

Ficha técnica: Variables medioambientales, sociales y de fuentes de contaminación en la Cuenca del Alto Atoyac

1. Objetivo general del proyecto. Realizar un análisis espacio-temporal y sociodemográfico de las enfermedades crónicas no-transmisibles (ECNT) en la Cuenca del Alto Atoyac (CAA), y evaluar las capacidades de atención de acuerdo a los padecimientos detectados.

2. Propósito del recurso. El recurso incluye diversas matrices de datos que en su conjunto permiten caracterizar las condiciones medioambientales y de vulnerabilidad social que prevalecen en la Cuenca del Alto Atoyac, así como conocer las variaciones que hay entre los municipios. Esta información es fundamental para comprender las inequidades territoriales en salud ambiental y formular planes estratégicos para garantizar la salud y bienestar de los habitantes del territorio.

3. Investigador principal a cargo. Dra. Gabriela Pérez Castresana.

4. Recolección/obtención de los datos. El recurso contiene 10 matrices de datos ambientales, sociales y de fuentes de contaminación química (industrias y emisiones de fuentes fijas, aéreas y móviles).

La información se presenta de manera discriminada por municipio; integrando un total de 67 municipios pertenecientes a los estados de Puebla y Tlaxcala. Se consideraron todos aquellos municipios que están dentro de la cuenca en su totalidad, así como aquellos que tienen más del 70% de su población dentro del territorio.

Del total de matrices, las matrices de Calidad ambiental y de Vulnerabilidad social, son las más importantes por la cantidad de información que contienen y el potencial de uso en la investigación de salud pública ambiental.

La **1. Matriz de calidad ambiental** está integrada por dos tipos de datos: 1) datos que fueron extraídos directamente de plataformas institucionales, nacionales e internacionales, y 2) datos que fueron generados mediante el cálculo de variables de interés a partir de la información primaria.

A continuación, se indican las instituciones de donde se obtuvieron los datos y el tipo de variables seleccionadas:

- CONAGUA: datos de los cuerpos de agua y niveles de contaminación con base en diversos parámetros (Sistema Nacional de Información del Agua, SINA).
- Agencia Espacial Europea (ESA): variables asociadas con la calidad del aire (satélite Sentinel-5). Se consideraron los siguientes contaminantes: formaldehído (HCHO), dióxido de nitrógeno (NO₂), dióxido de azufre y ozono (O₃). Las mediciones de los primeros tres contaminantes son de 7 a 20 km de la superficie terrestre y el ozono a 15-50 km. Las concentraciones se expresan en mol/m².
- Plataforma POWER de la NASA: datos de velocidad del viento a 2, 10 y 50 m del suelo (m/s) y datos de la dirección del viento (grados).
- INEGI: variables sociodemográficas, unidades económicas y otras variables que brindan información de las condiciones socioambientales a nivel municipal, como, por ejemplo, la disposición de basura, rellenos sanitarios, uso de fertilizante, volumen de extracción de agua de pozos, manantiales, entre otras. La información del INEGI se obtuvo de las siguientes plataformas o recursos: CENSO de Población y Vivienda del 2020, del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas o DENUE del 2020 y de los Anuarios estadísticos y geográficos de Puebla y de Tlaxcala del 2017.
- Del DENUE, se obtuvieron los datos de la localización de las industrias instaladas en la CAA, por tipo y tamaños. Las industrias se clasificaron en 12 grandes giros y en 4 tamaños definidos por el número de empleados: microindustria (0-10), pequeña industria (11-50), industria mediana (51-250) e industria grande (250 y más). Fue pertinente la clasificación por giros y tamaños de industrias debido a la diferencia en la emisión potencial de contaminantes en cuanto a la cantidad y variedad de químicos liberados al medioambiente.

Muchas de las variables de la matriz de “Calidad ambiental” están expresadas en términos de densidad, por ejemplo, N° de industrias / superficie del municipio (km²) o N° de industrias / superficie de la zona urbana (km²). La densidad de una fuente de contaminantes (industrias, autopistas, estaciones de

gasolinas, etc.) puede ser un indicativo de la magnitud potencial del peligro ambiental al que se exponen los habitantes de una zona o municipio.

Además de incluir en la matriz de “Calidad ambiental” los datos del número de industrias por municipio y su densidad, se consideraron tres variables adicionales para caracterizar la diversidad de industrias a nivel municipal; esto con el fin de obtener cierta información de la variedad y/o mezcla potencial de contaminantes en un municipio determinado en función de la combinación de industrias instaladas en el territorio.

Los indicadores de la diversidad industrial por municipio, fueron obtenidos utilizando para el cálculo, los índices ecológicos de diversidad de *Shannon* y equidad de *Pielou*, adaptados al estudio.

Los índices ecológicos se utilizan para la caracterización de las comunidades biológicas, con base en el número de especies y la proporción de cada una de ellas dentro de la comunidad. En el proyecto se utilizaron estas ecuaciones para caracterizar la diversidad industrial a nivel municipal, considerando para el cálculo la variedad de giros industriales (Richness) y la proporción de los distintos giros dentro de cada municipio. La ecuación matemática utilizada fue: $H_{Shannon} = - \sum p_i \times \log_2 p_i$, $p_i = N^\circ \text{ Industrias del giro } i / \text{total industrias}$, $Richness = N^\circ \text{ de giros}$, $Evenness = H / \log(S)$. Los valores de Evenness o equidad varían entre 0-1; un número cercano a 0 indica la preponderancia numérica de un giro industrial en particular, y un valor cercano a 1, una distribución numérica por giros más homogénea en el municipio.

En cuanto al origen de los datos de las superficies y porcentajes de los distintos tipos de suelo a nivel municipal que se integran en la matriz; estos, se obtuvieron de shapefile USV generados por la Universidad Iberoamericana Puebla (2019).

La **2. Matriz de variables biofísicas** se construyó a partir de datos e insumos cartográficos provenientes de fuentes institucionales nacionales e internacionales que fueron procesados, transformados (aplicando diversas fórmulas, según las necesidades) y representados espacialmente (uso de distintas herramientas cartográficas, de acuerdo a lo requerido), resultando en el depósito de información en la matriz biofísica. Las variables que se incluyen en la matriz son las siguientes:

- Variables de altitud, topoformas, clima, temperatura y precipitación provenientes del INEGI, mismas que se procesaron con herramientas de ArcMap.
- Variables de temperatura, precipitación, humedad y presión derivadas de la plataforma POWER de la NASA, las cuales se determinaron con procesos cartográficos.
- Variables de uso de suelo, provenientes de los mapas de USV de IBERO, Puebla (2019) y del INEGI, mediante las cuales se obtuvieron las superficies, porcentajes y densidades de determinados usos de suelo, con el apoyo de procesos cartográficos.

La **3. Matriz de vulnerabilidad social** contiene datos de vulnerabilidad a nivel municipal con base en las siguientes dimensiones: 1. vivienda, 2. educación, 3. empleo e ingresos, 4. población; y 5. salud; así como también un índice que engloba los 5 indicadores. El índice y los 5 indicadores, fueron calculados con la metodología del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), a partir de datos de los CENSOS poblacionales del INEGI (2000, 2010 y 2020).

En la matriz de vulnerabilidad se incluyen los indicadores, el índice y las variables utilizadas para el cálculo. Respectivo, para cada municipio.

La vulnerabilidad se define como la susceptibilidad de los sistemas expuestos a ser afectados o dañados por un fenómeno perturbador, en este caso, nos estamos refiriendo a la contaminación ambiental.

El índice de vulnerabilidad es el valor promedio de los 5 indicadores: salud, vivienda, educación, empleo e ingresos y población. Y los indicadores se calculan de la siguiente manera:

1. Indicador de Salud = (Médicos x 1000 habitantes + Tasa de mortalidad infantil + Porcentaje de la población no derechohabiente) / 3.
- Médicos x 1000 hab. (PM) = $N^\circ \text{ Médicos en municipio} / \text{Población total} \times 1000$.
 - Tasa de Mortalidad Infantil (TMI) = $\text{Defunciones de menores de 1 año en un periodo determinado} / \text{Nacidos vivos en el mismo periodo} \times 100$.

- Porcentaje de la población no derechohabiente (%PND) = Población no derechohabiente / Población Total x 100.

2. Indicador de Educación = (% de analfabetismo + % población de 6 a 14 años que asiste a la escuela + Grado promedio de escolaridad) / 3.

- Porcentaje de analfabetismo (%A) = Población de 15 años y más analfabeta / Población Total de 15 años y más x 100.

- Porcentaje de población de 6 a 14 años que asiste a la escuela o (DEB) = Población Total de 6 a 14 años que Asiste a las Escuela / Población Total de 6 a 14 años x 100.

- Grado promedio de escolaridad (GPE) = Suma de años aprobados desde primero de primaria hasta el último año alcanzado de la población de 15 años y más / Población Total de 15 años y más.

3. Indicador de Vivienda = %VNDAE + %VND + %VNDE + %VPMD + %VPT + DV / 6.

Donde, %VNDAE es el Porcentaje de viviendas sin servicio de agua entubada, %VND es el Porcentaje de viviendas que no disponen de drenaje; %VNDE es el Porcentaje de viviendas sin servicio de electricidad, %VPMD el Porcentaje de viviendas con paredes de material de desecho y láminas de cartón; %VPT el Porcentaje de viviendas con piso de tierra; y DV el Déficit de vivienda.

- %VNDAE = (TVNDAE / TVPH) x 100, donde, TVNDAE = TVPH - TVDAE.

- %VND = (TVND / TVPH) x 100, donde, TVND = TVPH - TVDD.

- %VNDE = (TVNDE / TVPH) x 100, donde, TVNDE = TVPH - TVDE.

- %VPMD = (TVPMD / TVPH) x 100.

- %VPT = (TVPT / TVPH) x 100, donde, TVPT = TVPH - TVPMDT.

- DV = (TH - TVPH + TVPMD + TVPT / TVPH) x 100,

TVNDAE = Total de viviendas habitadas que no disponen de agua entubada.

TVPH = Total de viviendas particulares habitadas.

TVND = Total de viviendas particulares habitadas que no disponen de drenaje.

TVDD = Total de viviendas particulares habitadas que disponen drenaje.

TVNDE = Total de viviendas particulares habitadas que no disponen de energía. TVDE = Total de viviendas particulares habitadas que disponen de energía.

TVPMD = Total de viviendas con paredes de material de desecho y lámina de cartón.

TVPT = Total de viviendas particulares habitadas con piso de tierra

TVPMDT = Total de viviendas habitadas con piso de material diferente de tierra.

TH = Total de hogares.

TVPMD = Total de viviendas con paredes de material de desecho y lámina de cartón.

4. Indicador de Empleo e Ingresos = (%PEA + RD + TDA) / 3

Donde, %PEA = Porcentaje de la Población Económicamente Activa, RD = Razón de Dependencia, y TDA = Tasa de Desempleo Abierto.

- %PEA = (PH2SM - PEA) x 100, donde, PH2SM = Población que percibe hasta 2 salarios mínimos y PEA es la Población económicamente activa

- RD = (P0_14a + P65a/P15_64a) x 100, donde, P0_14a = Población de 0 a 14 años, P65a = Población de 65 años y más y P15_64a = Población de 15 a 64 años

- TDA = (NoPD/PEA) x 100, donde, NoPD = Número de Personas Desocupadas y PEA = Población Económicamente Activa.

5. Indicador de Población = (DP + %PI + DiPo) / 3.

Donde, DP es la Densidad de población, % PI = Porcentaje de Población Indígena, DiPo = Dispersión Poblacional.

- $DP = (PT/ST)$, donde, PT = Población Total y ST = Superficie Territorial.
- $\%PI = (P5HLI/P5) \times 100$, donde, P5HLI= Población de 5 años y más que habla una lengua Indígena y P5 = Población de 5 años y más.
- $DiPo = (TPM2500hb/PT) \times 100$, donde, TPM2500hb = Total de la población que habita en localidades menores a 2,500 Habitantes y PT = Población Total.

<https://www.cenapred.unam.mx/es/Publicaciones/archivos/44.pdf>

En el recurso también se incluyen la **4. Matriz socioeconómica**, que contiene la totalidad de datos de los CENSOS de población y vivienda para los años 2000, 2010 y 2020; así como la **5. Matriz de índices de pobreza** con datos extraídos del Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL), para los años 2010, 2015 y 2020. En ambas matrices se presentan los datos para los 67 municipios de la CAA.

Finalmente, se encuentran las matrices de datos de las Industrias de la CAA para el 2010 y el 2020, y 3 matrices con datos provenientes del Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes Criterio (INEM) para fuentes municipales fijas, aéreas y móviles del año 2016. Las fuentes fijas son las industrias; las fuentes aéreas representan aquellas fuentes pequeñas, numerosas y dispersas proveniente de una actividad (quema de basura, solventes utilizados en talleres de pintados automotriz, quema de combustible en los domicilios, etc.); y las fuentes móviles las que vienen representadas por los distintos vehículos (autos, autobuses, motos, etc.).

5. Periodo de recolección/obtención de datos. La recolección/obtención de datos fue llevada a cabo de enero de 2021 a octubre de 2022

6. Variables incluidas.

Matriz de calidad ambiental: Se recolectaron un total de 162 variables.

Matriz de factores biofísicos: Se recolectaron 30 variables.

Matriz de vulnerabilidad social: Hoja 1 Vulnerabilidad 2000 cuenta con 174 variables, Hoja 2 Vulnerabilidad 2010 cuenta con 242 variables y Hoja 3 Vulnerabilidad 2020 cuenta con 315 variables.

Matriz socioeconómica: CENSO 2000 cuenta con 127 variables, Hoja 2 CENSO 2010 cuenta con 194 variables y Hoja 3 CENSO 2020 cuenta con 226 variables.

Matriz de índices de pobreza: Se recolectaron un total de 146 variables.

Industrias 2010: Se recolectaron un total de 25 variables.

Industrias 2020: Se recolectaron un total de 41 variables.

Matriz Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes Criterio (INEM, 2016), fuentes fijas municipal CAA: Se recolectaron un total de 11 variables.

Matriz Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes Criterio (INEM, 2016), fuentes aéreas municipal CAA: Se recolectaron un total de 11 variables.

Matriz Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes Criterio (INEM, 2016), fuentes móviles municipal CAA: Se recolectaron un total de 11 variables.

7. Estrategia de aseguramiento para la proyección de datos sensibles/personales. No se encuentra información sensible/personal

8. Fecha última de actualización. 31 de octubre de 2022

9. Mencionar el tipo de controles para la validación y verificación de la captura/registro de los datos. No aplica

10. Otras plataformas donde se encuentren disponibles estos recursos de información. Incluir URL. SIG Cuenca Alto Atoyac <https://geoinformatica.mx/webappcca/capas>

11. Otras fuentes de financiamiento. No aplica

12. Seguimiento de la Cohorte en estudio. No aplica

13. Publicaciones. No aplica

14. Otros. Cualquier información extra que sea pertinente precisar o agregar.

Páginas web para la búsqueda y recolección de datos:

INEGI <https://www.inegi.org.mx/>

CENSOS - INEGI <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>

DENUE <https://www.inegi.org.mx/app/descarga/?ti=6>

<https://www.inegi.org.mx/app/mapa/denue/default.aspx>

SINA - CONAGUA <http://sina.conagua.gob.mx/sina/>

ESA https://www.esa.int/Space_in_Member_States/Spain

POWER - NASA <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>

CENAPRED - <https://www.cenapred.unam.mx/es/Publicaciones/archivos/44.pdf>