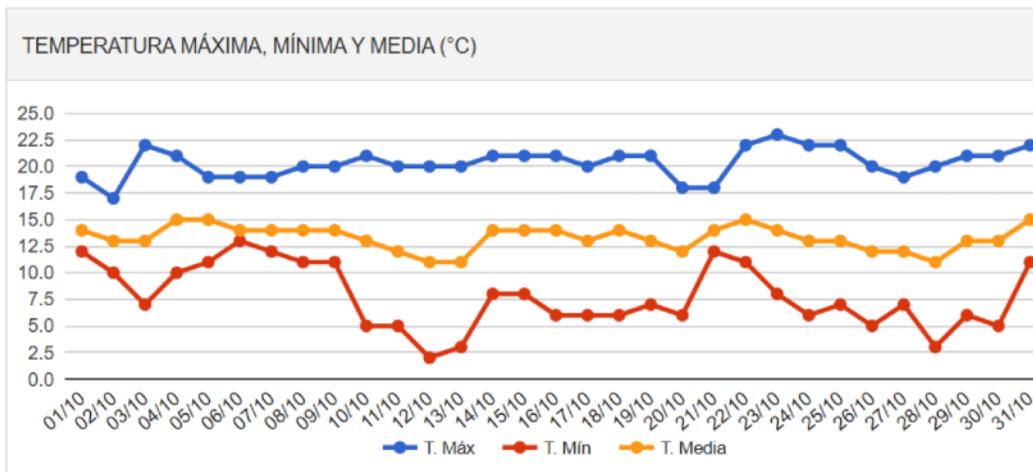
El bióxido de nitrógeno (NO2) no sobrepasó los límites de la NOM-023-SSA1-2021 (100% dentro de los límites); el monóxido de carbono (CO) tampoco sobrepasó los límites de la NOM-021-SSA1-2021 y registró 31 días dentro (100%), el dióxido de azufre (SO2) no sobrepasó los límites de la NOM-022-SSA1-2010 y se registraron 31 días dentro de la norma (100%).

El valor máximo en PM10 fue de 99 y se registró el 29 de Octubre, en PM2.5 fue de 59 el día 30 de octubre. En cuanto a los valores mínimos, para partículas PM10 fue de 34 el día 7 octubre y para partículas PM2.5 fue de 19 el día 21 de octubre de 2024.

Temperatura media

Resumen de datos mensuales para octubre 2024:

- Temperatura Máxima: 23°C
- Temperatura Mínima: 13°C
- Temperatura Media: 2°C



Los niveles de contaminación del aire se disparan cuando las temperaturas suben o bajan; esto sucede de varias maneras; las altas temperaturas pueden llevar a sequías más frecuentes e incendios forestales más intensos, ambos responsables de aumentar el material particulado (PM10 y PM2.5). El calor acelera los procesos biológicos responsables de la descomposición de residuos orgánicos y aguas residuales, liberando tanto contaminantes del aire como gases de efecto invernadero. Pero también la contaminación del aire empeora con las condiciones meteorológicas al descender la temperatura, así las bajas temperaturas podrían elevar los niveles de contaminación del aire en el Estado de México, lo que representa un grave riesgo para la salud de la población.

Durante la temporada invernal se produce un fenómeno conocido como inversión térmica, donde los contaminantes se acumulan cerca del suelo y tienen dificultades para dispersarse, lo que aumenta su concentración en el aire. Entre los principales contaminantes presentes se encuentran el monóxido de carbono, el ozono, el dióxido de nitrógeno, el dióxido de azufre y las partículas finas, todos ellos contribuyendo a la mala calidad del aire.

Durante Octubre de 2024 se presentó una temperatura máxima de 23°C, una temperatura mínima de 2°C y una temperatura media de 13°C, presentándose una disminución de días con lluvias durante este mes (con 5 días efectivos de precipitaciones: 5, 6, 7, 8 y 9 de octubre, relacionadas con las tormentas tropicales existentes en el Pacífico de México; con 12 días de precipitaciones mínimas: 1, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 21, 26, 27, 28 y 29 de octubre del 2024), así como el inicio de la temporada invernal al verse reflejado en temperaturas por debajo de los 12°C; lo cual refleja en forma inmediata que esta combinación de factores favorece para tener días con contaminantes que superaron su valor límite normado. Se tuvieron 6 de 31 días en octubre por arriba de la temperatura máxima media (23°C), solo solo 1 día de 31 (día 23), así como 5 días con 22°C, siendo los días 3, 22, 24, 25 y 31; se tuvieron 27 de 31 días en octubre con temperaturas por debajo de 12°C, siendo los días 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30 y 31, considerando que el día 12 de octubre fue el día que se tuvo 2°C como temperatura mínima.

Se encuentra una relación con el aumento de los niveles de partículas PM2.5 en 22 de 31 días del mes de octubre, siendo los días 4, 5, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30 y 31; como de PM10 en 23 de 31 días del mes de octubre, siendo los días 3, 4, 5, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, y 31, así de O3 en 3 de 31 días del mes de octubre, siendo los días 9, 12 y 26; manteniéndose en condiciones de regular a malas en contaminantes, registrándose cero días de contingencias ambiental por partículas u ozono en los Municipios del Valle de Toluca, lo cual muestra que aunado a otras condiciones como el aire, la altura, la geografía, etc., en este Valle de Toluca, no se necesitan temperaturas mayores a los 25°C, para permitir altos niveles de contaminantes, esto se puede presentar con temperaturas a partir de los 22°C.

Ante la presencia de días con temperaturas por debajo de los 12°C es más frecuente encontrar a las partículas PM2.5 y PM10 como al O3 que superen los valores límites normados.

Casos Nuevos de Enfermedades asociadas a la Calidad del Aire

Daños a la salud	No. de Casos en el mes de Octubre 2024
Asma	133
Conjuntivitis	596
Infección respiratoria aguda (IRA)	13,344
Otitis media aguda	87
Enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC)	23*
Enfermedad cerebrovascular	24
Enfermedad isquémica del corazón	52

* Fuente: Dirección General de Epidemiología. SUAVE Canal Endémico. Consultado el 06 de noviembre del 2024. Disponible en https://www.sinave.gob.mx/SUAVE/DirApp/Reportes/Canal_Endemico.aspx

Daños a la Salud

En el Valle de Toluca durante el mes de octubre del año 2024, se estima que la contaminación del aire ocasionó los siguientes daños a la salud:

- Se exacerbaron los síntomas del asma y de la conjuntivitis en 133 y 596 personas, respectivamente.
- El tres por ciento de las personas que padecieron una Infección Respiratoria Aguda (IRA), en esta ocasión 401 personas, se puede atribuir a la contaminación del aire.
- Durante el mes de octubre del 2024, 87 personas padecieron de otitis media aguda, por su probable exposición a altos niveles de contaminación del aire.
- En el mes de octubre del 2024 se identificaron 23* personas con Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC), un porcentaje de ellas podrían estar relacionado al humo del tabaco y otro más a la contaminación ambiental.
- Considerando el estimador del 25% de las muertes por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para la Enfermedad Cerebrovascular se podría decir que 6 personas afectadas por esta enfermedad, se dañaron por su exposición a la contaminación del aire.
- Considerando el estimador del 25% de las muertes por la OMS para la Enfermedad Isquémica del Corazón se podría decir que 13 personas afectadas por esta enfermedad, se dañaron por su exposición a la contaminación del aire.

Velocidad media del viento

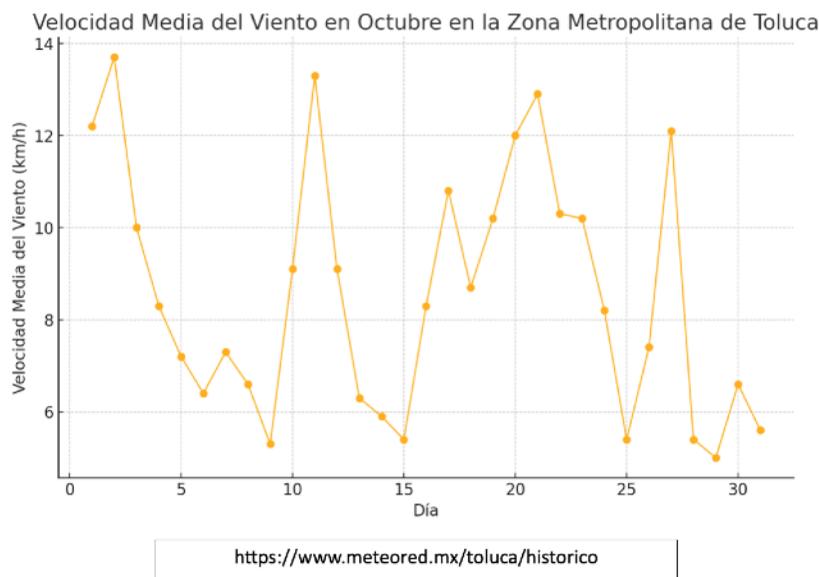
Durante octubre de 2024, la velocidad media del viento en la Zona Metropolitana de Toluca fue de aproximadamente 8.55 km/h, con fluctuaciones importantes a lo largo del mes. La gráfica muestra cómo las variaciones diarias en la velocidad del viento influyen en la capacidad de dispersión de contaminantes en el aire y, por ende, en la calidad del aire en esta región.

En días específicos, como el 2 y el 21 de octubre, la velocidad del viento alcanzó valores cercanos a los 13 km/h, creando condiciones óptimas para la dispersión de partículas y gases contaminantes generados por el tráfico y las actividades industriales. Estas velocidades de viento favorecen la dispersión de contaminantes hacia áreas menos densas, lo que reduce su concentración en zonas urbanas y disminuye la exposición de la población a elementos tóxicos, como partículas PM10 y PM2.5, ozono y dióxido de nitrógeno (NO₂). En esos días de viento más intenso, se esperó una mejora en la calidad del aire, lo que contribuye a minimizar los impactos negativos en la salud, particularmente para personas con problemas respiratorios.

En cambio, se observan días con velocidades de viento significativamente más bajas, como el 25 y el 29 de octubre, donde el viento registró alrededor de 5 km/h. Estos días de baja ventilación resultan propicios para la acumulación de contaminantes cerca del suelo, especialmente en zonas de alto tráfico vehicular y áreas industriales. Cuando el viento es insuficiente para movilizar estos contaminantes, las partículas y gases nocivos tienden a acumularse, generando "bolsas de contaminación" en áreas específicas. Este fenómeno incrementa el riesgo de exposición a contaminantes peligrosos, particularmente para grupos vulnerables como niñas, niños, adultas y adultos mayores y personas con enfermedades crónicas. Además, esos días pudieron exacerbar problemas de salud pública relacionados con enfermedades respiratorias y cardiovasculares.

La identificación de estos patrones de viento permite a las autoridades de calidad del aire anticipar días con mayor riesgo de acumulación de contaminantes. Durante los días con baja velocidad de viento, pueden implementarse medidas preventivas, como alertas ambientales, recomendaciones de limitar actividades al aire libre y planes de movilidad urbana para reducir la cantidad de vehículos en circulación. Asimismo, las autoridades pueden reforzar la vigilancia en zonas de alta concentración de tráfico y zonas industriales, que tienden a ser fuentes importantes de emisiones en días de baja ventilación.

La gráfica de velocidad media del viento para octubre refleja cómo las variaciones diarias influyen en la capacidad de dispersión de contaminantes en la Zona Metropolitana de Toluca. Los días con velocidades de viento superiores a los 10 km/h son beneficiosos para la calidad del aire, promoviendo una atmósfera más saludable y una menor exposición a contaminantes. En contraste, los días con velocidades por debajo de los 6 km/h sugieren la necesidad de monitoreo constante y de implementar medidas de mitigación para proteger la salud pública. Estos patrones subrayan la importancia de la velocidad del viento como un factor crucial para la gestión de la calidad del aire, ya que el control de la dispersión de contaminantes es clave para mantener niveles seguros en áreas urbanas y reducir los riesgos asociados a la contaminación atmosférica.



Referencias:

- Meteored. Histórico del clima. Octubre 2024. <https://www.meteored.mx/toluca/historico>

Fuente:

- Meteored. Histórico del clima. Octubre 2024. <https://www.meteored.mx/toluca/historico>

Precipitación mensual media

La lluvia se forma cuando el vapor de agua en una masa de aire ascendente se condensa en la nube y forma gotas de agua. La condensación es crucial para el ciclo del agua porque es responsable de la formación de nubes. Estas nubes pueden producir precipitaciones, que es la ruta principal para que el agua regrese a la superficie de la Tierra dentro del ciclo del agua. La mayor parte de las precipitaciones caen en forma de lluvia. Hay tres tipos principales de lluvia; frontal, convectiva y orográfica. La lluvia frontal es la precipitación que se forma cuando convergen dos frentes de aire de diferentes temperaturas y contenido de humedad. La lluvia convectiva se forma cuando un intenso calentamiento localizado hace que el aire caliente y húmedo se eleve y se condense y forme nubes de lluvia. Luego caería una lluvia intensa a medida que las nubes se sobresaturarían. Las precipitaciones orográficas son lluvias que se forman sobre montañas. Cuando una masa de aire húmedo encuentra una montaña, asciende y se enfría. A medida que se enfría, el vapor de agua se condensa para formar una nube de lluvia que produce lluvia en el lado de barlovento de la montaña. La mayor parte de la lluvia termina como escorrentía de agua superficial. El agua superficial es un componente importante del ciclo hidrológico y con el que interactuamos con mucha regularidad. Incluye lagos, humedales, escorrentía de aguas pluviales (flujo terrestre), estanques, baches, ríos y arroyos, y el océano.

La sexta edición anual del Informe mundial sobre la calidad del aire, emitido por IQ Air, revela detalles preocupantes de los países, territorios y regiones más contaminados del mundo en 2023. Para el informe, se analizaron los datos de más de 30 000 estaciones de control de la calidad del aire en 7 812 lugares de 134 países, territorios y regiones IQAir de la calidad del aire. Un total de 124 (92,5%) de los 134 países y regiones superaron el valor guía anual de la OMS para las PM_{2,5} de 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Las condiciones climáticas y la bruma transfronteriza fueron factores importantes en el sudeste asiático, donde las concentraciones de PM_{2,5} aumentaron en casi todos los países.

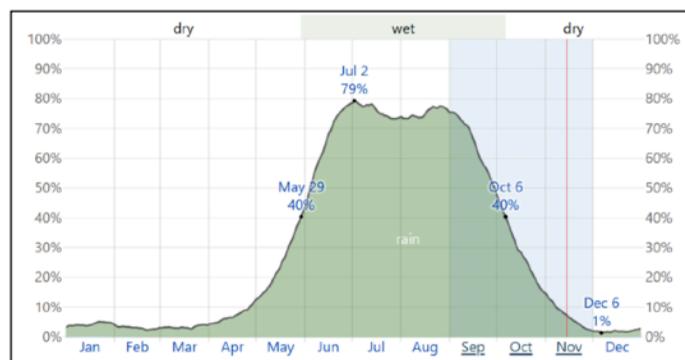
La lluvia es la forma más efectiva de limpiar el aire. A medida que las gotas de lluvia caen en la atmósfera. Por lo tanto, ayuda a limpiar el aire capturando polvo, polen, dióxido de azufre y otras partículas. El proceso también se conoce como deposición húmeda. Además, la lluvia también lava los contaminantes de cualquier superficie y reduce varios problemas y riesgos.

Según el sitio web sobre clima Weather spark, que utiliza datos climatológicos, incluida la nubosidad, precipitación, velocidad y dirección del viento y flujo solar provenientes de MERRA-2 Modern-Era Retrospective Analysis de la NASA que permite reconstruir la historia del clima, hora por hora, de todo el mundo; en la Ciudad de Toluca, Méx., la temporada de lluvias es nublada, la temporada seca es parcialmente nublada y el clima es agradable durante todo el año. A lo largo del año, la temperatura varía típicamente entre 0°C y 23°C y rara vez baja de 2°C o sube de 27°C.

En Toluca, el porcentaje promedio del cielo cubierto por nubes experimenta una variación estacional extrema a lo largo del año. La parte más clara del año comienza alrededor del 30 de octubre y dura 7 meses, terminando alrededor del 30 de mayo. El mes más despejado del año en Toluca es febrero, durante el cual, en promedio el cielo está despejado, mayormente despejado o parcialmente nublado el 65% del tiempo. La parte más nublada del año comienza alrededor del 30 de mayo y dura 5,0 meses, terminando alrededor del 30 de octubre. El mes más nublado del año en Toluca es septiembre, durante el cual en promedio el cielo está nublado o mayormente nublado el 89% del tiempo.

Un día lluvioso es aquel en el que se acumulan al menos 0,04 pulgadas de precipitación líquida o equivalente a líquido. La probabilidad de que haya días lluviosos en Toluca varía considerablemente a lo largo del año. La temporada más seca dura 7,7 meses: del 6 de octubre al 29 de mayo. Entre los días húmedos, se distinguen aquellos en los que solo hay lluvia, solo nieve o una mezcla de ambos. El mes con más días de lluvia sola en Toluca es julio, con un promedio de 23.6 días. Con base en esta categorización, la forma de precipitación más común a lo largo del año es la lluvia sola, con una probabilidad máxima de 79% el 2 de julio.

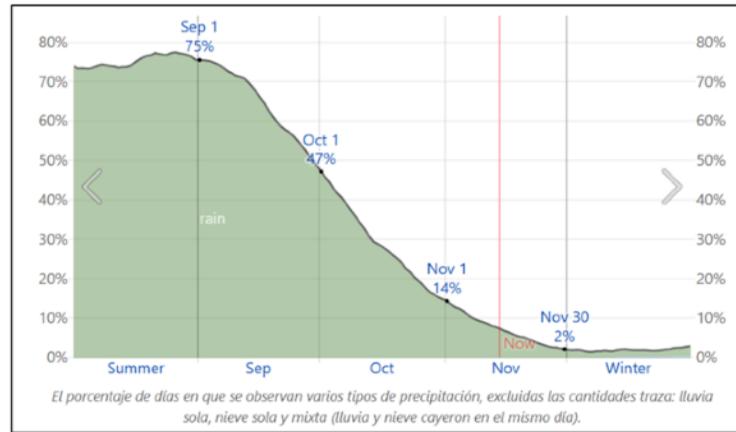
Probabilidad diaria de precipitación en Toluca



Fuente: weatherspark. Disponible en <https://weatherspark.com/s/5577/2/Average-Fall-Weather-in-Toluca-Mexico#Figures-PrecipitationProbability>

Precipitación mensual media

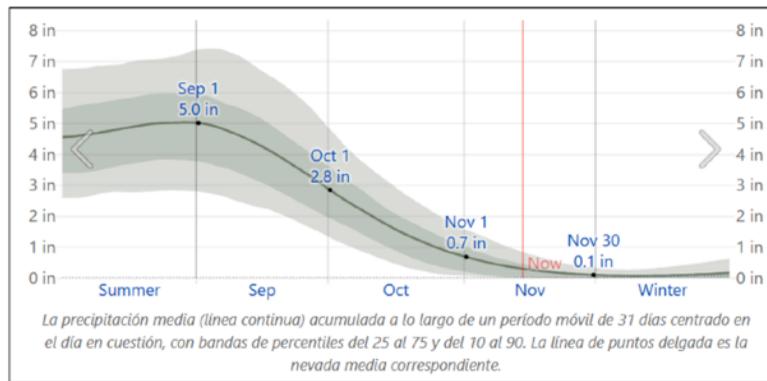
Probabilidad de precipitación en otoño en Toluca



Fuente: weatherspark. Disponible en <https://weatherspark.com/s/5577/2/Average-Fall-Weather-in-Toluca-Mexico#Figures-PrecipitationProbability>

La precipitación media móvil de 31 días durante el otoño en Toluca disminuyó muy rápidamente, comenzando la temporada con 5.0 pulgadas, cuando rara vez excede 7.4 pulgadas o cae por debajo de 2.8 pulgadas, y terminando la temporada con 0.1 pulgadas, cuando rara vez excede 0.3 pulgadas o cae por debajo de -0.0 pulgadas.

Precipitación media mensual en otoño en Toluca



Fuente: weatherspark. Disponible en <https://weatherspark.com/s/5577/2/Average-Fall-Weather-in-Toluca-Mexico#Figures-PrecipitationProbability>

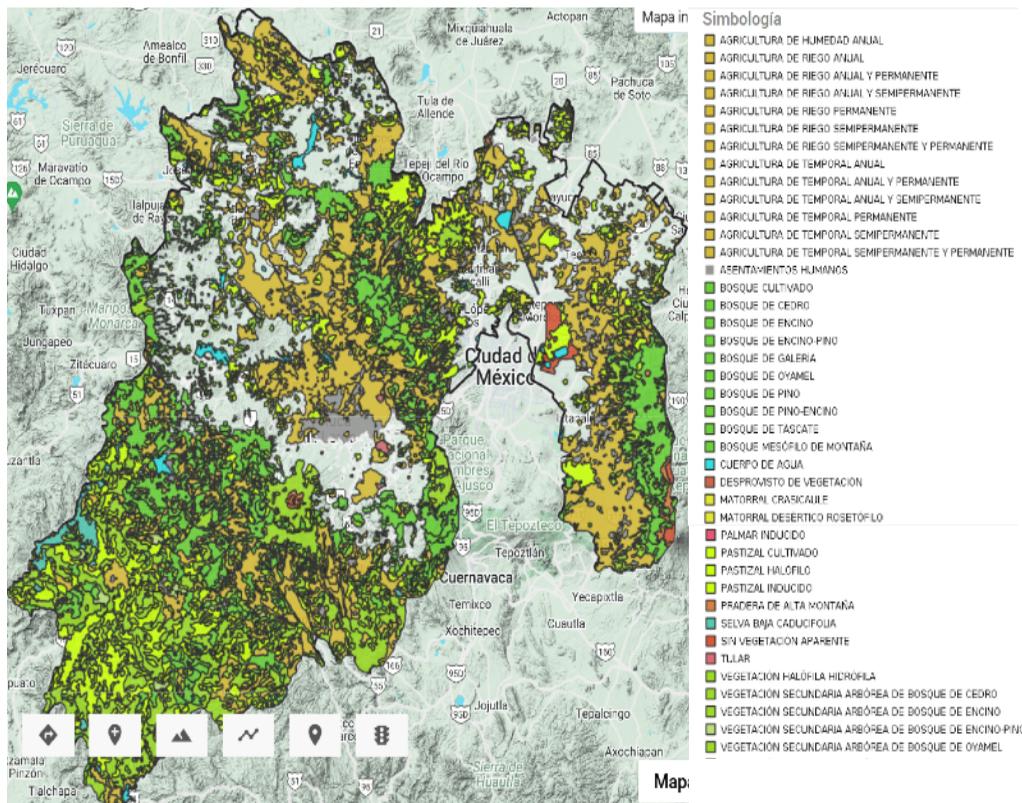
Con datos de la Red de Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA), del Gobierno del Estado de México, para la Zona Metropolitana del Valle de Toluca; se puede observar que para el mes de octubre 2024, se registraron 23 días en los que se superó el valor límite normado para PM10 y PM2.5; prácticamente los primeros días del mes (1º, 2, 6 y 8 de octubre) no se superaron los límites, período que podría coincidir con la gráfica de probabilidad diaria de precipitación, que aún mínima, ayudaría a disminuir la dispersión del material particulado.

Fuentes consultadas:

- Zehnder, Carolyn; Manoylov, Kalina; Mutiti, Samuel; Mutiti, Christine; VandeVoort, Allison; y Bennett, Donna, "Introducción a la ciencia ambiental: 2.ª edición" (2018). Biological Sciences Open Textbooks . 4. <https://oer.galileo.usg.edu/biology-textbooks/4>
- IQAIR EARTH. 2023 IQAir Informe mundial sobre la calidad del aire. Actualizado Mar 18, 2024. <https://www.iqair.com/mx/newsroom/waqr-2023-pr>
- WEATHERSPARK. Clima de otoño en Toluca, México. <https://weatherspark.com/s/5577/2/Average-Fall-Weather-in-Toluca-Mexico#Figures-PrecipitationProbability>
- RAMA. Reporte horario <https://rama.edomex.gob.mx/calidaddelaira>

Zona Metropolitana del Valle de Toluca

Mapa: Uso del suelo en el Estado de México (1)



El uso del suelo y su influencia en la calidad del aire (2)

El uso del suelo tiene un impacto significativo en la generación de contaminantes del aire. Aquí explicamos algunas formas clave en las que esto ocurre:

Deforestación y Cambio de Uso del Suelo: La eliminación de la cubierta vegetal para actividades como la urbanización y la agricultura libera grandes cantidades de dióxido de carbono (CO_2) almacenado en la vegetación y el suelo a la atmósfera. Esto contribuye al aumento de gases de efecto invernadero, que son responsables del cambio climático.

Agricultura Intensiva: Las prácticas agrícolas intensivas, como el uso de fertilizantes y pesticidas, pueden liberar compuestos químicos volátiles y óxidos de nitrógeno (NO_x) al aire. Además, la quema de residuos agrícolas también genera contaminantes como el monóxido de carbono (CO) y partículas en suspensión.

Urbanización: La expansión urbana implica la construcción de infraestructuras que a menudo requieren la quema de combustibles fósiles, lo que libera contaminantes como el dióxido de azufre (SO_2) y partículas finas ($\text{PM}_{2.5}$ y PM_{10}) al aire. Además, la reducción de áreas verdes urbanas disminuye la capacidad de absorción de CO_2 .

Erosión del Suelo: La pérdida de cubierta vegetal puede llevar a la erosión del suelo, lo que a su vez puede liberar polvo y partículas finas al aire, contribuyendo a la contaminación del aire y afectando la calidad del aire local.

Liberación de Metano: En áreas donde el permafrost se está derritiendo debido al cambio climático, el metano (CH_4) almacenado en el suelo se libera a la atmósfera. El metano es un gas de efecto invernadero mucho más potente que el CO_2 .

Estos factores muestran cómo el manejo y uso del suelo están intrínsecamente ligados a la calidad del aire y al cambio climático. La gestión sostenible del suelo y la restauración de ecosistemas son esenciales para mitigar estos efectos y mejorar la calidad del aire.

Zona Metropolitana del Valle de Toluca

Zona Metropolitana del Valle de Toluca: Uso del Suelo (3)

No.	Municipio	Uso del suelo	No.	Municipio	Uso del suelo
5	Álmoloya de Juárez	La utilización del suelo para la actividad agrícola ocupa la mayor superficie territorial del municipio con el 54.89%, los principales productos cultivados son cereales como maíz, avena, papa, haba y cebada; mientras que las especies que mayormente se crían son: borinos, porcinos, caprinos, equinos, equinos y aves de corral. La mayoría parte de esta producción se comercializa. Aunque el municipio presenta las condiciones topográficas e hidrológicas aceptables para el desarrollo de actividades agropecuarias, como la producción de maíz en grano, avena forrajera y pesos, sin embargo, no se cuenta con la infraestructura, métodos y técnicas para su aprovechamiento intenso.	57	Otzolotepec	Los usos de suelo generados en el Municipio de Otzolotepec se dividen en 4 grupos, de los cuales el área urbana ocupa 2,463.60 (16.94%) de las 14,003.65 hectáreas que conforman al territorio municipal, mientras que la agricultura se desarrolla en una extensión del 43.33%, siendo la agricultura manual espacial la más significativa, la vegetación en el territorio se conforma por bosque y pastizal con el 20.24% y el 7.30% respectivamente. Es necesario resaltar los usos de suelo urbanos distribuidos sobre los usos agropecuarios tal vez como resultado de la dinámica expansiva urbana desordenada, el crecimiento demográfico y la falta de cultura cívica con respecto de la importancia del ordenamiento de las actividades humanas sobre el territorio.
6	Álmoloya de Río	En general, la zona está sujeta a inundaciones en época de lluvias, la superficie territorial de la laguna aproximadamente es de 95.95 ha. El 79.82% del centro del municipio se considera con zonas aptas al desarrollo urbano, con tipo de suelo básica. La problemática existente para el desarrollo urbano del municipio es principalmente la zona Sur y Oeste, representando una superficie territorial del 20.19%, siendo suelos lacustres y con pendientes por debajo del 5%. Las alteraciones al medio natural que se manifiestan en el municipio de Álmoloya de Río han tenido un gran deterioro ecológico ocasionado por el hombre, manifestándose directamente al suelo debido a la devastación.	72	Ravón	Las zonas agrícolas, se encuentran clasificadas como de alta productividad, ello debido a las características geológicas y ecológicas del suelo, las cuales representan el 87.00% de la superficie total municipal, localizadas principalmente al poniente y oriente. Aunque también se tiene la presencia de las masas a norte de la cabecera municipal y del poblado San Juan. La fase de proceso de urbanización y la tendencia de crecimiento del área urbana, provoca la transformación original del uso del suelo, dado que en distintos frentes han venido desplazando los usos agrícolas por los de vivienda.
12	Ázcapotlán	El suelo del Municipio de Santa Cruz Ázcapotlán presenta un adecuado grado de fertilidad, lo que lo hace apto para el desarrollo agrícola de alta productividad y para el desarrollo de actividades pecuarias. Es importante considerar que la situación del Municipio antes de ser ocupado por la antigua Legión de Chihuahua, le convierte en una zona con una gran extensión de suelo condicionado al desarrollo urbano por el alto riesgo por la susceptibilidad a las inundaciones. Los asentamientos humanos se localizan principalmente en la zona centro del territorio municipal, en una superficie aproximada de 3,111 hectáreas.	73	San Antonio la Isla	La distribución espacial de los usos del suelo para el año 2000 se presentó de la siguiente manera: 99.4 ha (4%) para uso urbano, localizadas en la parte sur y centro del municipio (2,100.00 ha (5%)), para el uso agrícola de las cuales el 82.31 % se agricultura de temporal, es decir 1,027.8 ha, para la agricultura de riego no se tiene contemplado ninguna área, la cual se encuentra en torno al área urbana; mientras que las tierras improductivas tienen porcentaje de 3.2 % siendo un total de 77.6 %, distribuidas en todo el municipio. Las tierras destinadas a uso pecuario abarcan un total de 37.0 ha (1.50%), distribuyéndose un terreno con 3.6 ha (0.14%) y el restante ocupa una superficie de 33.4 ha (1.37%).
16	Calimeyá	Se observa que los cambios de ocupación de uso del suelo son significativos, pues algunas áreas incógnitas en la agricultura, pastizales inducidos, pastizales cultivados y bosques han registrado pérdidas en su cobertura. Uno de los factores que está incidiendo en este proceso es el establecimiento de asentamientos humanos. La situación geográfica del Municipio de Calimeyá en el condejo actual y su cercanía con la Ciudad de Toluca, así como su importancia económica y la amplia diversidad de recursos naturales, sin asistencias (maternas paternas), son otros factores que están influyendo, condicionando y determinando los procesos de cambio de ocupación de uso del suelo.	76	San Mateo Ahacón	Las características actuales del aprovechamiento del suelo en el municipio de Temayá es en cierta forma indistinta; al sur del territorio se encuentra la Andesta (A) que es un tipo de roca que permite un uso urbano moderadamente, pero por las condiciones topográficas bajas, en zonas se presentan casos de inundación, esto debido a los asentamientos provenientes de la parte norte del municipio así como por la presencia de Río Lerma que atraviesa estas zonas. Por otro lado, la población tiende a asentarse en suelos de tipo Tolo, mismos que se encuentran en la parte norte del municipio, cuyos elevaciones son muy pronunciadas (mayores del 15%) y no se genera prohibición alguna para el crecimiento urbano.
19	Capulhuac	El aprovechamiento del suelo en el municipio de Capulhuac se reduce primordialmente a tres usos: agrícola de temporal, forestal y urbano. El uso agrícola de temporal abarca una superficie de 1426.14 ha, lo cual representa el 85.28% del territorio municipal, con un aprovechamiento que se orienta al cultivo de maíz, haba, trigo, pambazo y avena. Por su parte, el uso forestal comprende 183.09 Ha que representan el 8.53% de la superficie total, principalmente bosques de encino, cuyo aprovechamiento es orientado a la comercialización industrial y para leña, también se abarca el bosque de encino pino y bosque de encino con vegetación secundaria arbustiva y coge tratada en la comercialización industrial.	87	Temayá	La superficie agrícola del Municipio representa el 16.41% del territorio municipal. Se estima que más del 50% de esta superficie son dedicadas a la agricultura de temporal y que solamente alrededor de 100 hectáreas disponen de riego. Por las condiciones climáticas, la zona es apta para la producción agrícola, predominantemente el cultivo de maíz, hortalizas y flores. El proceso de urbanización y la tendencia de crecimiento del área urbana, ha provocado la transformación original del uso del suelo, dado que en diversas zonas ha venido desplazando los usos agrícolas y pecuarios por los de vivienda, industria, comercio, servicios y equipamiento urbano.
27	Chapultepec	El incremento de usos urbanos con el consecuente desplazamiento de las actividades agrícolas, situación que se presenta en todos los municipios del municipio, sin embargo, es más pronunciada en los colonias Américas, San Jardín, Ampliación Del Campestre y la Piedad, donde la dinámica poblacional ha sido más explosiva y según las estimaciones realizadas continuará su ritmo de crecimiento. En las áreas no urbanizadas no se ha respetado su vocación de constructiva y se han construido viviendas de autoconstrucción y baja densidad, las viviendas se encuentran dispersas, estas están localizadas en la Colonia del Campestre, la Colonia las Américas, y en la zona noroeste del municipio.	90	Tenango del Valle	La superficie agrícola del Municipio representa el 16.41% del territorio municipal. Se estima que más del 50% de esta superficie son dedicadas a la agricultura de temporal y que solamente alrededor de 100 hectáreas disponen de riego. Por las condiciones climáticas, la zona es apta para la producción agrícola, predominantemente el cultivo de maíz, hortalizas y flores. El proceso de urbanización y la tendencia de crecimiento del área urbana, ha provocado la transformación original del uso del suelo, dado que en diversas zonas ha venido desplazando los usos agrícolas y pecuarios por los de vivienda, industria, comercio, servicios y equipamiento urbano.
43	Jalsisco	La superficie territorial del municipio es de 9,323.16 hectáreas y el uso que se da es fundamentalmente de tipo forestal, agrícola y pecuario. El uso de suelo forestal, es el que abarca la mayor parte del territorio municipal, se encuentra integrado casi en su totalidad por terrenos montañosos (las cuales comprenden 4,467 hectáreas que representan el 47.91% de la superficie municipal. Aquí habitan especies de pino, oyamel, roble y cedro. Mientras que en la porción del pie de monte se observan algunas comunidades latifundias (haciendas) formando islas. El uso de bosque en la zona fuera del parque comprende 33.6 ha, que representan el 0.36% del territorio. La superficie agrícola abarca a 2,048.2 hectáreas que representan el 22.08% de la superficie total, solamente es agricultura de temporal ya que no existen sistemas de riego en la zona y se utiliza para la producción de maíz.	98	Texcotyaco	Una agropecuaria, con una superficie de 964.3 ha, equivalente a 53.63 % del territorio, que se ubican en el Este y Oeste de la zona urbana. Uso forestal, con una superficie de 406 ha, que representan el 22.55 %, ubicadas al sur del territorio del municipio ocupadas por los parques "TOLUCA" y "VALLE DE LA CAJA MATLAZINCA", mismas que son áreas protegidas de control Municipal y estatal respectivamente. Cuerpos de agua que ocupan 307 ha, representando el 15.01 %, ocupadas por la Laguna de Chignahuastán. Uso urbano, con una superficie de 44 ha, que representan el 2.44 %, ubicadas en la parte central del territorio del municipio; y Por último la parte residencial que abarcan 38.5 ha, y representan el 2.14 %, ubicadas en la parte suroeste del territorio.
51	Lerma	El Municipio cuenta con una superficie de 21,288.16 hectáreas de las cuales el 70.19% es suelo agrícola, localizándose la mayoría en la parte oeste, central, norte y noroeste; 10.25% de suelo urbano, mientras que los cuerpos de agua concentran el 3.13% y finalmente el industrial, con 794.08 Ha. Cabe destacar que el uso de suelo que predomina es el forestal, con una superficie de 13,465.00 ha. En tanto el uso industrial, se ha mantenido en un momento constante. El parque industrial se localiza en la parte suroeste del municipio y la gran parte de las empresas están distribuidas en una superficie aproximada de 794.08 hectáreas, sobresaliendo la industria automotriz y farmacéutica.	101	Tiangustenco	Las condiciones físicas naturales del área perteneciente al Municipio de Tianguistenco por las características geológicas, edafológicas y topográficas, la agilidad en desarrollo urbano es diferente en dirección oeste, al considerarse las áreas naturales, con suelos desérticos y arenosos Zonas Aptas al Desarrollo Urbano. Esta superficie presenta las mejores condiciones naturales para el desarrollo urbano en el Municipio de Tianguistenco, las cuales abarcan una extensión menor al 1%, una estructura geológica compuesta por basalto, toba y urdines del suelo (regal, fozcom y hojal). La superficie que abarcan las zonas aptas al desarrollo urbano es de 3,049.06 hectáreas, lo que significa aproximadamente un 23% del total.
54	Métepec	Es de reconocerse, por un lado, que la producción de vivienda, equipamientos y edificaciones en general, son procesos irreversibles, tanto en el aprovechamiento de suelo nuevo, como en el reciclaje urbano. Es decir, los ciudades no sólo en su parámetro, sino en sus partes, construcciones, van a seguir reconstruyéndose, reasentándose, identificándose "hogar por hogar" tienen una conformación imparable primero con el déficit en la vivienda, y después con la infraestructura básica y sanitaria donde también es sistemático el déficit.	106	Toluca	Se observa que, hacia el noroeste, en las delegaciones de Tlacholula, norte de San Pablo Autopan, San Martín Tápachco, Tecoac y parte de Coahuilco se presentan suelos verticales, consolidados suelos con condiciones para el desarrollo urbano y con buena producción agrícola. En esta zona en la actualidad se ubican asentamientos humanos dispersos, con servicios básicos incompletos. Áreas urbanas incipientes y uso predominantemente agrícola, además de contar con el mayor número de cuerpos de agua (arroyos), algunos de los cuales se sirven utilizando para riego. (Ver Plano D-2, Vocación y Potencialidades del Territorio).
55	Mexicalzingo	El uso de suelo que predomina en el municipio de Mexicalzingo es el uso agrícola que, suma un total de 6,09 km2, seguido de uso de Pastizal, con 2.1 km2 y en tercer lugar el uso urbano con 2 km2. A pesar de que el uso de suelo urbano es el que más presión genera sobre los otros usos de suelo, debido a la expansión, principalmente sobre áreas agrícolas.	115	Xonacatlán	El Municipio de Xonacatlán conforme a los límites de IIGCEM cuenta con una superficie de 3,286.65 ha, las cuales de acuerdo a la clasificación de los usos generados del suelo, se encuentran distribuidas de la siguiente manera: El uso agrícola es el que ocupa mayor superficie con el 47.91%, seguido por el bosque con el 26.85% y el área urbana con el 23.72%. Siendo la industria minera con el 1.33% y el equipamiento fuera del área urbana con el 0.19%, los que menor superficie ocupan.
62	Ocoyoacac	El uso del suelo se encuentra distribuido de la siguiente manera: Uso agrícola de temporal (maíz, trigo, avena, entre otros) localizado alrededor de la cabecera y en una zona importante al suroeste dentro del área forestal, siendo esta de riego y mediana productividad por el tipo de suelo, localizándose al primero en la porción más cercana a la zona natural y al segundo es el que se encuentra rodeando a la zona urbana actual. El uso forestal se localiza al norte, este, suroeste y sureste del municipio, está formado por bosques de coníferas (Abies religiosa, Pinus sp y Quercus), dividido en zonas protegidas y zonas no protegidas.	118	Zinacatepec	En el territorio municipal predomina el uso de suelo agrícola, este tipo de suelo abarca una superficie de 159.77 km2, el cual se divide en agricultura de riego que tiene temporadas de siembra y de cosecha esto depende en su cantidad de las épocas de mayores precipitaciones, así como de clima anual, este tipo de agricultura de riego ocupa 33.13 km2. Por otra parte, la agricultura de temporal anual abarca 126.54 km2 y representa el 40.3% del total de la superficie del territorio.

Fuente:

1. IIGCEM (2024). Ecosistema de datos geoestadísticos del Estado de México y sus municipios. Consultado el 06 de octubre de 2024. Disponible en <https://ecogem.edomex.gob.mx/EcosistemaGeoestadisticoEdomex/portal/visorECOGEM.do>
2. UNAM (2017). Alterar el suelo contribuye al cambio climático. Disponible en <https://ciencia.unam.mx/leer/633/alterar-el-suelo-contribuye-al-cambio-climatico>
3. Secretaría de Desarrollo Urbano e Infraestructura (2024). Planes municipales de desarrollo urbano. Consultado el 08 de octubre de 2024. Disponible en https://sedui.edomex.gob.mx/planes_municipales_de_desarrollo_urbano