



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

FACULTAD DE CIENCIAS

MANEJO INTEGRAL DE ECOSISTEMAS

**Factores de vulnerabilidad socioambiental en relación con fuentes  
de contaminación en Puebla- Tlaxcala**

**TESIS**

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

**MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

PRESENTA:

**Zamora Almazan Mara Jessica**

**TUTOR PRINCIPAL DE TESIS: DR. RODOLFO OMAR ARELLANO AGUILAR**

FACULTAD DE CIENCIAS, UNAM

**COMITÉ TUTOR: DRA. MARÍA FERNANDA FIGUEROA DÍAZ ESCOBAR**

FACULTAD DE CIENCIAS, UNAM

**DRA. REGINA DORINDA MONTERO MONTOYA**

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES BIOMÉDICAS

**CDMX, ENERO, 2019**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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





**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**MANEJO INTEGRAL DE ECOSISTEMAS**

**Factores de vulnerabilidad socioambiental en relación con fuentes  
de contaminación en Puebla- Tlaxcala**

**TESIS**

**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:**

**MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**PRESENTA:**

**Zamora Almazan Mara Jessica**

**TUTOR PRINCIPAL DE TESIS: DR. RODOLFO OMAR ARELLANO AGUILAR**

**FACULTAD DE CIENCIAS, UNAM**

**COMITÉ TUTOR: DRA. MARÍA FERNANDA FIGUEROA DÍAZ ESCOBAR**

**FACULTAD DE CIENCIAS, UNAM**

**DRA. REGINA DORINDA MONTERO MONTOYA**

**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES BIOMÉDICAS**

**MÉXICO, CDMX, ENERO, 2019**



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS  
FACULTAD DE CIENCIAS  
DIVISIÓN ACADÉMICA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

OFICIO FCIE/DAIP/1182/2018

ASUNTO: Oficio de Jurado


M. en C. Ivonne Ramírez Wence  
Directora General de Administración Escolar, UNAM  
Presente

Me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Comité Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día **1 de octubre de 2018** se aprobó el siguiente jurado para el examen de grado de **MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS** en el campo de conocimiento de **Manejo Integral de Ecosistemas** de la alumna **ZAMORA ALMAZAN MARA JESSICA** con número de cuenta **308130274** con la tesis titulada **"Factores de vulnerabilidad socioambiental en relación con fuentes de contaminación en Puebla-Tlaxcala"**, realizada bajo la dirección del **DR. RODOLFO OMAR ARELLANO AGUILAR**:

Presidente:	DRA. MELANIE KOLB
Vocal:	DRA. PAOLA VELASCO SANTOS
Secretario:	DRA. MARÍA FERNANDA FIGUEROA DÍAZ ESCOBAR
Suplente:	DRA. BLANCA ESTELA GUTIÉRREZ BARBA
Suplente:	DRA. REGINA DORINDA MONTERO MONTOYA

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

**ATENTAMENTE**  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"  
Ciudad Universitaria, Cd. Mx., a 6 de diciembre de 2018

  
**DR. ADOLFO GERARDO NAVARRO SIGÜENZA**  
COORDINADOR DEL PROGRAMA



AGNS/MMVA/ASR/grf\*

## **AGRADECIMIENTOS**

Al posgrado de Ciencias Biológicas, UNAM y a los apoyos PAEP para congresos e impresión de tesis.

Al Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada durante mis estudios de maestría (CVU 779714)

A mi tutor, el Dr. Rodolfo Omar Arellano Aguilar y a los miembros de mi comité tutor: la Dra. María Fernanda Figueroa Díaz Escobar y la Dra. Regina Dorinda Montero Montoya.

A los miembros de mi jurado: la Dra. Melanie Kolb, la Dra. Paola Velasco Santos y la Dra. Blanca Estela Gutiérrez Barba.

## **AGRADECIMIENTOS ACADÉMICOS**

A mi tutor, el Dr. Rodolfo Omar Arellano Aguilar por apoyarme y guiarme en la realización de este trabajo.

A los miembros de mi comité tutor: la Dra. María Fernanda Figueroa Díaz Escobar y la Dra. Regina Dorinda Montero Montoya, por sus valiosos consejos y apoyo.

A los miembros de mi jurado: la Dra. Melanie Kolb, la Dra. Paola Velasco Santos y la Dra. Blanca Estela Gutiérrez Barba, por enriquecer con sus comentarios este trabajo.

A la Dra. Silvia Castillo Argüero, por su apoyo en la comprensión de análisis multivariados.

A la Licenciada Brenda Suárez por sus comentarios relacionados con visión ambiental.

A la Biól. Roció López Vargas, por su apoyo en campo y en el análisis en laboratorio de metales pesados.

A Diana Bedolla López, por su apoyo en la realización de la Figura 8.



## **AGRADECIMIENTOS A TÍTULO PERSONAL**

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Ciencias, por brindarme una educación de calidad y un espacio para desarrollar mis habilidades.

A mi tutor el Dr. Rodolfo Omar Arellano Aguilar, por apoyarme en cada una de las dificultades y alegrías que se presentaron en la realización de este trabajo, así como acompañarme a campo y a mi primer congreso internacional. Además agradezco la confianza y la gran amistad que me has brindado durante tanto tiempo.

A mi comité: a la Dra. María Fernanda Figueroa Díaz Escobar y a la Dra. Regina Dorinda Montero Montoya, gracias por su constante apoyo e impulso para completar este trabajo y a sus grandes consejos de vida.

A las organizaciones sociales que apoyaron en la realización de este trabajo: Centro Fray Julián Garcés y la Coordinadora por un Atoyac con vida.

A todos mis compañeros de Laboratorio: Lucy, Ale, Laurita, Alice, Vero y Nahum por su apoyo y constante retroalimentación y diversión en el cubículo. Mención especial a Lucina, Alejandra y Nahum, por acompañarme a campo (aunque hubiera momentos de hambre siempre hubo momentos de diversión), además agradezco sus consejos y sobretodo su amistad.

A mis compañeros del laboratorio de Fer, que se encontraban en situaciones académicas similares.

A mis amigos de la carrera que durante todos estos años han permanecido: Susi, Serch, Itzel, Yisus, Jesús, Billie, Gio, Mari, Enya, Joana y Nataly. En especial a Susana y Sergio que además de su amistad sufrieron en campo conmigo.

A Héctor Adrián, por todos esos grandes momentos que compartimos y por ser uno de los principales pilares en el desarrollo de este trabajo, ya que me has acompañado a campo a congresos e incluso a conciertos para relajarme, gracias por todo lo que haces por mí y gracias por tu cariño.

A mi familia:

A mi abuelita Clara y a mi tía Rosa, gracias por su constante apoyo.

Un agradecimiento especial a mi madre Livia Almazan, a mi padre Miguel Zamora y a mi hermano Miguel Ángel Zamora, por todo su infinito cariño, dedicación, comprensión y apoyo a través de los años. Ustedes me impulsan a seguir cumpliendo mis metas.

***“Necesitamos especialmente de la***

***Imaginación en las ciencias.***

***No todo es matemáticas***

***y no todo es simple lógica,***

***también se trata de un poco***

***de belleza y poesía”***

***Maria Montessori***

ÍNDICE .....	0
RESUMEN .....	1
ABSTRACT .....	2
PRESENTACIÓN .....	4
Problemática ambiental de la cuenca alta del río Atoyac.....	6
OBJETIVOS PARTICULARES.....	8
HIPÓTESIS.....	9
ANTECEDENTES.....	9
Vulnerabilidad en la Cuenca Alta del río Atoyac .....	9
INTRODUCCIÓN .....	12
Exposiciones asociadas a la ubicación de la población que afectan la dispersión de contaminantes en la atmósfera .....	12
MÉTODO .....	16
Zona de estudio .....	16
RESULTADOS.....	17
INTRODUCCIÓN .....	18
Exposiciones socioeconómicas que influyen en la susceptibilidad a contaminantes en la cuenca Alta del río Atoyac.....	18
MÉTODO .....	20
RESULTADOS.....	21
DISCUSIÓN .....	26
Exposición por Ubicación .....	26
Exposición Socioeconómica .....	26
CAPÍTULO 2 .....	33
INTRODUCCIÓN .....	33
Exposiciones fisiológicas .....	33
MÉTODO .....	36
RESULTADOS.....	38
Estudio general de orina.....	38
Determinación de metales pesados.....	39
DISCUSIÓN .....	42
CAPITULO 3 .....	47
INTRODUCCIÓN .....	47
Nociones del medio ambiente en niños de sexto grado de primaria en la Cuenca Alta del Río Atoyac.....	47
MÉTODO.....	48

<b>RESULTADOS</b> .....	53
<b>DISCUSIÓN</b> .....	56
<b>INTEGRACIÓN DE RESULTADOS</b> .....	60
<b>CONCLUSIÓN</b> .....	62
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	63
<b>REFERENCIAS</b> .....	64

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Marco metodológico de vulnerabilidad por exposición a contaminantes. ....	11
<b>Figura 2</b> Distribución de las zonas con almacenes tóxicos en la Cuenca Alta del río Atoyac. Elaboración propia con información de CENAPRED, 2014.....	15
<b>Figura 3.</b> Procedimiento de agrupación de shapefiles ambientales y obtención del índice de sensibilidad geográfico.....	17
<b>Figura 4 .</b> Valores de sensibilidad geográfica. Se puede observar que los municipios donde se observa un índice elevado de susceptibilidad geográfica es Puebla. ....	17
<b>Figura 5.</b> Comparación de los indicadores socioeconómicos por municipio. Papalotla de Xicotécatl sobresale en el rezago educativo y la mayor proporción de población indígena ....	22
<b>Figura 6.</b> Análisis de Conglomerados .....	23
<b>Figura 7.</b> Análisis de correspondencia múltiple .....	25
<b>Figura 8.</b> Efectos adversos a distintos tipos de exposición por cada grupo de edad .....	34
<b>Figura 9.</b> Resultados del análisis general de orina por municipio, porcentaje de la población que presenta señales de infección urinaria. ....	39
<b>Figura 10.</b> Arsénico (As) en individuos de Nativitas, Papalotla y Coronango. La línea roja representa el Límite de Exposición Biológico en trabajadores expuestos de USA (50 µgr/g creatinina). ....	41
<b>Figura 11.</b> Plomo (Pb) en individuos de Nativitas, Papalotla y Coronango por debajo de los valores recomendados para individuos no expuestos.....	41
<b>Figura 12.</b> Platino (Pt) presente por individuo en cada municipio.....	42
<b>Figura 13.</b> Trabajo grupal en las escuelas de la Cuenca Alta del río Atoyac 2017. ....	50
<b>Figura 14.</b> Relación entre preguntas aplicadas en los talleres, categorías y elementos expresadas en los dibujos desarrollados por niños de sexto grado. Elaboración propia con base a los dibujos y la categorización basada en Cubillas et al (2010).....	52
<b>Figura 15.</b> Cantidad de elementos identificados por las escuelas de los municipios. ....	53
<b>Figura 16.</b> Cantidad de elementos identificados en la pregunta, qué es el ambiente por municipio.....	54
<b>Figura 17.</b> Cantidad de elementos identificados en la pregunta, cuáles son los problemas del ambiente, por municipio. Se observa a Nativitas como el municipio que identifica más problemas ambientales. Lo urbano, las catástrofes generadas por el humano y lo rural ya aparecen en los dibujos. ....	55
<b>Figura 18.</b> Cantidad de elementos identificados por categoría en la pregunta, en los dibujos sobre el futuro del ambiente realizados por niños en la Cuenca del río Atoyac ¿cómo te imaginas el ambiente dentro de 50 años?.....	56
<b>Figura 19.</b> Integración de resultados en el marco de vulnerabilidad. 3= Alta sensibilidad, 2= Media sensibilidad y 1= Sensibilidad baja .....	60

## ÍNDICE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Contaminante presentes en el río Atoyac.....	15
<b>Tabla 2.</b> Capas utilizadas para evaluar los factores que favorecen la acumulación de contaminantes .....	16
<b>Tabla 3.</b> Tipología de pobreza basada en el índice de pobreza multidimensional de México...	18
<b>Tabla 4.</b> Resumen del análisis ACM. El eje uno concentra el 66% de la varianza .....	24
<b>Tabla 5.</b> Reclasificación de las capas utilizadas (basado en la información descrita en la introducción del capítulo) .....	30
<b>Tabla 6.</b> Indicadores seleccionados para el análisis socioeconómico.....	31
<b>Tabla 7.</b> Indicadores seleccionados para el análisis socioeconómico (Continuación).....	32
<b>Tabla 8.</b> Estadísticos de tendencia central y dispersión de metales evaluados en Nativitas n=8, Papalotla n=6, Coronango n=6.....	40

## RESUMEN

La cuenca alta del río Atoyac ha presentado una intensa degradación producida en gran parte por la industrialización, aumentando la contaminación en suelos, agua y aire, lo que ha generado zonas donde la sensibilidad (efectos adversos relacionados a la contaminación) de las personas puede aumentar, aunado a otros factores o exposiciones, como: la ubicación geográfica en la que la población se asienta, la situación socioeconómica, las características fisiológicas propias y la cantidad de información del problema a la que tengan acceso las poblaciones (así como la noción de la problemática).

El objetivo de este trabajo fue: identificar las exposiciones (o factores) a nivel regional (estados y municipios) y local (comunidades) que están incidiendo en el aumento de la sensibilidad y a su vez en el aumento de la vulnerabilidad socio-ambiental en la población de niños frente a la contaminación ambiental. Para ello, se describió la ubicación poblacional a nivel regional utilizando un análisis multicriterio dentro de Sistemas de Información Geográfica, integrando los factores o exposiciones que favorecen la acumulación atmosférica de contaminantes en la zona, identificando las zonas más susceptibles a contaminantes y que podrían generar sensibilidad en las poblaciones. En cuanto a la descripción socioeconómica se aplicó un análisis multicriterio en el cual se seleccionaron variables socioeconómicas que pudieran incidir en la sensibilidad a contaminantes de la población. Asimismo, se realizó una evaluación local de la exposición fisiológica y la noción ambiental de los niños de 7 escuelas pertenecientes a los municipios de Coronango, San Martín Texmelucan, Nativitas y Papalotla de Xicotécatl. Para la evaluación de la exposición fisiológica se utilizaron muestras de orina para identificar metales pesados presentes, así como algún tipo de infección urinaria. Esta información fue complementada con datos de un cuestionario semiestructurado de alimentación y enfermedades frecuentes en la población. Además, se realizó un taller ambiental para conocer las nociones que los niños tienen acerca del ambiente, sus problemas y el futuro, para comprender si el conocimiento (exposición) es diferente entre municipios y si están conscientes de la problemática ambiental global y local, ya que es uno de los muchos factores que intervendrán en su capacidad adaptativa ante la contaminación en el futuro.

Los resultados mostraron una sensibilidad diferenciada entre municipios a las distintas exposiciones, observando una mayor sensibilidad por ubicación en San Martín Texmelucan, seguida por Cuautlancingo, Nativitas y Coronango. En cuanto a las exposiciones socioeconómicas no se observó una clara diferencia en las condiciones socioeconómicas de los



municipios. En cuanto a la sensibilidad fisiológica todas las muestras de orina presentaron metales pesados y se encontraron diferencias significativas respecto a arsénico entre municipios, particularmente entre Papalotla y Coronango. Para la concentración de Plomo, Coronango mostró las mayores diferencias. En cuanto a Platino el municipio de Papalotla fue el que presentó una mayor diferencia en las concentraciones. Asimismo, la visión o noción ambiental en los niños fue homogénea en la cantidad y calidad de elementos identificados dentro de las categorías en cada pregunta entre municipios. Si bien no existe una intensa sensibilidad ante la falta de conocimiento del ambiente global, se detectó que existe un desconocimiento de la problemática ambiental local lo que podría influir en su capacidad adaptativa futura. Por último, se logró establecer que el municipio con mayor grado de sensibilidad fue Coronango, sobresaliendo por su ubicación geográfica y la fisiología de sus individuos, seguido por Papalotla de Xicoténcatl y Nativitas.

**Palabras clave:** Vulnerabilidad, Exposición, Sensibilidad, Capacidad Adaptativa, Río Atoyac

#### ABSTRACT

The Upper Basin of Atoyac River has been presented an intense environmental degradation due to largely industrialization, increasing air, water and soil pollution which has generated areas where the people sensitivity (effects related to pollution) can increase, join to other factors or exposures, such as: the geographic location in which the population is settled, the socioeconomic situation, the physiological characteristics of the population and the amount of information about the problem to which the populations have access (as well as the notion of the problem).

The objective of this work was to identify the exposures (or factors) at the regional level (states and municipalities) and local (communities) that are affecting the increase of socio-environmental vulnerability in the child population. For this, location of the population was described at a regional level using a multicriteria analysis within Geographic Information Systems of the factors or exposures that promote atmospheric pollutants accumulation in the area, identifying the most susceptible areas to pollutants and that could generate sensitivity in the populations. Regarding the socioeconomic description, a multicriteria analysis was applied in which socioeconomic variables that could influence the population's sensitivity to pollutants were selected. Likewise, a local evaluation of the physiological exposure and the environmental children notion at 7 schools belonging to the municipalities of Coronango, San Martín Texmelucan, Nativitas and Papalotla de Xicoténcatl was carried out. For the evaluation of

physiological exposure, urine samples were used to identify heavy metals present, as well as some type of urinary infection. This information was complemented with data from a semi-structured questionnaire about feeding and frequent diseases in the families. In addition, an environmental workshop was held to learn about the notions that children have about the environment, their problems and the future, to understand if knowledge (exposure) is different between municipalities and if they are aware of the global and local environmental issues, because is one of the many factors that will intervene in its adaptive capacity in the face of future pollution.

Our results showed a different sensitivity among municipalities to the different exposures, observing a greater location sensitivity in San Martín Texmelucan, followed by Cuautlancingo, Nativitas and Coronango. Regarding socioeconomic pressures, there was no clear difference in the socioeconomic conditions of the municipalities. Regarding physiological sensitivity, all urine samples presented heavy metals and significant differences were found regarding arsenic between municipalities, particularly between Papalotla and Coronango. For the concentration of Lead, Coronango showed the biggest differences. For Platinum, the municipality of Papalotla presented the greatest difference in concentrations. Likewise, the environmental vision or notion in the children was homogeneous in the amount of elements identified within the categories in each question between municipalities. Although there is no intense sensitivity to the lack of knowledge of the global environment, it was detected that there is a lack of knowledge of local environmental problems, which could influence their future adaptive capacity. Finally, it was established that the municipality with a greater degree of exposure and sensitivity are Coronango, standing out geographical location and the physiology of its individuals, followed by nativitas and Papalotla de Xicontecalt.

**Keywords:** Vulnerability, Exposure, Sensitivity, Adaptive Capacity, Atoyac river

## PRESENTACIÓN

Los factores de vulnerabilidad que determinan la exposición a contaminantes en un área son diversos, dependiendo inicialmente de la escala de análisis que puede ser global (en este caso país), regional (estado o municipios) o local (comunidad). Siguiendo con las poblaciones sensibles que por sus características fisiológicas y socioeconómicas son mujeres embarazadas, personas de la tercera edad o niños. Además, existen diversas exposiciones o factores que pueden modificar la sensibilidad de las poblaciones a los contaminantes, siendo relevante analizar procesos de ubicación de las poblaciones que pueden influir en la concentración de contaminantes, en específico atmosféricos, que se pueden acumular en el área de estudio generando una exposición diferencial entre las personas. Asimismo, se debe entender la problemática socioeconómica de la zona que puede incidir en la sensibilidad, por ejemplo el ingreso económico de las familias puede afectar el acceso a medicamento o atención médica, imposibilitando la respuesta temprana a los efectos relacionados con la contaminación o en otra escala la falta de hospitales o infraestructura médica en el municipio o estado puede ser un factor importante que afecte la sensibilidad de las personas que se encuentran en este municipio. La capacidad de identificar y enfrentar problemas globales, regionales y locales también es relevante al evaluar los factores de vulnerabilidad, ya que puede impulsar la capacidad de respuesta de las personas ante problemas ambientales, en este caso la contaminación. Además, en este estudio la caracterización de la sensibilidad fisiológica (enfermedades crónicas) y la presencia de contaminantes en el organismo es de gran relevancia, ya que nos habla de una población expuesta en un momento dado, siendo un factor de sensibilidad que puede aumentar si se mantiene una exposición crónica o aguda a contaminantes presentes en el ambiente.

Debido a que la naturaleza de estos factores es muy diversa, en el presente estudio se propuso abordar los cuatro factores ya descritos: dos a nivel regional y dos a nivel local para profundizar en el conocimiento de dicha vulnerabilidad, teniendo por objetivo identificar factores que inciden en la sensibilidad y capacidad de respuesta de la población de niños frente a la contaminación ambiental, para así obtener una aproximación a la vulnerabilidad por exposición a contaminantes.

En el primer capítulo se evaluaron los factores a nivel regional (municipios) que influyen en la dispersión de contaminantes atmosféricos así como algunos de los factores socioeconómicos que diferencian a las poblaciones de San Martín Texmelucan, Puebla, Cuautlancingo, Coronango, Huejotzingo, Nativitas y Papalotla de Xicotécatl que pueden influir

en el aumento o disminución en la sensibilidad de las poblaciones ante un evento de contaminación.

En el segundo capítulo a nivel local, se evaluó una muestra de la población de entre 10 y 13 años de edad en escuelas de los municipios Coronango, San Martín Texmelucan, Nativitas y Papalotla de Xicoténcatl, determinando la sensibilidad fisiológica de la población de niños ante la contaminación ambiental utilizando información de padecimientos comunes en los niños reportados por sus padres, así como la determinación de exposición a contaminación por medio de un análisis de metales pesados en orina.

En tercer capítulo se realizó una descripción de la noción ambiental que poseen los niños, como uno de los muchos factores que pueden influir en la capacidad de respuesta (adaptación) socio cultural de la población ante un evento (si bien los niños no son tomadores de decisiones en la actualidad pueden llegar a serlo en el futuro). Cabe mencionar que en el capítulos dos y tres las poblaciones evaluadas se encuentran solo en los municipios de Papalotla de Xicoténcatl, Nativitas, San Martín Texmelucan y Coronango, debido a las complicaciones que se tuvieron para contactar a las escuelas de los demás municipios seleccionados después del evento sísmico ocurrido en septiembre del 2017.

Finalmente, en el cuarto capítulo se presenta la integración a nivel regional y local de las exposiciones, sensibilidad y capacidad adaptativa de las poblaciones de niños afectada por la contaminación en la cuenca alta del río Atoyac.

## Problemática ambiental de la cuenca alta del río Atoyac

El área de estudio es relevante debido a la intensa degradación histórica y social del ambiente (como la exposición a contaminantes, el cambio de uso de suelo, la escasez de agua potable, la falta de servicios, entre otros factores) que inició con la invasión de los españoles en los terrenos cercanos a Totimehuacan, que en la actualidad son conocidos como la Ciudad Puebla, y su posterior establecimiento en la zona sur de este estado en el año de 1531. A partir de entonces la industria fue expandiéndose lentamente hacia el norte y a su vez instalando a su paso procesos productivos, en específico de tipo textil traídos desde España, rodeando los ríos Atoyac y Zahuapan (Romano, 1999; Zamora *et al.* 2000; Montero *et al.* 2006; Gonzáles, 2008; Solís, 2013; Arellano-Aguilar *et al.*, 2015; Zamora, 2016; López-Vargas *et al.*, 2018)).

La expansión industrial entre Puebla y Tlaxcala fue favorecida por diferentes sucesos históricos como la instalación del ferrocarril que comunicaba la región Puebla- Tlaxcala con los estados de Veracruz y la Ciudad de México, y que benefició el intercambio mercantil, impulsando la industria en la región en 1873.

La inversión industrial extranjera promovida por los diferentes gobiernos a través de los años favoreció la instalación de 44 fábricas; el período más importante ocurrió en el gobierno de Porfirio Díaz. La producción fabril incluyó giros como el minero-metalúrgico, el eléctrico y la instalación de máquinas fundidoras en sitios como la hacienda de Panzacola y la ciudad de Puebla, que continuó en la inauguración de diferentes corredores industriales (Gonzales, 2008; Quintanal y Velasco, 2014).

En 1950, Joaquín Cisneros Molina gobernador de Tlaxcala impulsó la industrialización por medio de un Consejo Ejecutivo, en el cual se registraron aproximadamente 178 industrias un año después de su creación, lo que agudizó el deterioro ambiental de la región debido a los desechos industriales que llegaban directamente a los ríos y poblaciones humanas cercanas a los corredores industriales. A la mitad del siglo XX, durante el gobierno de Gustavo Díaz Ordaz, se impulsó la llegada y establecimiento de la planta de Volkswagen VW en el municipio de Cuautlancingo, Puebla, la cual generó a su vez un proceso intenso de polarización industrial en las regiones cercanas a ella, sobretodo en Tlaxcala (Gonzales, 2008; Quintanal y Velasco, 2014). Durante los veinte años siguientes hubo un incremento en la instalación de corredores industriales, entre los que destacan: el complejo industrial Independencia PEMEX, en la comunidad de Santa María Moyotzingo, el corredor industrial localizado en el municipio de

Huejotzingo en Puebla y en Tlaxcala el corredor Itxtacuixtla- Nanacamilpa-Capulapan. La cuenca del alto Atoyac para el año de 1990, contó con la zona principal de las actividades económicas secundarias en la región hidrológica del Balsas Norte (Morales, 2010; Salas, 2014). Lo anterior generó, a través de los años, la emisión de diversos contaminantes, causando una fuerte degradación ambiental que actualmente afecta la salud de los pobladores, quienes denunciaron un aumento de enfermedades de tipo respiratorias y leucemia<sup>1</sup>.

En 2006, el Tribunal Latinoamericano del Agua (TLA) declaró que la contaminación de río era un peligroso desastre social y ambiental (Tribunal Latinoamericano del Agua, 2006). A partir del dictamen del TLA, el gobierno inició la operación de distintos procesos de saneamiento, los cuales han sido insuficientes para revertir el proceso de degradación en el río. En el 2015, con el apoyo de distintas organizaciones sociales, el gobierno se comprometió a inspeccionar y sancionar a las industrias que no cumplieran las normas ambientales en sus descargas de agua y contaminaran gravemente al río.

Para el año 2017, se emitió otra recomendación, pero esta vez, a cargo de la Comisión Nacional de Derechos Humanos (CNDH) por la violación de los derechos a un medio ambiente sano, al saneamiento del agua y a la información, en ella se le encarga al gobierno del estado de Puebla y Tlaxcala formular un Plan Integral de Restauración Ecológica o Saneamiento de la cuenca del Alto Atoyac que incluya un Plan de Salud para atender la crisis sanitaria que enfrentan todas las comunidades de la cuenca, desde hace más de 25 años. Actualmente, los gobiernos por un lado y las organizaciones civiles por el otro han hecho propuestas para la creación de este plan integral de saneamiento. Finalmente el TLA en 2018 nuevamente exhorto al grupo de empresas industriales a que se comprometan conjuntamente con la autoridad ambiental y las organizaciones civiles en el diseño de una propuesta de rehabilitación de la cuenca del río Atoyac, el reconocimiento al derecho humano al agua y saneamiento, aceptando que la cuenca es una unidad socio-territorial.

Como consecuencia de la fuerte contaminación, la cuenca presenta un proceso de deterioro ambiental y social que también está asociado a un alto impacto en la salud de las poblaciones, quedando de manifiesto en los diferentes estudios. Entre estos estudios destacan los realizados por Romano (1999), Zamora *et al.* (2000), Montero *et al.* (2006) y Solis (2013), quienes encontraron una relación entre daño genotóxico en pobladores de la zona y la contaminación del río Atoyac. Asimismo, López-Vargas *et al.* (2018) evaluaron el estrés

---

<sup>1</sup> Centro Fray Julián Garcés Derechos Humanos y Desarrollo Local. XII Informe de actividades (2015, Pág. 120)

oxidativo en niños identificando un aumento en el índice de estrés oxidativo en niños que vivían cercanos al río Atoyac, cuyos efectos están causando afectaciones en la capacidad antioxidante a nivel metabólico.

De la situación antes descrita el objetivo del presente estudio es: **identificar exposiciones (o factores) a nivel regional (estados y municipios) y local (comunidades) que están incidiendo en el aumento de la vulnerabilidad socio-ambiental en la población de niños<sup>2</sup> frente a la contaminación ambiental.**

Cabe mencionar que el planteamiento de este trabajo parte de los resultados obtenidos en el trabajo “Evaluación de riesgo por la exposición a contaminantes atmosféricos en la cuenca alta del río Atoyac, Puebla, México” publicado en 2016, cuya recomendación fue identificar los factores de vulnerabilidad por exposición a contaminantes que pudiera complementar la caracterización de riesgo ambiental en la zona.

#### OBJETIVOS PARTICULARES

- Describir las exposiciones locales que podría influir en la dispersión y presencia de los contaminantes en la cuenca Alta del Río Atoyac.
- Describir las condiciones socioeconómicas (exposición) entre los municipios Coronango, Cuautlancingo, Puebla, San Pedro Cholula, Nativitas y Papalotla de Xicotécatl.
- Recabar información respecto a síntomas de enfermedades y condiciones ambientales que inciden en la sensibilidad fisiológica de la población infantil. Además, determinar la presencia de metales pesados en orina, como indicador de exposición a contaminantes ambientales y evaluar particularmente los niveles de arsénico (As), plomo (Pb) y platino (Pt) en la población infantil que habita cerca del cauce del río Atoyac.
- Evaluar la noción o visión que tienen los niños de la cuenca Alta del río de Atoyac en relación al ambiente, los problemas del ambiente y el futuro del ambiente para observar si existe una deficiencia en el conocimiento ambiental que pudiera afectar la capacidad adaptativa de los niños en el futuro.
- Describir los factores que intervienen en la exposición a contaminantes en la cuenca alta del río Atoyac. Además, de describir la sensibilidad y capacidad adaptativa observada.

---

<sup>2</sup> En este trabajo el termino niños se referirá a los individuos que se encuentran en la niñez

## HIPÓTESIS

Los factores de sensibilidad y exposición de niños que habitan la zona de estudio influyen en el aumento o disminución de la vulnerabilidad ante la presencia de contaminantes entre los municipios.

## ANTECEDENTES

### Vulnerabilidad en la Cuenca Alta del río Atoyac

La vulnerabilidad como concepto se ha definido en muchos contextos tanto sociales y económicos, como biológicos. Thywissen *et al.* (2006) identificaron 36 diferentes definiciones del concepto de vulnerabilidad y encontraron que la definición, así como la metodología utilizada para estudiarla dependen del contexto en el que se desarrolle el estudio; de la misma forma, la selección de los grupos vulnerables va a depender del tipo de problema a evaluar, que generalmente está vinculado con diferentes factores socioculturales y procesos ambientales (Romero-Lankao, 2011).

Por otro lado, el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés), definió a la vulnerabilidad como el grado en el que un sistema es susceptible e incapaz de hacer frente a los efectos adversos del cambio climático (IPCC, Apendix: Glosary, P 89). Además, el grado de vulnerabilidad se puede elevar dependiendo de las exposiciones directas o indirectas, así como el grado de sensibilidad y capacidad adaptativa del elemento (IPCC, 2007). En este sentido el IPCC define a la sensibilidad como el grado en el que un sistema es afectado adversamente o benéficamente por el cambio climático, mientras que la capacidad adaptativa es la habilidad de un sistema para ajustarse al cambio climático y moderar los daños (IPCC, 2007).

Partiendo de la definición de vulnerabilidad del IPCC y la definición de Cardona (1985), en este estudio se entenderá como vulnerabilidad a la predisposición intrínseca de un elemento a ser afectado o sufrir daño debido a la incidencia de un suceso con una cierta intensidad. Asimismo, este trabajo considera como “suceso” a la exposición a contaminantes y el “elemento” como las personas que reciben o se encuentran expuestas a contaminantes



ambientales. De tal manera que el “elemento” a evaluar será la población de niños, ya que en el contexto de la exposición a contaminantes se puede considerar a este grupo como altamente vulnerable, debido a su tamaño, fisiología y conducta, que en proporción a su peso corporal, es un grupo altamente expuesto a sustancias tóxicas y que durante los años siguientes en sus vidas pueden llegar a padecer los efectos a largo plazo (Creel, 2002). Además, como se ha indicado anteriormente los factores determinantes para evaluar la vulnerabilidad son de tipo interno y externo del sistema, siendo los principales factores los de tipo socioeconómico y biofísico (Cárdenas y Tobón, 2016).

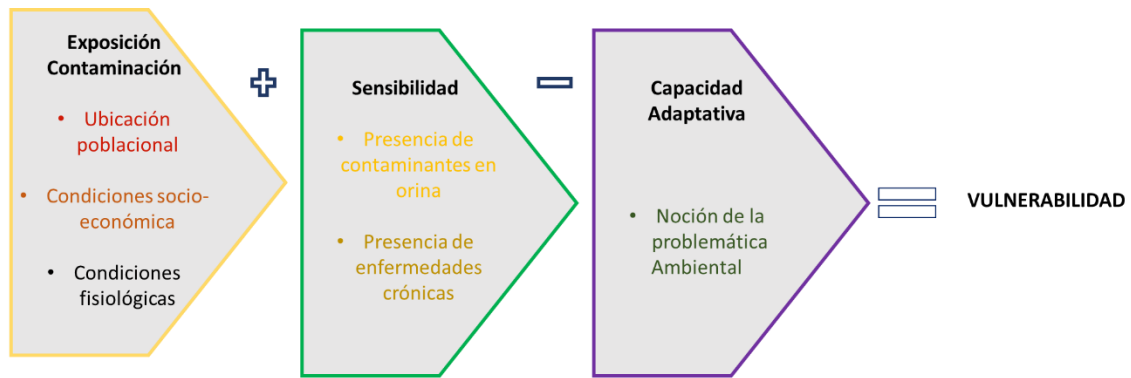
Los diferentes factores o exposiciones que se consideran en este estudio son: 1) Ubicación de la población, 2) Socio-económica, 3) Fisiológica. Asimismo, como capacidad adaptativa se considerará la falta de conocimiento ante la amenaza. A continuación se describen cada uno de estas exposiciones que pueden influir en un territorio o población:

**La exposición por ubicación de la población**, se refiere a los factores ambientales del territorio que son importantes para evaluar la vulnerabilidad por exposición a contaminantes, ya que de estos depende la dispersión de los compuestos y la forma en la que llegan a las poblaciones humanas y las especies no humanas.

**La exposición socio- económica**, al hablar de este factor se deben considerar los aspectos sociodemográficos, así como los problemas laborales y otros aspectos sociales relacionados a los servicios como saneamiento y seguridad social, ya que las diferencias socioeconómicas entre los niños podrían afectar su sensibilidad ante los contaminantes (Calderón-Garcidueñas y Torres-Jardón, 2012)

**La exposición fisiológica**, se refiere a las características biológicas (edad y peso) y estilo de vida (dieta, consumo de tabaco, cafeína, alcohol y otras drogas), que generan que un individuo sea más vulnerable a un evento adverso como la exposición a contaminantes ambientales.

**La noción ante la amenaza**, se entenderá como la manera en la que el individuo o comunidad observan e identifican el ambiente y sus problemas; esta visión puede ser modificada por los medios de comunicación y la educación, en la consolidación de estereotipos o en la transmisión de información relacionada con el medio ambiente y puede ser un elemento de la capacidad adaptativa de la población (Wilches-Chaux, 1989). La Figura 1 resume el marco conceptual considerado para la realización de este trabajo.



**Exposición:** entendida como los conductores de cambio o presiones sobre el sistema; **Sensibilidad:** el grado en el cual el sistema es afectado adversamente y **Capacidad Adaptativa:** la habilidad de un sistema para ajustarse al cambio. Los componentes de la exposición serán descritos a nivel regional mientras que los componentes de la sensibilidad y capacidad adaptativa se evaluarán a un nivel local

*Figura 1. Marco metodológico de vulnerabilidad por exposición a contaminantes, en este trabajo solo se describirán los recuadros por lo que no se obtendrá un valor final de vulnerabilidad. El recuadro amarillo será descrito a nivel regional, mientras que los recuadros verde y morado serán descritos a nivel local. Cabe notar que debido al cambio en escala, no se podrá obtener un índice numérico de vulnerabilidad. Elaboración propia.*

A lo largo de este estudio, se profundizará en las exposiciones y cómo éstas influyen en la vulnerabilidad en los niños que habitan la cuenca Alta del río Atoyac y se encuentran dentro de un ambiente contaminado. En el primer capítulo de este trabajo se desarrolla de forma descriptiva y a nivel regional la exposición y sensibilidad geográfica y socioeconómica de la zona de estudio. En el segundo y tercer capítulos se reportan los resultados, a una escala local, de los análisis de exposición fisiológica que incluyen la exposición a metales pesados, y la capacidad adaptativa que incluye noción ambiental. Finalmente, se hace una discusión, de manera integral, de todo el trabajo de investigación a través de un análisis sobre los factores de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa de la población en la cuenca Alta del río Atoyac.

## INTRODUCCIÓN

### Exposiciones asociadas a la ubicación de la población que afectan la dispersión de contaminantes en la atmósfera

Los factores (exposiciones) que afectan la dispersión de los contaminantes son diversas e incluyen procesos a nivel microescala como el intercambio de energía entre agua, aire y suelo (cobertura vegetal), edificaciones e infraestructura, como calles e industrias (Oke, 1987; Romero *et al.*, 2010). Por ejemplo, una baja cobertura vegetal o un cambio en el uso de suelo pueden modificar la temperatura, el viento, la precipitación y la humedad en una región, aumentando la sensibilidad fisiológica de las personas e influyendo en la pérdida de recursos naturales y en incremento de la vulnerabilidad a procesos de degradación ambiental, como la exposición a contaminantes (Oke, 1987; Romero *et al.*, 2010). En este sentido, respecto a la cuenca Alta del río Atoyac, ésta ha presentado un proceso de cambio en el uso del suelo que ha ido deteriorando la capacidad de captación hídrica y la adecuada infiltración del agua de lluvia (Taller 13, 2012; Velasco, 2014).

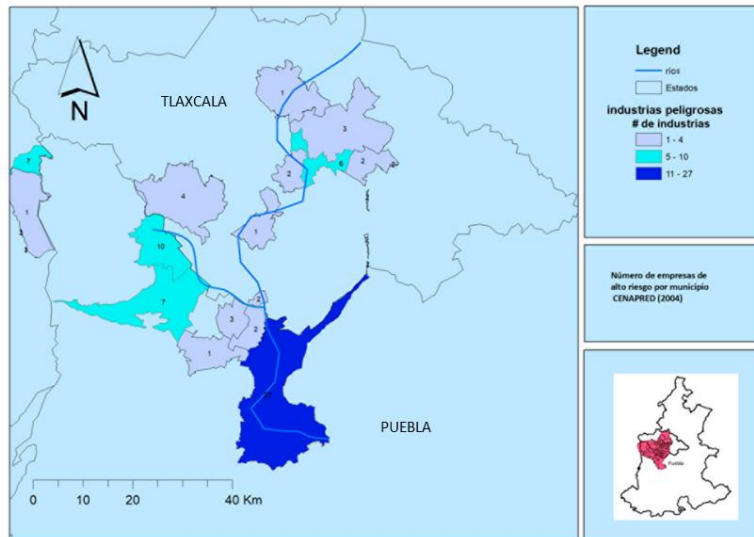
Hay evidencias de que la expansión urbana puede generar un proceso conocido como islas de calor o islas térmicas que se asocian a las superficies impermeables como el concreto, el asfalto, ladrillo y otros materiales de construcción debido a que modifican el balance hídrico y radiactivo superficial, lo cual induce un aumento en la temperatura en las áreas urbanas a diferencia de las zonas rurales (Chen *et al.*, 2006). Se ha reportado que en la cuenca del Alto Atoyac existe una diferencia en la temperatura de áreas urbanas y rurales: en las estaciones cercanas a áreas urbanas se presentaban gradientes térmicos positivos y negativos con baja oscilación (con tasas de calor enfriamiento que varía de 3.5°C/h a 2.5°C/h en el mes de enero), mientras que en las estaciones que se encuentran en áreas semiurbanas y semirurales se observaban tasas más altas de calentamiento y enfriamiento con fluctuaciones de temperatura mayores (con tasas de calor enfriamiento que varían de 5°C/h a -3°C/h en el mes de enero) (Barradas *et al.*, 2012). Por otro lado, las industrias y el transporte contribuyen en gran medida a la quema de combustibles. Por ejemplo, los municipios con más automóviles en la cuenca según los reportes de registro de automóviles en INEGI (2017) son: Puebla con 638,346, seguido por Cuautlancingo con 54,967 y en tercer lugar San Martín Texmelucan, donde se tienen registrados 41,276 automóviles. De hecho, es probable que siga aumentando la vialidad en la zona ya que hay un proceso constante de urbanización y se ha observado que el aumento en la urbanización genera un aumento en la conexión entre municipios. En la cuenca se ha estimado el crecimiento urbano desde 1980 a 2010, obteniendo que ha aumentado hasta ocho veces más

que el crecimiento de su población, sustituyendo campos agrícolas por espacios urbanos. Los municipios que han experimentado este acelerado crecimiento urbano son: Amozoc (5%) seguido por Cuautlancingo (4%) y San Adres Cholula (2%) (Organización para la cooperación y el Desarrollo Económico [OECD], 2013). Este proceso ha desencadenado un aumento de establecimientos informales que ha elevado los gastos sociales en transporte, aumentando la contaminación atmosférica (OECD, 2013). En la zona, se ha calculado que la contaminación rebasa los límites de calidad del aire 25 días al año (OECD, 2013).

El cambio en el uso de suelo favorece la presencia de las islas de calor, que a su vez influyen en la cantidad de precipitación en las grandes ciudades. Un ejemplo de este proceso es la Ciudad de México, en donde se ha observado un aumento de la precipitación relacionado con la energía adicional proveniente de la isla de calor que ayuda a la formación de nubes (Jáuregui, 2009). Además, se ha observado que en las ciudades del sur de Estados Unidos, la isla urbana combinada con los edificios genera tormentas eléctricas de mayor magnitud en el centro de las ciudades que en los alrededores (Bentley *et al.*, 2010). En consecuencia el aumento en la precipitación ayudará a la dispersión de contaminantes puesto que se relaciona con la deposición de contaminantes de forma húmeda. En este tipo de deposición, las partículas y gases contaminantes se depositan en la superficie por gotas de agua, estas partículas contaminantes colisionan o son absorbidas e incluso experimentan reacciones químicas en fase acuosa las cuales son importantes para la formación de ácidos en la atmósfera y su posterior deposición (Seinfeld & Pandis, 1998). Por otro lado, la deposición seca contribuye a la disminución de contaminantes en la atmósfera, y está relacionada con el tamaño de las partículas, por ejemplo, las partículas de diámetro superior a 100  $\mu\text{m}$  caen por su peso cerca de las fuentes de emisión, pero, cuando su peso es menor, es difícil que sea tan cercana su sedimentación, debido a que su caída es afectada por agitación turbulenta (Puigserver, 2008). El viento ayuda a la dilución y dispersión de la contaminación, cuanto mayor sea su velocidad menor será la concentración de contaminantes en la atmósfera, debido a la dispersión (Grijalbo, 2016). Además, existen otros factores que podrían estar contribuyendo al transporte de los contaminantes, por ejemplo, en algunos casos las ciudades se encuentran rodeadas de montañas (con zonas de valles o cadenas montañosas que favorecen una alta concentración de contaminantes), edificios (debido a que modifican el régimen de vientos) y con vientos escasos, como es el caso del Valle de México, con un viento con velocidad promedio de 5.4 km/h y un invierno despejado, que limita la dispersión y favorece las condiciones de inversión térmica (Jiménez, 2001; Gallego *et al.*, 2012; Grijalbo, 2016). En cuanto a la cuenca Alta del río Atoyac, no existen grandes elevaciones, por lo que los sistemas meteorológicos casi no se modifican, y

el viento en la cuenca se mantiene a una velocidad promedio de 11.54 km/h en verano y otoño con una dirección N y NE, mientras que, en primavera-invierno los vientos dominantes son S-SO con una velocidad promedio de 6.48 km/h, lo que facilita la dispersión de los contaminantes liberados en la cuenca (SMNR, 2012; Morales, 2010). Lo anterior implica que los contaminantes no aumentan en algunas zonas, ya que la generación de ellos es constante. Sin embargo, al evaluar el comportamiento del dióxido de nitrógeno en la zona a nivel troposférico se observó que en un periodo que abarcó del 2005 al 2015, la densidad promedio de contaminantes fue mayor en Puebla ( $2.09 \times 10^{15} \pm 4.43 \times 10^{14}$  moléculas/cm<sup>2</sup>) seguida por Cuautlancingo ( $2.14 \times 10^{15} \pm 5.07 \times 10^{14}$  molé/cm<sup>2</sup>), Coronango ( $2.11 \times 10^{15} \pm 5.16 \times 10^{14}$  molé/cm<sup>2</sup>) y San Martín Texmelucan ( $2.01 \times 10^{15} \pm 5.92 \times 10^{14}$  molé/cm<sup>2</sup>) (Zamora, 2016). Lo anterior, refuerza los resultados de Pérez (2010) quien reportó que, en la ciudad de Puebla, los contaminantes atmosféricos como NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, PM<sub>10</sub> y SO<sub>2</sub> no rebasaban el límite máximo permitido (proceso atribuido de la misma forma al viento que dispersa a los contaminantes a través de la llanura), no obstante, el autor señala que existen municipios de la cuenca donde se observa una saturación de contaminantes a pesar del viento, probablemente debido a que las fuentes de emisión industrial y móvil se concentran en esas zonas.

Las industrias asentadas en la cuenca alta del río Atoyac reportan emisiones de diversos contaminantes atmosféricos, entre ellos: formaldehído (97 ton/año), benceno (8 ton/año) y clorodifluorometano (2 ton/año), de las cuales los más importantes son benceno y formaldehído debido a sus posibles impactos a la salud como carcinógenos (Zamora, 2016). Aunado a la emisión constante de estos contaminantes a la atmósfera, también las industrias presentes en la cuenca almacenan sustancias químicas peligrosas, que poseen características de inflamabilidad, explosividad o corrosividad (Tabla 1). En la Figura 2 se representan los municipios con una mayor cantidad de compuestos almacenados en la cuenca, las sustancias almacenadas más peligrosas encontradas fueron el benceno, gas LP, argón, tolueno, gasolina, amoníaco, ácido sulfúrico y formaldehído (Centro Nacional de Prevención de Desastres, 2014).



**Figura 2** Distribución de las zonas con almacenes tóxicos en la Cuenca Alta del río Atoyac. *Elaboración propia con información de CENAPRED, 2014.*

**Tabla 1.** Contaminante presentes en el río Atoyac

CONTAMINANTE	CLASIFICACIÓN IARC
Tolueno	<b>3</b> (No se clasifica)
M cresol	<b>ND</b> (No disponible)
Dietil hexilftalato	<b>3</b> (No se clasifica)
Fenol	<b>3</b> (No se clasifica)
1, 4 Diclorobenceno	<b>2B</b> (Probablemente cancerígeno)
1,2,3 Triclorobenceno	<b>3</b> (No se clasifica)
Cloroformo	<b>2B</b> (Probablemente cancerígeno)
Etilbenceno	<b>2B</b> (Probablemente cancerígeno)
1,2 Dicloroetano	<b>2B</b> (Probablemente cancerígeno)
Cloruro de metileno	<b>2B</b> (Probablemente cancerígeno)
Xileno	<b>3</b> (No se clasifica)
Benceno	<b>1</b> (cancerígeno)

CONAGUA (2008)

Debido a que todos los factores de ubicación de la población, descritos en este apartado, pueden incidir en el aumento de la vulnerabilidad a dispersión y exposición de contaminantes de la población, el presente estudio tiene como objetivo: **Describir las exposiciones locales que podría influir en la dispersión y presencia de los contaminantes en la cuenca Alta del Río Atoyac.**

## MÉTODO

### Zona de estudio

Este trabajo se enfocó en la cuenca Alta del río Atoyac, particularmente en los municipios cercanos al río Atoyac; entre el municipio de San Martín Texmelucan y Puebla. Para evaluar los factores que pueden afectar la dispersión de los contaminantes en la cuenca se utilizó información del GEOPORTAL de la Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO) en específico los recursos obtenidos fueron:

**Tabla 2.** Capas utilizadas para evaluar los factores que favorecen la acumulación de contaminantes

Recurso	Tipo	Formato	Escala	Institución
Uso de suelo	Vectorial	SHP	1: 25 000	CONABIO
Isotermas	Vectorial	SHP	1: 1 000 000	CONABIO
Precipitación	Vectorial	SHP	1: 4 000 000	CONABIO
Evapotranspiración real	Vectorial	SHP	1: 4 000 000	CONABIO
Climas	Vectorial	SHP	1: 1 000 000	CONABIO
Áreas con alta proporción de sustancias peligrosas almacenadas	Vectorial	SHP	1: 20 000	CONABIO
Zonas con elevada presencia de NO <sub>2</sub>	Vectorial	SHP	1: 25 000	Elaboración propia

CONABIO: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>  
Zonas de NO<sub>2</sub>: Elaboradas a partir de Zamora (2016)

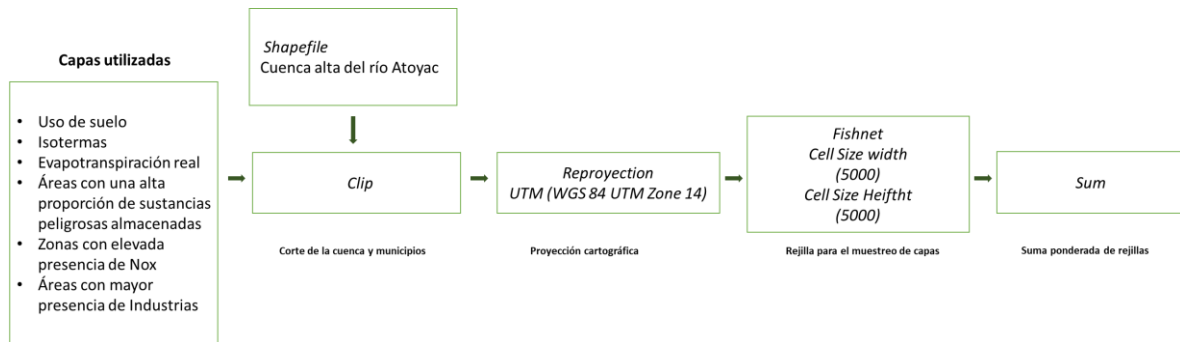
La información ambiental que se obtuvo se procesó por medio de Sistemas de Información Geográfica, utilizando la plataforma ArcGIS 10.3 basados en un análisis multicriterio (Fig. 3 y Tabla 5). La reclasificación de los *shapefiles* se realizaron por cada pixel de cada capa, asignándole el valor de 3 si la zona favorecía la acumulación de los contaminantes atmosféricos, 2 si la zona ayudaba a la acumulación pero no en gran medida y por último, se asignaba el valor 1 si la zona favorecía la dispersión de contaminantes o evitaba la acumulación.

La suma ponderada<sup>3</sup> de los seis *shapefiles* que contenían zonas con valor 1 generaban un valor de 6, que es el valor mínimo de sensibilidad geográfica, mientras que la suma de los seis *shapefiles* que contenían zonas con valor de 3 generaban un valor de 18 que representaba el valor máximo de sensibilidad por ubicación poblacional (ISUP). Por lo tanto, en este estudio se tomaron a los valores menores o iguales a 10 como un valor bajo en la sensibilidad, mientras

---

<sup>3</sup> Permite jerarquizar a las distintas variables considerando su importancia relativa de los atributos que se evalúan basándose en literatura (Guzmán, 2017)

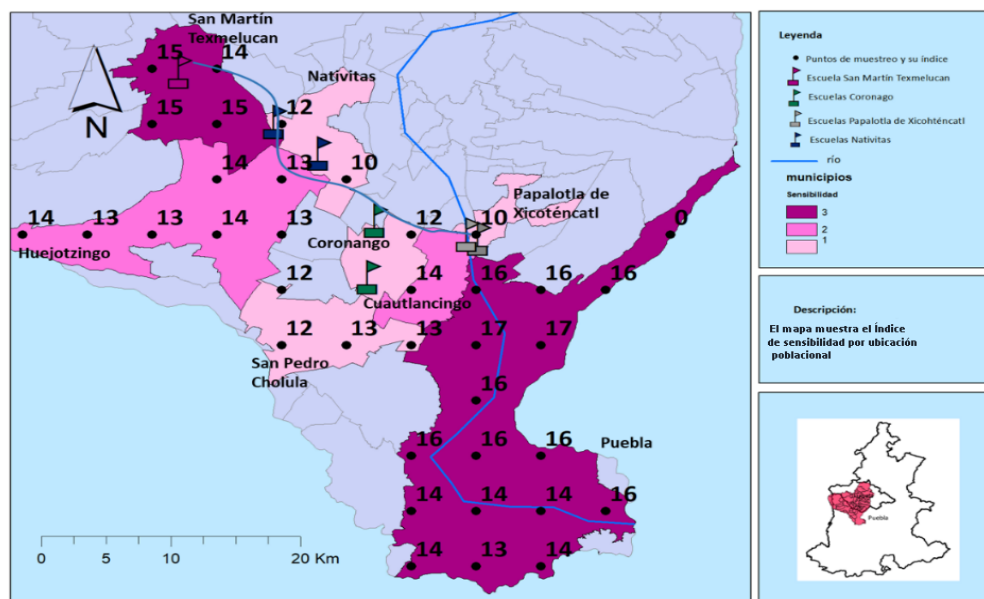
que los valores encontrados en el rango de 11 a 14 se tomaron como sensibilidad media, por último, los valores >15 se consideraron como sensibilidad geográfica alta.



**Figura 3.** Procedimiento de agrupación de shapefiles ambientales y obtención del índice de sensibilidad por ubicación poblacional

## RESULTADOS

El resultado del índice de sensibilidad por ubicación poblacional (ISUP) permite identificar que el municipio de Puebla reúne valores en un rango de ISUP= 13 a 17 y San Martín Texmelucan el rango corresponde a ISUP = 14 a 15 (Fig. 4). Dichos valores que se encuentran en estos municipios corresponden a los más sensibles por su ubicación, condiciones ambientales y la acumulación de contaminantes atmosféricos. En cuanto a los demás municipios Cuautlancingo tuvo un valor ISUP=14), Huejotzingo ISUP=13 y 14, Nativitas ISUP=10 a 12 y Coronango ISUP=12.



**Figura 4 .** Valores de sensibilidad geográfica. Se puede observar a Puebla como el municipio con el índice por ubicación poblacional más alto.



## INTRODUCCIÓN

### Exposiciones socioeconómicas que influyen en la susceptibilidad a contaminantes en la cuenca Alta del río Atoyac

Al hablar de este factor se debe considerar además de los aspectos sociodemográficos, otros aspectos sociales relacionados a los servicios como saneamiento y seguridad social, ya que las diferencias socioeconómicas entre los niños podrían afectar su sensibilidad ante los contaminantes (Calderón-Garcidueñas y Torres-Jardón, 2012) . La manera de identificar estas exposiciones a nivel local ha sido a través de indicadores como el de la desigualdad de la CONEVAL y el de marginación de CONAPO. Sin embargo, existen ciertas consideraciones al utilizar cada uno de los indicadores antes señalados y que se explican a continuación:

#### ***El uso de Indicadores de desigualdad en México.***

Los índices del Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL) que se desarrollaron antes del año 2006, usaron un modelo metodológico basado en la medición del ingreso mensual *per cápita* que era requerido para minimizar las necesidades asociadas a la pobreza alimentaria, la pobreza de capacidades y la pobreza de patrimonio (Bueno, 2014). Una de las limitantes de la utilización de estas tres clasificaciones es que son contrafactuales en la media que clasifican como pobres, ya que esta metodología puede asumir que una familia dedica todos sus ingresos en la obtención de la canasta básica por lo que si no consigue comprar todos los alimentos entonces la familia se clasifica dentro de pobreza alimentaria, lo cual deja fuera las demás necesidades que tiene esta familia y que debe satisfacer con el mismo ingreso (ropa, vivienda, transporte, etc.) (Cortés, 2010). Por esta razón, en el periodo 2006 a 2009, la CONEVAL desarrolló dos nuevas líneas de investigación enfocadas en la medición multidimensional de la pobreza y en la generación de información para el mismo propósito. Este nuevo índice abarcó dos dimensiones, el bienestar (ingresos) y el derecho, en este último factor se incluyó: el rezago educativo, el acceso a los servicios de salud, seguridad social, el espacio para vivienda de calidad, los servicios básicos de la vivienda y el acceso a la alimentación (CONEVAL, 2010). En la Tabla 3 podemos ver la tipología de pobreza basada en este índice.

**Tabla 3.** Tipología de pobreza basada en el índice de pobreza multidimensional de México

<b>Derechos y bienestar</b>	<b>Hogares con carencias</b>	<b>Hogares sin carencias</b>
Hogares pobres por ingresos	Pobres multidimensionales	Vulnerables por ingreso
Hogares no pobres por ingresos	Vulnerables por carencia social	No pobres y no vulnerables

Tomado de: CONEVAL "Informe de pobreza multidimensional en México 2008".

En la medición de la pobreza se identifican también a las personas en los espacios de bienestar social y de derechos. Por lo tanto, las poblaciones se clasifican como: pobres multidimensionales (ingreso inferior a la línea de bienestar y padece al menos una carencia social), vulnerables por carencias sociales (presenta más carencias sociales, pero su ingreso es superior a la línea de bienestar), vulnerables por ingresos (no presenta carencias, pero su ingreso es inferior a la línea de bienestar), no pobre multidimensional y no vulnerable (población cuyo ingreso es superior a la línea de bienestar y no tiene carencias sociales) (CONEVAL, 2010) (Tabla 3). Por ejemplo, en el 2014, el 72% (86.8 millones de personas) de la población nacional presentó al menos una carencia social (CONEVAL, 2015).

Otro enfoque ligado a evaluar las carencias que presenta una población es el desarrollado por el Consejo Nacional de Población (CONAPO), con la creación del índice de marginación, que integra cuatro dimensiones estructurales, con nueve indicadores: 1) la educación (porcentaje de la población de 15 años o más analfabeta y porcentaje de 15 años o más sin primaria completa), 2) la vivienda (porcentaje de ocupantes en viviendas particulares habitadas sin agua entubada, porcentaje de ocupantes en viviendas particulares habitadas sin drenaje ni servicio sanitario, porcentaje de ocupantes en viviendas particulares habitadas sin energía eléctrica, porcentaje de ocupantes en viviendas particulares habitadas con piso de tierra, porcentaje de ocupantes en viviendas particulares habitadas con algún nivel de hacinamiento), 3) Distribución de la población (porcentaje de población en localidades con menos de cinco mil habitantes) y 4) Ingresos (porcentaje de población ocupada con ingreso de hasta dos salarios mínimos).

Si bien, es una buena aproximación para ordenar las zonas con mayor rezago geográficamente, las limitantes que se le han atribuido a este índice son distintas entre ellas se encuentran: no se puede evaluar la marginación en los sitios rurales y tampoco se puede comparar en espacio-tiempo las diferencias de marginación<sup>4</sup>, además el método de estratificación que se utiliza, tampoco es el apropiado para reconocer las influencias de los factores utilizados (Bistrain, 2008; Bustos, 2009).

De acuerdo con Cárdenas (2010), si bien los indicadores presentados con anterioridad ayudan a ordenar las zonas geográficas en función de a su grado de exclusión socioeconómica, tienen como deficiencia el considerar las mediciones de pobreza como el factor principal de

---

<sup>4</sup> Debido a que CONAPO utiliza variables estandarizadas basadas en la siguiente transformación:  $Z_{ik} = (X_{ik} - \mu_k) / \sigma_k$  donde  $X_{ik}$  simboliza el  $i$ -ésimo valor de la variable,  $\mu_k$  simboliza el promedio de la variable y  $\sigma_k$  su desviación. Si los municipios reducen al mismo tiempo las variables que integran el índice, el índice no se ajustara al cambio y permanecerá inalterado (Cortés y Vargas, 2011).

exposición en las poblaciones; además, debido al enfoque general en el que se evalúa a toda la república con base en metodologías como el análisis de componentes principales, la pérdida en el grado de detalle en la información, es difícil detectar cuál de los indicadores utilizados podría generar una mayor sensibilidad. A partir de lo anterior el objetivo de este capítulo fue **describir las condiciones socioeconómicas (exposición) entre los municipios Coronango, Cuautlancingo, Puebla, San Pedro Cholula, Nativitas y Papalotla de Xicotécatl.**

Los niños son más vulnerables cuando sus familias no tienen los recursos económicos suficientes para tener una adecuada educación, alimentación y seguridad, que les permita enfrentar los efectos adversos de la contaminación (Calderón-Garcidueñas y Torres-Jardón, 2012). Massolo *et al.* (2008) compararon cuatro zonas en la Plata, Argentina para saber si existía una relación entre la contaminación atmosférica y la salud de niños en preescolar, las zonas que seleccionaron fueron la residencial, la urbana, la industrial y la semi-rural, encontrando que los niños más expuestos y enfermos se encontraban en la zona industrial y semi-rural, relacionándolo con la deficiencia en la calefacción, y de servicios sanitarios básicos (Massolo *et al.*, 2008). Por lo tanto, al hablar de la exposición socioeconómica que se ejerce sobre los niños que están expuestos a contaminantes, se debe considerar los aspectos sociodemográficos, así como las problemáticas laborales y otros aspectos sociales relacionados con los servicios como saneamiento y seguridad social.

## MÉTODO

Se utilizaron 11 indicadores relacionados con el bienestar humano y la marginación de los municipios seleccionados (estos indicadores se eligieron por su posible influencia sobre la sensibilidad a contaminantes): línea de bienestar mínimo, rezago educativo, carencia por accesos a los servicios básicos de la vivienda, carencia por acceso a la alimentación, natalidad, tasa de mortalidad infantil, índice de intensidad migratoria, proporción de la población con acceso sostenible a fuentes mejoradas de abastecimiento de agua, tasa neta de matriculación en la enseñanza primaria y proporción de población indígena (los criterios utilizados se muestran en las Tablas 6 y 7). Esta información fue obtenida a partir de diferentes bases de datos: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), Consejo Nacional de Población (CONAPO), Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL) y la Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas (CDI) del gobierno para el 2015, así como información del Índice de Desarrollo Humano municipal 2010 del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Se advierte que el rango de medición por cada indicador no es equiparable

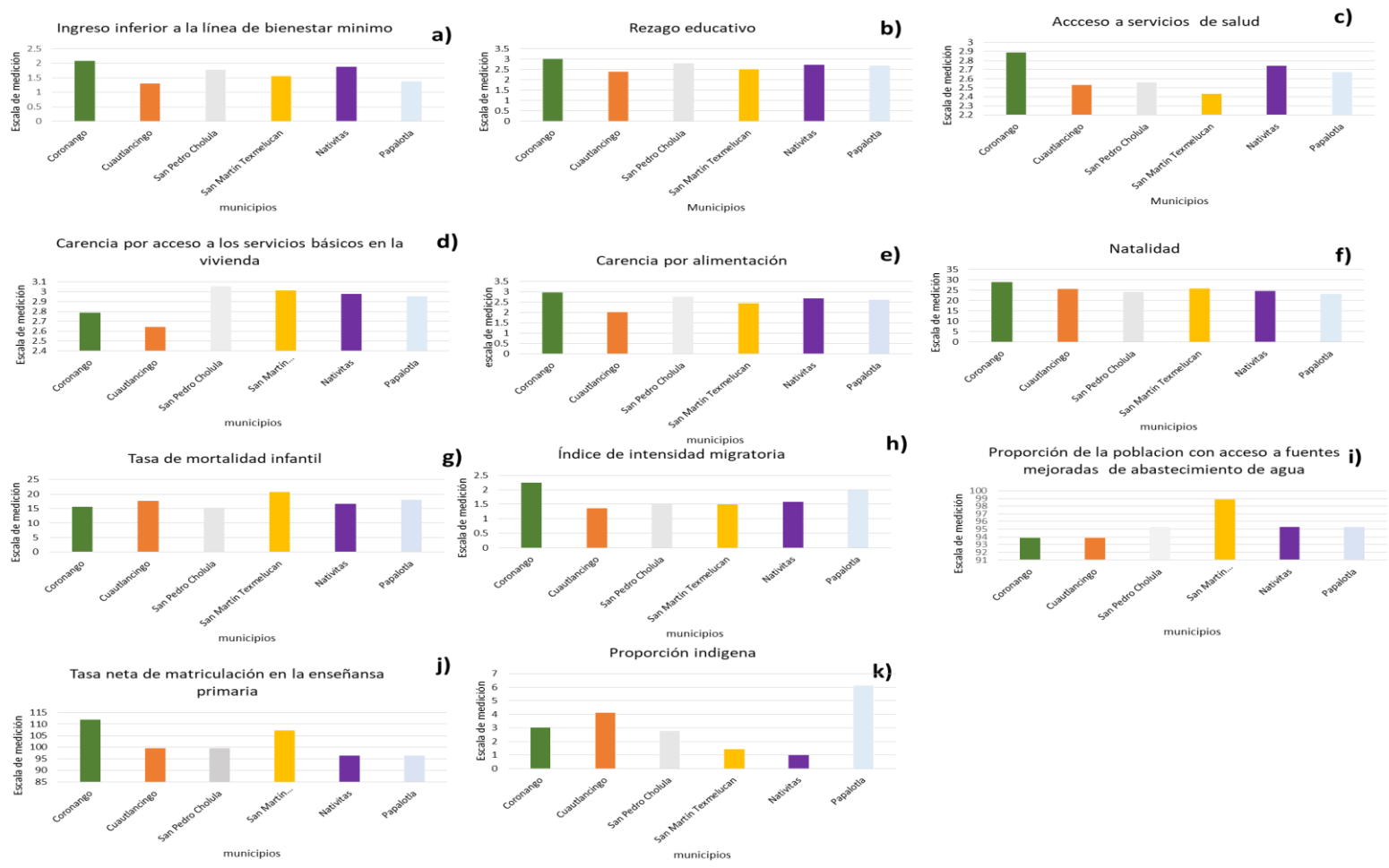
con el rango utilizado para los demás indicadores (ya que la metodología utilizada para obtener cada indicador es distinta), pero si es comparable para los municipios evaluados por cada indicador.

Una vez obtenida la información, ésta se procesó mediante análisis descriptivos para observar tendencias y relaciones entre los datos, posteriormente se usó un análisis multivariado de conglomerado, el cual se empleó para observar posibles patrones de agrupamiento de los municipios, utilizando el método del vecino más cercano (*neighbour joining*) que mide la proximidad entre dos grupos, mediante el cálculo de la distancia Euclidiana. Asimismo, para complementar la información obtenida en el análisis, se utilizó una prueba de correspondencia múltiple (ACM), usado para evaluar las relaciones a través de múltiples variables (este análisis solo evalúa relaciones de forma descriptiva). Se seleccionaron las variables para obtener los rangos de los indicadores de bienestar humano reclasificados como variables ordinales, con la finalidad de representar gráficamente la estructura de relaciones de dos o más variables cualitativas (municipios), mediante mapas de geoposicionamiento (Vivanco, 1999; Le Roux y Rouanet, 2009). Todos los análisis se efectuaron utilizando el software PAST ver 3 (Hamer *et al.*, 2001).

Por último, en este apartado la evaluación de la sensibilidad regional, solo se basó en identificar por medio del análisis de información recolectado, los datos que permitieran afirmar si existe presencia o ausencia de sensibilidad por la exposición socioeconómica (Ferrari, 2012).

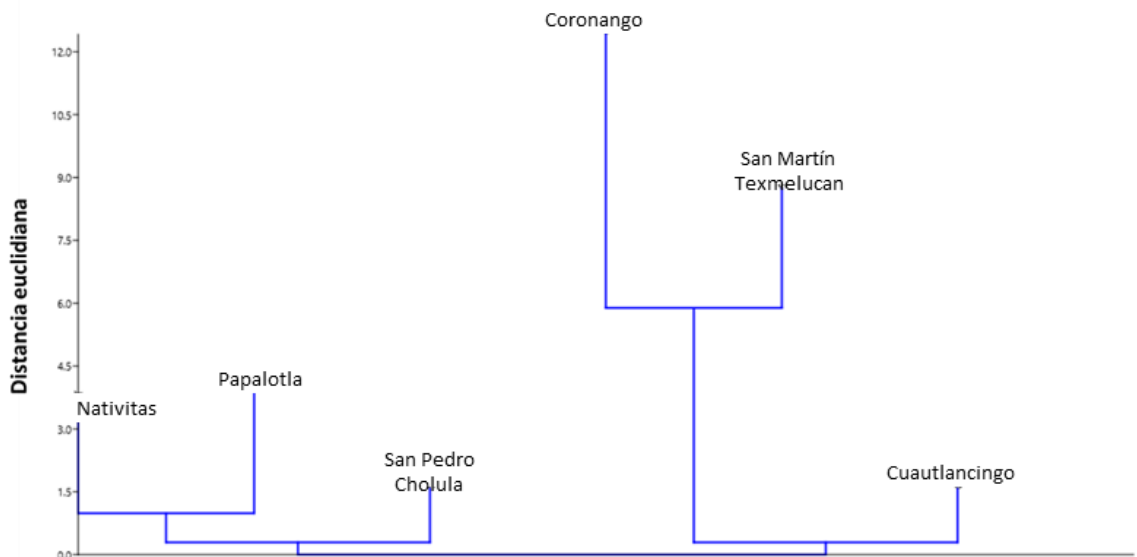
## RESULTADOS

Los municipios muestran diferentes comportamientos en los indicadores de bienestar humano. Por ejemplo, en los indicadores que se observa una marcada diferencia son “proporción indígena” donde el municipio que sobresale es Papalotla de Xicotécatl seguido por Cautlancingo. Mientras el indicador “tasa neta de matriculación en la enseñanza primaria,” los municipios que tienen una marcada diferencia fueron, Coronango y San Martín Texmelucan, a diferencia de Papalotla de Xicotécatl y Nativitas. La proporción de fuentes mejoradas de agua es mayor en Texmelucan, además, este municipio también posee la tasa más alta de mortalidad infantil. A diferencia de Coronango, con una tasa de mortalidad infantil baja y una tasa de natalidad alta, no obstante, Coronango presenta la mayor carencia por alimentación, rezago educativo e intensidad migratoria (Fig. 5).



**Figura 5.** Comparación de los indicadores socioeconómicos por municipio. Papalotla de Xicoténcatl sobresale en el rezago educativo y la mayor proporción de población indígena

De acuerdo con los resultados del análisis de conglomerados, se observan agrupaciones entre los municipios Nativitas y Papalotla de Xicoténcatl del estado de Tlaxcala; con un coeficiente de distancia cercana a 1. Asimismo, los municipios de Coronango y San Martín Texmelucan del estado de Puebla forman otro conjunto con un coeficiente de distancia euclídea cercana a 6, seguidos por San Pedro Cholula con el primer conglomerado y Cuautlancingo con el segundo conglomerado (áreas menos vinculadas). En general, se observan dos conglomerados que presentan características socioeconómicas similares. Los municipios del primer conglomerado poseen una relación más estrecha, mientras que el segundo conglomerado como hemos explicado presenta una relación menos estrecha (Fig. 6).



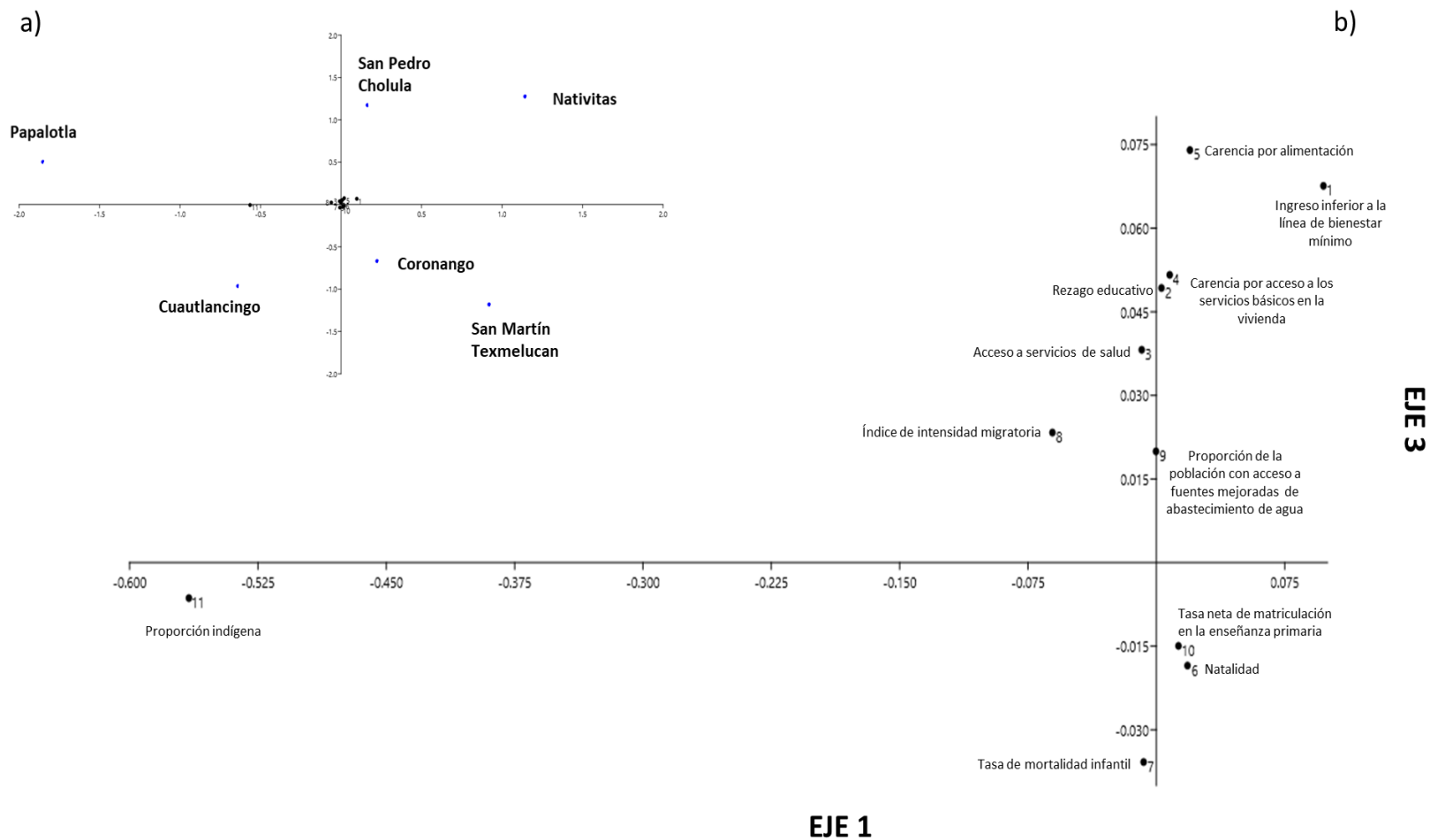
**Figura 6.** Análisis de Conglomerados

En la tabla 4, se observa de manera resumida los resultados del ACM, donde se aprecia la varianza explicada por cada eje, el eje uno explica el 66.86% de la varianza, mientras que el eje 3 explica el 8.57 % de la varianza utilizada en este modelo por ser complementaria al análisis de conglomerados, reuniendo un total de 75.43% del total de la varianza explicada, por lo que al tener una varianza alta se pueden discriminar de mejor forma los indicadores socioeconómicos seleccionados y si bien no es la varianza más alta se considera como aceptable a partir del 70, además permite visualizar otro acomodo en la nube de puntos que es similar al encontrado en el análisis de conglomerados , cercanos a los municipios.

Como se observa en el ACM, se agruparon cuatro conjuntos: el conjunto uno está conformado por Coronango y San Martín; el conjunto dos por Nativitas y San Pedro Cholula; mientras que los conjuntos tres y cuatro están conformados por Cuautlancingo y Papalotla de Xicoténcatl respectivamente (las dos primeras agrupaciones concuerdan con análisis de conglomerados) (Fig. 7). Como los grupos más alejados se localizan Papalotla de Xicoténcatl y Cuautlancingo, separados por el indicador población indígena (en el eje 1). Por otro lado, se observa que en Nativitas-San Pedro Cholula, los indicadores que guardan una mayor relación con esta población y que les permite separarse de San Martín Texmelucan y Coronango son: Ingreso inferior a la línea de bienestar (desplazándose sobre el eje 1) y carencia por acceso a la alimentación (se encuentra entre el eje 1 y 3). En el caso de Coronango-San Martín Texmelucan los indicadores que les permiten separarse de las demás agrupaciones son principalmente: natalidad y tasa de mortalidad infantil (eje 3).

**Tabla 4.** Resumen del análisis ACM. El eje uno concentra el 66% de la varianza

Eje	Eigenvalor	% del total de varianza explicada
1	0.004015	66.86
2	0.001250	20.82
3	0.005148	8.57
4	0.00016	2.67
5	6.34113E-05	1.05



**Figura 7.** Análisis de correspondencia múltiple a y b. a) San Pedro Cholula y San Martín se encuentran cercanos entre si al igual que Nativitas, San Pedro Cholula. b) acercamiento a la nube de indicadores, los municipios que comparten características socioeconómicas como la natalidad y mortalidad infantil son los del grupo de San Martín Texmelucan y San Pedro Cholula



## DISCUSIÓN

Puebla y Tlaxcala han presentado diferencias desde la época colonial con el sistema de castas, y posteriormente, a lo largo de su historia con un mayor incremento en el desarrollo socioeconómico de Puebla, explicado por un aumento en la inversión pública y privada, favorecida por diversos gobiernos a través del tiempo. En la siguiente sección discutiremos los resultados del primer capítulo, iniciando con las exposiciones.

### Exposición por Ubicación

En cuanto a la exposición por ubicación, al evaluar por separado cada una de las variables meteorológicas y geológicas se observó un área homogénea sin grandes variaciones entre municipios. Sin embargo, hemos observado al integrar el ISUP, que existen condiciones que favorecen la exposición. Como resultado los municipios más sensibles a contaminación atmosférica fueron Puebla (ISUP de 13 a 17) y San Martín Texmelucan (ISUP de 14 a 15), seguidos con sensibilidad media por Cuautlancingo (14) Huejotzingo (13 a 14), Nativitas (10 a 12) y Coronango (12), mientras que Papalotla de Xicotécatl (10) presenta sensibilidad baja. En general, en la cuenca existe un proceso de degradación marcado que puede llegar a afectar la sensibilidad fisiológica de las poblaciones al vivir en una zona predispuesta a la acumulación de contaminantes atmosféricos. Además, debido a que en el capítulo dos y tres nos centraremos a nivel local en los municipios de Coronango, San Martín Texmelucan, Papalotla de Xicotécatl y Nativitas, a nivel regional en el factor de ubicación poblacional se les asignará un valor de sensibilidad de 3 a San Martín Texmelucan de 2 a Coronango y Papalotla y de 1 a Papalotla de Xicotécatl.

### Exposición Socioeconómica

Como hemos visto, en la región hay municipios que, por su ubicación, poseen una marcada sensibilidad a los contaminantes, en especial en los municipios de Puebla, San Martín Texmelucan y Cuautlancingo, pertenecientes al estado de Puebla y conectados entre sí por importantes avenidas. Sin embargo, esta cercanía se ve modificadas por el aspecto socioeconómico. El resultado del análisis de conglomerados nos permite apreciar dos marcadas agrupaciones socioeconómicas que se obtuvieron a partir de las relaciones en términos de distancia euclidiana entre municipios. La primera de ellas reúne a tres municipios del estado de Puebla: Coronango y San Martín Texmelucan, como los más cercanos y a Cuautlancingo como

un municipio próximo a ellos. En tanto que la segunda agrupación se caracteriza por relacionar a Nativitas con Papalotla de Xicoténcatl, ambos municipios pertenecientes al estado de Tlaxcala, con San Pedro Cholula (Puebla) como un municipio que presenta características similares (Fig. 6).

En cuanto al análisis de correspondencia múltiple, se observa una relación similar entre todos los municipios (esta relación es solamente descriptiva) en el cual los municipios se agrupan de forma similar a los conglomerados. No obstante, existen algunas características que diferencian a los municipios en cuatro grupos, en el caso de Nativitas-San Pedro Cholula, son el acceso a infraestructura, servicios y migración. En el caso de Coronango-San Martín Texmelucan, se encuentra más ligado por compartir características de natalidad y mortalidad. Mientras que Cuautlancingo y Papalotla de Xicoténcatl los agrupa la proporción indígena.

La desigualdad socioeconómica si bien no es marcada, puede explicarse por diversos factores, por ejemplo: en la zona de estudio, la influencia que ejerce el gobierno federal sobre el desarrollo ha aumentado la desigualdad socioeconómica entre los estados<sup>5</sup>. Además, este modelo de desarrollo basado en el centralismo favoreció ciclos productivos en donde se articulan actividades industriales.

Por ejemplo, la instalación en Cuautlancingo (Puebla) de la Volkswagen en la década de 1960, fue promovida por las políticas federales para impulsar la industrialización y los apoyos gubernamentales (como ya se mencionó) en favor de la descentralización de la industria de la zona metropolitana de la Ciudad de México. Como resultado de este proceso industrial aumentó el desarrollo del estado de Puebla y aumentó la polarización de la industria a Tlaxcala, permitiendo a Puebla captar en ese momento el 2.64% del PIB industrial del total nacional, mientras que Tlaxcala solo captó el 0.35%. De esta manera, Puebla ocupó en ese momento el lugar número diez en inversión pública federal, mientras Tlaxcala ocupó el último puesto (González, 2007). Estos procesos históricos de industrialización han incrementado la desigualdad a nivel regional entre estados e incluso a nivel local entre municipios. En un informe de la OCDE, en 2013, se reportó que aproximadamente 57% de las regiones censadas en la Cuenca Alta del río Atoyac se clasificaron como altamente marginadas, superando el promedio nacional que es de 28% para grandes zonas metropolitanas. Además, en el mismo informe se indica que 40% de la cuenca no presenta acceso a servicios básicos, como agua para consumo humano y educación básica en poblaciones mayores a 15 años (OCDE, 2013). En este sentido,

---

<sup>5</sup> Este proceso ocurrió después del gobierno de Lázaro Cárdenas, cuando el estado toma el papel de llevar al país al desarrollo social atravesando periodos de crecimiento y crisis que han aumentado la desigualdad y pobreza de las poblaciones a lo largo del tiempo (Tovar, 2015)

Quirós y Salgado (2015), reportaron la cobertura de educación básica entre los estados de la República Mexicana para el periodo de 2012 a 2014, e indicaron que solo 14 estados superan la media nacional, entre ellos Puebla y la Ciudad de México, mientras que los demás municipios se localizan por debajo de la media nacional de cobertura. Esta información concuerda con el análisis generado por Martín del Campo (2017), en el cual se mide el grado de rezago educativo en 2015, que ubica a Puebla como el sexto lugar con un 42.3% de rezago educativo mientras que Tlaxcala ocupa el lugar veintiuno con el 31% a nivel nacional.

En cuanto a la intensidad emigratoria del estado de Puebla se observó un aumento de ella, atribuido a la creciente demanda de empleo y a la limitada creación de ellos, ya que los empleos ofertados eran para personal calificado, y en la zona había una gran cantidad de población indígena no calificada que tenía que salir en busca de mejores oportunidades (Alarcón, 2009). En otro estudio realizado para el periodo de 2010 a 2015, se observó un aumento en la entrada de aproximadamente 5,000 jóvenes de 25 años que ingresaron a Puebla, provenientes de la Ciudad de México, para cubrir los espacios de personal calificado que necesita Puebla quienes trabajan como profesionistas independientes, por lo que su estancia en la ciudad de estas poblaciones es variable, ya que no cuentan con seguro médico o un trabajo estable (Almejo y Hernández, 2017).

En el análisis de correspondencia presentado en la Fig. 7, la tasa de mortalidad infantil y la tasa de nacimientos fueron factores importantes en la agrupación entre el municipio de Coronango y San Martín Texmelucan. Esto es relevante ya que la tasa de mortalidad infantil ha sido utilizada como un fiel indicador del desarrollo socioeconómico, ya que a una elevada tasa de mortalidad un menor desarrollo socioeconómico. Sin embargo, en el estado de Puebla esto resulta ser contradictorio, pues si bien tiene un desarrollo económico elevado, la alta tasa de mortalidad infantil parece estar presente. En un estudio realizado para el periodo de 1990-2010, por Aguirre y Vela-Peón (2012), se evaluó la mortalidad infantil en México utilizando el método de hijos vivos y sobrevivientes de Brass. Los resultados arrojaron a Puebla como el segundo lugar en Tasa de Mortalidad Infantil para el año 2010, con una tasa de 21.7, solo superado por Guerrero con 22.8.

Por otra parte, la población con ascendencia indígena ha representado en la Zona de Puebla-Tlaxcala una importante proporción de su población, ya que para el año 2000 se tenía contabilizada una población de 6 millones de habitantes de los cuales el 10% era de ascendencia indígena, ubicándose de este total el 60% en el estado de Puebla (Morales, 2010). Todos los factores socioeconómicos descritos en este capítulo pueden tener una importante influencia en

la sensibilidad de las personas ante la contaminación ambiental, en este estudio no se evaluó de manera directa esa relación con la población infantil, pero se identificaron factores o exposiciones socio económicas en su entorno que pueden favorecer su sensibilidad si siguen aumentando. En este sentido, diversos estudios demuestran la relación existente entre la desigualdad socioeconómica y los efectos de la contaminación en las distintas poblaciones. Por ejemplo, en Latinoamérica se estima que cuatro millones de niños mueren debido a factores ambientales relacionados a la falta de condiciones sanitarias adecuadas, a la exposición a contaminantes presentes en el aire, entre otros factores ambientales y sociales (UNICEF, 2013., Riojas-Rodríguez *et al.*, 2013). En México, se estima que el 50% de la población infantil (21.2 millones de niños) vive en condiciones de rezago, donde se siguen violando los derechos en cuanto a salud, educación y alimentación (UNICEF y CONEVAL, 2012). Un estudio realizado por Massolo *et al.* (2008) compararon cuatro zonas en la Plata, Argentina para saber si existía una relación entre la contaminación atmosférica y la salud de niños en preescolar, las zonas que seleccionaron fueron la residencial, la urbana, la industrial y la semi-rural, encontrando que los niños más expuestos y enfermos se encontraban en la zona industrial y semi-rural, relacionándolo con la deficiencia en la calefacción, y en servicios sanitarios básicos (Massolo *et al.*, 2008). Por lo tanto, al hablar de la exposición socioeconómica que se ejerce sobre los niños que están expuestos a contaminantes, se debe considerar los aspectos socioeconómicos.

En general, el análisis de las exposiciones económicas relacionadas con la exposición a contaminantes no pretende ser un sustituto para las metodologías desarrolladas por INEGI, CONAPO o CONEVAL. Sin embargo, los análisis realizados (Clúster y ACM) nos permitieron observar las sutiles diferencias entre municipios que pudieran favorecer distintos tipos de sensibilidad de las comunidades ante la contaminación de la Cuenca Alta del río Atoyac, por lo cual podemos hablar de municipios que no tienen sensibilidad socioeconómica alta pero tampoco poseen una sensibilidad baja, por lo que en los siguientes apartados la sensibilidad socioeconómica para los municipios descritos en este apartado será considerada como sensibilidad media asignándole una valor de 2.

**Tabla 5. Reclasificación de las capas utilizadas de los indicadores propuestos (basado en la información descrita en la introducción del capítulo)**

shapefiles								
Uso de suelo <sup>1</sup>	Industrias que reportan al RETC <sup>2</sup>	Industrias con sustancias tóxicas <sup>1</sup>	Evapotranspiración <sup>1</sup>	Isotermas <sup>1</sup>	Precipitación <sup>1</sup>	NOx <sup>2</sup>	Valores asignados <sup>1</sup>	
reclasificación	'bosque cultivado' 'plantación forestal' 'bosque de cedro' 'bosque de encino' 'bosque de encino- pi no' 'bosque de oyamel' 'bosque de pi no' 'bosque de pino-encino' 'bosque de táscate' 'cuerpo de agua' 'matorral crasicaule con matorral subinorme' 'pradera de alta montaña' 'vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino' 'vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino- pino' 'vegetación secundaria arbustiva de bosque de oyamel' 'vegetación secundaria arbustiva de bosque de pi no' 'vegetación Secundaria arbustiva de bosque de pi no-encino' 'vegetación secundaria arbustiva de bosque de táscate' 'vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico rosetáfilo' 'vegetación secundaria arbórea de bosque de encino' 'vegetación secundaria arbórea de bosque de pino' 'vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-encino' 'vegetación secundaria arbórea de bosque de táscate'	Papalotla de Xicoténcatl Coronango y Nativitas	Chalco, Coronango, Tetla de la solidaridad y Cuatlancingo	600 <sup>2</sup> 700	Templado	1000 a 1800	Papalotla de Xicoténcatl San Martín Texmelucan	1 (Sensibilidad baja)
	'agricultura de riego eventual' 'agricultura de riego' 'agricultura de temporal' 'agricultura de temporal con erosión' 'bosque de encino con erosión' 'bosque de pino con erosión' 'bosque de táscate con erosión' 'pastizal cultivado permanente' 'pastizal inducido con erosión' 'pastizal inducido' 'Bosque secundario degradado'	Huejotzingo, San Pedro Cholula y San Martín Texmelucan	Texcoco, Huejotzingo Apizaco e Ixtacuixtla de Mariano Matamoros	500 a 600			Cholula Huejotzingo Nativitas	2 (Sensibilidad media)
	'zona urbana' 'desprovisto de vegetación'	Puebla y Cuatlancingo	Puebla y San Martín Texmelucan	500 a 600	Semifrio y frio	800	Puebla Cuatlancingo Coronango	3 (Sensibilidad alta)

<sup>1</sup> clasificación realizada para todos los municipios

<sup>2</sup> clasificación realizada solo para los municipios con información disponible

**Tabla 6. Indicadores propuestos para el análisis socioeconómico**

INDICADOR	DESCRIPCIÓN	INFLUENCIA SOBRE LA SENSIBILIDAD A CONTAMINANTES
Línea de bienestar mínimo	Valor monetario de una canasta alimentaria y no alimentaria de consumo básico. <sup>1</sup>	Si no se tienen una buena alimentación, se predispone a la desnutrición y a su vez a una mayor sensibilidad en la absorción de contaminantes. <sup>6</sup>
Rezago educativo	Se considera que una persona se encuentra en situación de rezago educativo si: i) tiene de tres a quince años y no cuenta con la educación básica obligatoria ni asiste a un centro de educación formal; ii) nació antes de 1982 y no cuenta con el nivel de educación obligatoria vigente en el momento en que debía haberla cursado (primaria completa); o nació a partir de 1982 y no cuenta con el nivel de educación obligatoria (secundaria completa). <sup>1</sup>	Se ha observado que si se tiene un mayor acceso a la educación, se reduce la desigualdad de ingresos, además un mayor nivel de educación reduce las muertes prevenibles. <sup>7</sup>
Carencia por acceso a los servicios de salud	Cuando no cuenta con afiliación, adscripción o derecho a recibir servicios médicos de alguna institución que los presta, incluyendo el Seguro Popular, las instituciones públicas de seguridad social o los servicios médicos privados. <sup>1</sup>	La falta de condiciones para la atención de las enfermedades en las personas viola el derecho a la salud, reduciendo la probabilidad de una atención adecuada. <sup>8</sup>
Carencia por acceso a los servicios básicos en la vivienda	El indicador toma en consideración que la vivienda cuente con todos los servicios básicos con las siguientes características:  Agua entubada dentro de la vivienda o fuera de la vivienda pero dentro del terreno; Drenaje conectado a la red pública o a una fosa séptica; Electricidad obtenida del servicio público, de panel solar o de otra fuente, planta particular, y que el combustible para cocinar sea gas LP o gas natural, electricidad, y si es leña o carbón que la cocina cuente con chimenea. <sup>1</sup>	Las condiciones de vida dentro de una casa vuelve a las poblaciones mas o menos sensibles ante la exposición a contaminantes y en general ante el deterioro ambiente. De la misma forma la falta de suministros de agua apta para consumo humano, saneamiento y la falta de alimentos o el consumo de alimento insalubres eleva la sensibilidad a los efectos derivados de la exposición a contaminantes. <sup>9</sup>
Carencia por acceso a alimentación	Toma en consideración los siguientes elementos:  En los hogares valorados en los últimos tres meses, por falta de dinero y recursos, adultos y menores. <sup>1</sup>  Tuvieron una alimentación basada en muy poca variedad de alimentos. Dejaron de desayunar, comer o cenar. Comieron menos de lo que piensa debía comer. Se quedaron sin comida. Sintieron hambre pero no comieron. Comieron una vez al día o dejaron de comer todo un día. <sup>1</sup>	Se utiliza para medir la Seguridad Alimentaria y Nutricional además de las desigualdades sociales. <sup>12</sup> que pueden influir en el efecto de los contaminantes en la población.

**Tabla 7. Indicadores propuestos para el análisis socioeconómico (Continuación)**

Natalidad	nacidos vivos registrados. <sup>2</sup>	Son necesarios para identificar los problemas sanitarios y mejorar el sistema de salud. <sup>13</sup>
Tasa de mortalidad infantil	Es la probabilidad que tiene un recién nacido de morir antes de cumplir un año de vida. <sup>2</sup>	Son necesarios para identificar los problemas sanitarios y mejorar el sistema de salud, además son indicadores relacionados con el desarrollo económico de una región. <sup>13</sup>
Índice de intensidad migratoria en escala de 0 a 100	Es una medida resumen que permite diferenciar los estados y municipios del país según la intensidad de las distintas modalidades de la migración al país vecino y de la recepción de remesas. <sup>3</sup>	La contaminación ha sido considerada como un factor que explica el fenómeno de migración. <sup>10</sup> el aumento en las actividades económicas de un sitio es un atrayente a migrantes, pero un aumento en la contaminación puede ser un factor para la expulsión de personas (en especial en personas con estudios).
Proporción de la población con acceso sostenible a fuentes mejoradas de abastecimiento de agua.	Es el valor porcentual de los ocupantes en viviendas particulares habitadas con agua entubada dentro de la vivienda o el predio, de un hidrante público o de otra vivienda, respecto al total de ocupantes en viviendas particulares habitadas, en las zonas rurales y no rurales. <sup>4</sup>	Es un indicador relacionado con la pobreza y el hambre, además en el estudio es importante debido a que una mala calidad del agua puede generar enfermedades intestinales y exposición a metales. <sup>14</sup>
Tasa neta de matriculación en la enseñanza primaria (6 a 11 años de edad)	Es el porcentaje de la población de 6 a 11 años de edad matriculada en la educación primaria con respecto a la población total de 6 a 11 años de edad. <sup>4</sup>	Se ha observado que si se tiene un mayor acceso a la educación, se reduce la desigualdad de ingresos, además un mayor nivel de educación reduce las muertes prevenibles. Además, se asocia la educación con una mayor capacidad de respuesta ante la contaminación. <sup>7</sup>
Proporción indígena	Considera población indígena (PI) a todas las personas que forman parte de un hogar indígena, donde el jefe(a) del hogar, su cónyuge y/o alguno de los ascendientes <sup>5</sup>	Las diferencias étnicas pueden influir en la cercanía a fuentes de contaminantes, y los efectos de la contaminación. <sup>11</sup>

REFERENCIAS: 1) CONEVAL "https://www.coneval.org.mx/ Medicion/Paginas/AE\_pobreza\_municipal.aspx", 2) INEGI, "http://www.beta.inegi.org.mx/app/areas\_geograficas/?ag=29#abMCcollapse-Indicadores", 3) CONAPO, "http://www.conapo.gob.mx/swb/CONAPO/Indices\_de\_intensidad\_migratoria\_Mexico-Estados\_Unidos\_2010 "4)Objetivos de desarrollo del milenio "http://www.objetivosdesarrollodelmilenio.org.mx/ Default.aspx? Param =LEF021041.E", 5) CDI, "http://www.cdi.gob.mx/cedulas/index.html", 6) Torres, A.O., Garza, O.L., Abrego, M.V., Bernal, H.M.A. 2001. Contaminación ambiental y salud. Parte 1. Plomo exposición en niños y la importancia de su detección. Ciencia UANL. 4 (1): 76-82, 7) UNESCO. El desarrollo sostenible comienza por la educación. cómo puede contribuir la educación a los objetivos propuestos para después del 2015. fecha de consulta 3/5/18 http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002305/230508s.pdf, 8) Vargas, L. A., Oliveira, Fonseca V.T y Garbois, A.J. 2007. El derecho a la salud y al medio ambiente en tiempos de exclusión social. Revista Latino-Americana de Enfermagem, 15( spe): 850-856, 9) González G.H, Salazar C.J.J y Rodríguez G.R.C. 2012. Contaminación como uno de los determinantes de la migración: Evidencia para México. Economía mexicana. Nueva época, 21(1), 69-92, 10) Cushing, L., Faust, J., August, L. M., Cendak, R., Wieland, W y Alexeeff, G. 2015. Racial/ Ethnic Disparities in Cumulative Environmental Health Impacts in California: Evidence From a Statewide Environmental Justice Screening Tool (CalEnviroScreen 1.1). American Journal of Public Health, 105(11), 2341-2348, 12) Figueroa, P.D. 2005. Acceso a alimentos como factor determinante de la seguridad alimentaria y nutricional y su representación en Brasil. Revista Costarricense de Salud Pública. 14(27): 77-86, 13) Registro civil: por qué es importante contabilizar los nacimientos y las defunciones 2014. fecha de consulta 27/6/18 www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/civil-registration-why-counting-births-and-deaths-is-important, 14) Agua potable salubre y saneamiento básico en pro de la salud. Fecha de consulta 27/6/18 www.who.int/water\_sanitation\_health/mdg1/es/

## CAPÍTULO 2

### INTRODUCCIÓN

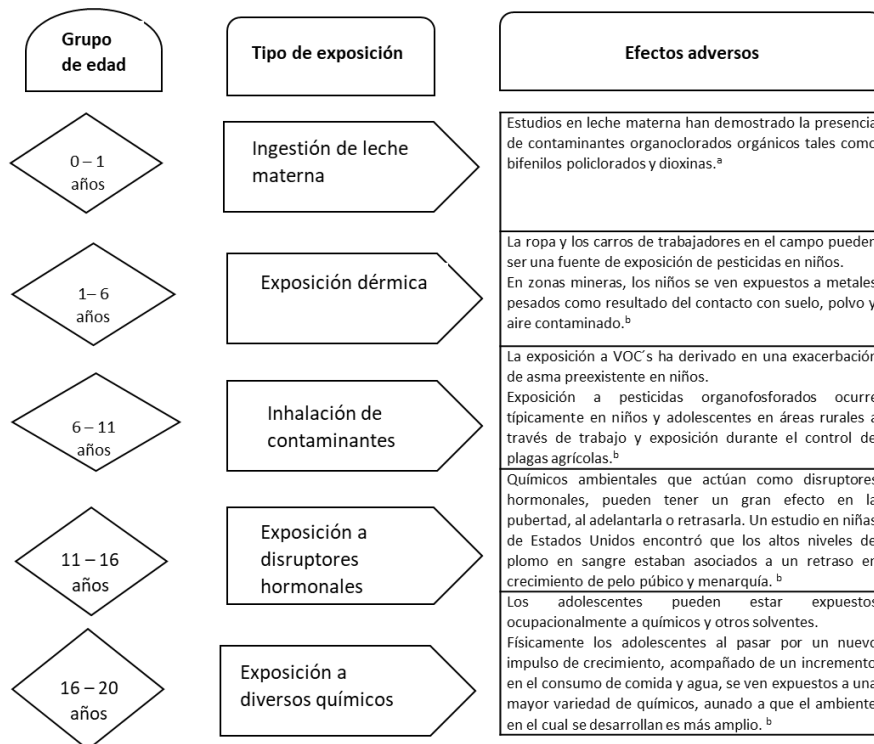
#### Exposiciones fisiológicas

El concepto de exposiciones fisiológicas se refiere a las características biológicas (edad, peso) y estilo de vida (dieta, consumo de tabaco, cafeína, alcohol y otras drogas), que favorecen que un individuo sea más vulnerable a un evento adverso como la exposición a contaminantes ambientales.

El desarrollo humano implica una serie de procesos bioquímicos y físicos que deben estar correctamente coordinados para asegurar el orden en el desarrollo y así asegurar la salud (Wadden y Stunkard, 2002). Existen distintas etapas en el desarrollo, en los cuales el ser humano puede ser sensible a la exposición por contaminación y sus efectos. Entre de estas etapas se encuentran la niñez, la adolescencia y la vejez. Como ya se mencionó la población infantil presenta características importantes, tanto sociales como biológicas, que la hacen más sensible (Ochoa *et al.*, 2018), por lo que debe ser identificada prioritariamente para medir la vulnerabilidad y desarrollar estrategias para enfrentar los efectos adversos de la contaminación.

La penetración de un contaminante en el cuerpo de adultos o niños implica su transporte a través de distintas membranas celulares, en distintos tipos de tejido según la vía de administración. Estos contaminantes pueden llegar al epitelio estratificado de la piel, a las células alveolares de los pulmones, al endotelio vascular o al revestimiento celular del aparato digestivo (Acevedo, 2006; Fig. 8)





Fuentes: <sup>a</sup>Moya, Bearer & Etzel (2008), <sup>b</sup>Louis, G (2006)

**Figura 8.** Efectos adversos a distintos tipos de exposición por cada grupo de edad

La exposición a estos contaminantes puede provenir de atmósfera, agua o suelo. En lo referente a la exposición atmosférica, se calcula que cada año mueren 2 millones de niños (<5 años) por infecciones respiratorias que se agravan por la exposición a contaminantes ambientales (Landrigan y Gag, 2005). Se ha observado que los infantes pueden recibir una mayor dosis de contaminantes, ya que sus pulmones se encuentran en constante crecimiento en especial durante el primer año y hasta los ocho años (Tabla 8). Además, pasan más tiempo al aire libre y al tener una tasa metabólica alta, inhalan más contaminantes por kg de peso que los adultos; por ejemplo, para una dosis oral dada de plomo, un niño que gatea absorberá 50 % en comparación con el adulto; que absorberá 5 a 15 %, asimismo los niños poseen mayor superficie cutánea respecto al peso corporal que los adultos, lo que resulta en una absorción cutánea mayor (Zayas y Cabrera ,2007).

En cuanto a la exposición a monóxidos de carbono, se ha observado que los niños poseen una mayor sensibilidad por sus altas tasas metabólicas; cuando el CO llega al sistema sanguíneo, causa un desplazamiento hacia la izquierda de la curva de disociación de oxihemoglobina, lo que da como resultado una reducción en el suministro de oxígeno a los tejidos. En niños, además, los efectos relacionados con la contaminación atmosférica incluyen

desde problemas respiratorios leves hasta un aumento en la incidencia del asma (Delfino, 2004; Etzel y Balakrishnan, 2005).

Otro factor fisiológico que incrementa el riesgo por exposición a contaminantes en niños es el desarrollo de la barrera hematoencefálica. En los adultos, los contaminantes no penetran tan fácil por esta barrera, mientras que en los niños aún no está completamente desarrollada, así que compuestos como el plomo inorgánico. Por ejemplo, puede ser absorbidos en una mayor concentración por vía gastrointestinal y a través de la barrera hematoencefálica permeable, lo que hace que los niños sean especialmente susceptibles a la exposición al plomo y al daño cerebral posterior causado por éste (Järup, 2006).

El aumento en los niveles de  $PM_{2.5}$  en niños se ha asociado con síntomas de sibilancias y los ataques de asma. Un estudio realizado por Dunea *et al.* (2006), en Rumania, vinculó positivamente las concentraciones de material particulado con un diámetro aerodinámico por debajo de  $2,5 \mu m$  ( $PM_{2.5}$ ) y a los metales pesados, con la aparición de sibilancias y hospitalizaciones en 111 niños que viven cerca de plantas metalúrgicas. Para el caso específico de Puebla y Tlaxcala, no se han realizado análisis concretos de los efectos en la población por la exposición a la mala calidad del aire en poblaciones infantiles o adultas. Sin embargo, se calculó que el gasto en salud derivado de la exposición a contaminantes en la zona metropolitana del valle de Puebla en el 2010 fue mayor a ochocientos millones de pesos (ProAire, 2012).

En cuanto a la exposición a metales pesados, se ha observado una relación entre la exposición a plomo, cadmio y arsénico con la presencia de efectos nefrotóxicos, incluso en concentraciones consideradas como normales (Sabath y Robles- Osorio, 2012).

Por otra parte, en 2016, el Instituto Nacional de Salud Pública, en colaboración con la Coordinación General de Contaminación y Salud Ambiental realizaron una comparación de la mortalidad evitable por la reducción de  $PM_{2.5}$  y  $PM_{10}$ , dividiendo las muertes evitables por causa entre la población incluida en la evaluación de impactos a la salud por cada entidad. Determinando que de reducirse la emisión de  $PM_{2.5}$  se podría evitar entre 36 y 41 muertes al año por causas generales por cada 100 000 habitantes, reduciendo las  $PM_{10}$  (Coordinación General de Contaminación y Salud Ambiental, 2016).

En cuanto a la zona de estudio, si bien son limitados los estudios de calidad del aire, sí existen diversas investigaciones que comprueban la posible toxicidad en las poblaciones humanas que habitan en la rivera del río Atoyac. En el 2006, se analizó la presencia de micronúcleos en poblaciones distribuidas a lo largo del río, al evaluarse la sangre de 126 individuos, entre ellos trabajadores industriales y de campo, así como amas de casa o

estudiantes; se encontró daño genotóxico distribuido diferencialmente en las poblaciones, con las poblaciones con mayor cercanía al cauce del río Atoyac (Montero *et al.*, 2006). Además, existen estudios que evidencian las posibles alteraciones en las células de distintos organismos, entre ellos se encuentra el realizado en 1999 con células meristemáticas de la raíz *Vicia faba*, cuyos resultados indicaron daño genético causado por la exposición a muestras de sedimento y agua del río Atoyac (Romano, 1999). Se observó que las alteraciones cromosómicas en anafase se indujeron en todas las muestras del río Atoyac (Romano, 1999). En 2005, se evaluó la genotoxicidad y citotoxicidad de los efluentes de un corredor industrial del Atoyac y de una petroquímica ubicada en el municipio de San Martín Texmelucan sobre linfocitos humanos, los resultados mostraron que la capacidad citotóxica del agua era mayor en la petroquímica que en el corredor industrial (Alárcon, 2005). Posteriormente, en el 2015, se reportó que el agua del río podía inducir teratogenicidad y generar letalidad en peces *Danio rerio* que fueron evaluados mediante la dilución letal 50 (Arellano-Aguilar *et al.*, 2015).

La exposición fisiológica en el modelo de vulnerabilidad se ha evaluado por medio de la colecta de muestras biológicas, en particular utilizando muestras de orina, ya que es un método fácil de coleccionar y no invasivo, por lo que facilita la participación voluntaria (Tirado *et al.*, 2015). También se ha utilizado como biomarcador de exposición a metales pesados (en el que se valora la dosis interna, determinando el agente o subproductos de biotransformación) y de efecto (donde se evalúa un parámetro biológico que refleja la interacción del químico con los receptores biológicos) (Pegenaute, 2016; Ramírez, 2006).

En este capítulo se analizó a las poblaciones infantiles, con el siguiente objetivo: **recabar información respecto a síntomas de enfermedades y condiciones ambientales que inciden en la sensibilidad fisiológica de la población infantil. Además, determinar la presencia de metales pesados en orina, como indicador de exposición a contaminantes ambientales y evaluar particularmente los niveles de arsénico (As), plomo (Pb) y platino (Pt) en la población infantil que habita cerca del cauce del río Atoyac.**

## MÉTODO

La toma de muestras se desarrolló en cuatro municipios: Coronango, San Martín Texmelucan, Nativitas y Papalotla de Xicoténcatl.

Los tres primeros municipios pertenecientes al estado de Puebla y los últimos dos al estado de Tlaxcala, en las mismas escuelas y grupos utilizados para el taller sobre nociones

ambientales que se presenta en el capítulo 4 (Coronango escuelas: Miguel Hidalgo y José María Morelos; San Martín Texmelucan escuela: Niños Héroes; Nativitas escuelas: Xicoténcatl y Emiliano Zapata y Papalotla de Xicoténcatl escuelas: Miguel Hidalgo y Francisco Vélez). Durante el primer taller desarrollado con los niños, se les pidió a sus padres que firmaran una carta consentimiento, si es que deseaban que sus hijos participaran donando una muestra de orina; además, como condición previa a la participación, se les pidió que los niños que quisieran ser incluidos en el muestreo de orina no tuvieran enfermedades crónicas y no estuvieran menstruando. Conjuntamente, a los padres que aceptaron se les entregó un frasco recolector estéril de boca ancha de tapa rosca con un instructivo del procedimiento a seguir un día antes a la toma de muestra y se les pidió que entregaran la primera muestra de orina al siguiente día a las 9 am. Las muestras fueron etiquetadas y una vez etiquetadas se obtuvo una sub-muestra de estas (5 ml)) para posteriormente realizar las pruebas de determinación de metales pesados. Las muestras fueron almacenadas en una hielera para su transporte a la Ciudad de México. El análisis general de orina fue realizado por un laboratorio certificado de la Ciudad de México (Laboratorio Xotepingo S.A. de C.V.), mientras que las submuestras de 5ml se enviaron a un laboratorio especializado en el Instituto Politécnico Nacional para su procesamiento y análisis por medio de la técnica ICP-MS.

La información del análisis general de orina (AGO) por cada niño fue comparada con los parámetros de referencia, prestando mayor atención a los parámetros relacionados al daño renal. Asimismo, se calcularon los porcentajes de niños por municipio que presentaban características de inflamación o daño renal (pH alcalino, leucocitos, células epiteliales y cristales de oxalato de calcio).

Por otro lado, se realizó una descripción general de las concentraciones de metales encontradas por municipio (Tabla 8), seleccionando a los metales arsénico, plomo y platino como los principales indicadores de la exposición a metales pesados en la zona de estudio, debido a que son agentes probablemente cancerígenos (plomo y platino) y cancerígeno (arsénico) que provienen de fuentes relacionadas con la quema de carbón y la actividad humana (Carabantes y de Fernicola, 2003). La información de la cantidad de metales pesados encontrados por muestra se contrastó con la cantidad de creatinina<sup>6</sup> (encontrada a partir del análisis general de orina por muestra) a través de la siguiente fórmula: (Harvey *et al.*, 1974; Cortes *et al.*, 2004):

---

<sup>6</sup> Debido a que es una muestra puntual de orina en un tiempo menor a 24 horas, es necesario dividir la concentración de arsénico y plomo por la concentración de creatinina presente en la misma muestra para ajustar la concentración de los metales con base en la dilución de la muestra (Oyanedel, 2015).

$$\mu\text{g metal} / \text{g de creatinina} = (\mu\text{g metal} / \text{L de orina}) / (\text{g creatinina} / \text{L de orina})$$

Los resultados de arsénico se contrastaron con el Límite de Exposición Biológico (LEB) en trabajadores expuestos de USA (50µg/gr creatinina) (American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 2001; Cortes *et al.*, 2004). Mientras que los valores de plomo se contrastaron con los valores recomendados para individuos no expuestos para Chile (<50 µg/gr creatinina es la excreción normal de plomo en la población no expuesta), ya que en México no existe una recomendación para análisis de plomo<sup>7</sup> o arsénico en orina (Comisión técnica médica, 2004). Esta información, además, se utilizó para determinar si existían diferencias en la presencia de metales pesados entre los municipios de Coronango, Papalotla y Nativitas, mediante la prueba no paramétrica Kruskal–Wallis (ya que los datos no presentaban una distribución normal), utilizando el software STATA (Stata Corporation, TX). Para este análisis se consideró un valor  $p < 0.05$  como estadísticamente significativo (López, 2013).

La información de los parámetros de orina se complementó con datos de antecedentes médicos personales y familiares de cada niño, en general, por municipio, para observar si existía algún factor que favoreciera la sensibilidad de los niños a presentar efectos derivados de la exposición a contaminantes. Esta información se obtuvo a partir de la aplicación de un cuestionario semiestructurado (ya antes validado por el grupo de toxicología ambiental del Instituto de Biomédicas, UNAM y aprobado por el Comité de Ética del Instituto de Investigaciones Biomédicas), a los padres para evaluar las enfermedades crónicas presentes en su familia, así como los principales padecimientos de sus hijos y sus patrones de alimentación (ANEXO I).

Por último, en este apartado la evaluación de la sensibilidad local, se basó en identificar los municipios que poseían un mayor número de individuos con infecciones renales, una mayor carga de metales pesados y antecedentes de enfermedades crónicas.

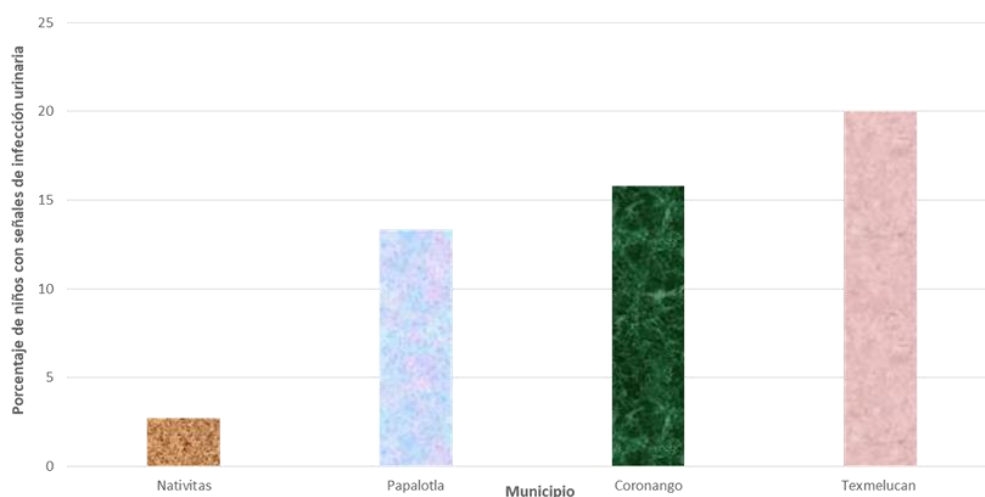
## RESULTADOS

### Estudio general de orina

El municipio en que se observó un mayor porcentaje de niños con señales de infección urinaria (pH alcalino, leucocitos, células epiteliales y cristales de oxalato de calcio) fue San Martín Texmelucan, con 20% de la población seleccionada, seguido por Coronango con el 16% (Fig. 9).

---

<sup>7</sup> Esto se puede deber a que medir el plomo en orina, es una prueba poco indicada ya que puede haber variaciones diuréticas o contaminación en la muestra que interfieran con el resultado, sin embargo, puede dar una idea de la exposición en niños a contaminantes (Caballero, 2008).



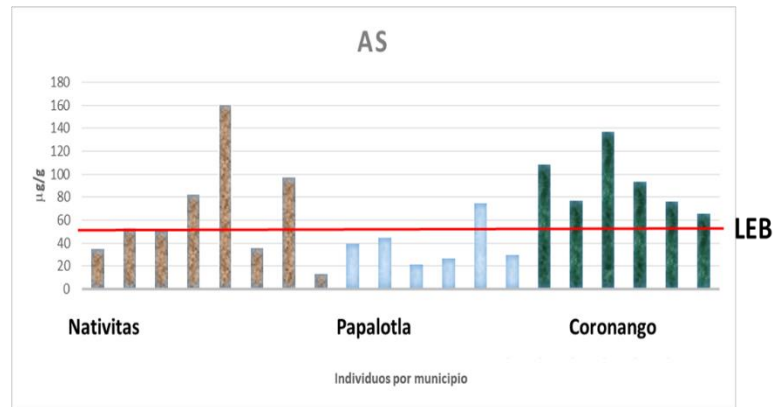
**Figura 9.** Resultados del análisis general de orina por municipio, porcentaje de la población que presenta señales de infección urinaria.

### Determinación de metales pesados

Se evaluaron 12 metales en los niños de cada municipio, se observa una diferencia en las concentraciones de los distintos metales en cada municipio. El elemento que presenta una mayor concentración fue zinc (>700 mg/L) en los municipios evaluados, seguido por litio (>70 mg/L) y arsénico (> 20 mg/L) (Tabla 8). En los siguientes análisis nos centraremos en platino, plomo y arsénico.

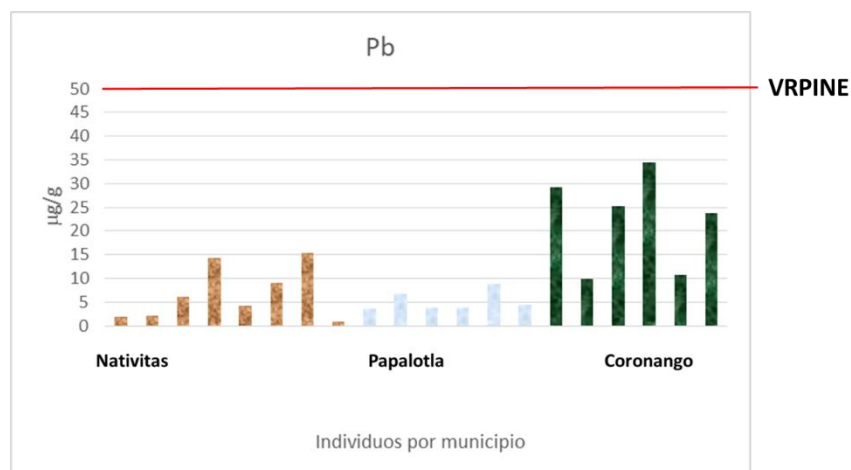
**Tabla 8.** Estadísticos de tendencia central y dispersión de metales evaluados en Nativitas n=8, Papalotla n=6, Coronango n=6

	NATIVITAS				PAPALOTLA				CORONANGO			
	X	S	Máximo	Mínimo	X	S	Máximo	Mínimo	X	S	Máximo	Mínimo
<b>Aluminio</b>	20.74	14.5	3.15	47.66	16.10	22.30	1.96	61.13	18.74	9.02	8.85	30.17
<b>Arsénico</b>	31.07	11.52	19.49	54.88	26.09	4.43	19.96	31.95	25.11	4.56	19.35	33.12
<b>Bismuto</b>	1.14	0.004	1.08	1.19	1.76	0.66	1.20	2.96	1.23	0.13	1.12	1.49
<b>Cobre</b>	24.06	10.55	11.22	44.76	19.99	2.36	16.23	23.31	71.32	119.54	12.93	314.90
<b>Cromo</b>	8.1	2.68	4.15	12.74	10.21	2.91	7.90	15.54	8.20	3.12	5.33	14.02
<b>Estaño</b>	2.33	2.71	0.16	6.40	2.52	3.20	0.16	8.03	2.63	3.36	0.16	9.16
<b>Litio</b>	181.36	141.57	67.04	505.21	91.62	36.74	56.51	156.64	88.81	38.25	48.26	146.80
<b>Níquel</b>	5.29	1.46	3.07	7.83	6.14	2.08	3.57	8.69	5.12	1.36	3.87	7.55
<b>Platino</b>	0.27	0	0.26	0.28	0.32	0.66	0.28	0.43	0.27	0.00	0.27	0.27
<b>Plomo</b>	3.64	3.2	0.63	8.69	3.61	0.77	2.28	4.65	5.90	2.39	2.92	9.70
<b>Vanadio</b>	6.18	1.99	3.7	9.46	5.51	1.90	3.72	8.99	4.51	1.09	2.63	5.81
<b>Zinc</b>	790.60	418.11	88.97	1387.59	828.87	430.28	443.24	1507.97	862.13	436.93	509.26	1650.71



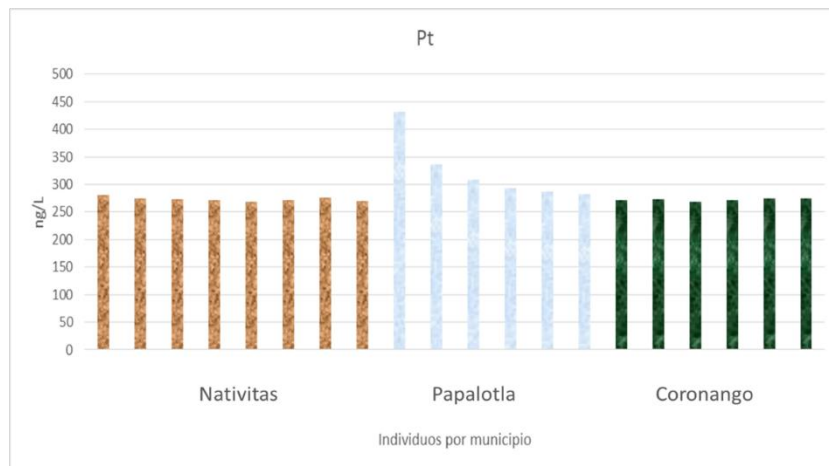
**Figura 10.** Arsénico (As) en individuos de Nativitas, Papalotla y Coronango. La línea roja representa el Límite de Exposición Biológico en trabajadores expuestos de USA (50 µg/g creatinina).

El arsénico superó el LEB en todos los individuos, principalmente en la muestras de Coronango y Nativitas (Fig. 10). En cuanto al plomo ningún individuo superó el VRPINE en los municipios evaluados. Mientras que la concentración de platino en orina, no pueden ser comparada con ningún LEB, se observó que el nivel fue elevado en comparación con la concentración encontrada en trabajadores con exposición ocupacional al Pt como dentistas (30 ng/L), enfermeras expuestas a medicamentos con platino (5.3 ng/L) y policías de tráfico (4.45 ng/L) (Ensslin *et al.*, 1994; Lavicoli *et al.*, 2004) (Fig. 11 y 12).



**Figura 11.** Plomo (Pb) en individuos de Nativitas, Papalotla y Coronango por debajo de los valores recomendados para individuos no expuestos.





**Figura 12.** Platino (Pt) presente por individuo en cada municipio

La exposición a arsénico mostró diferencias entre los municipios evaluados siendo Nativitas el que presentó más diferencias entre los demás municipios (Kruskal-Wallis test;  $p < 0.05$ ), manteniéndose los individuos por debajo de LEB. Para los datos de los niveles de plomo, Coronango mostró las mayores diferencias (Kruskal-Wallis test;  $p < 0.05$ ), obteniendo valores superiores de este metal.

En cuanto a Platino, el municipio de Papalotla fue el que presentó una mayor diferencia en las concentraciones de Pt con respecto a Nativitas y Coronango (Kruskal-Wallis test;  $p < 0.05$ ).

Por otro lado, el análisis del cuestionario semiestructurado contestado por los padres de cada niño por municipio permitió identificar algunos factores que pueden contribuir a la sensibilidad fisiológica de los infantes, debido a la presencia de metales pesados en las personas que puede estar relacionado con el tipo de comida que ingieren o la sensibilidad que tienen los individuos por desnutrición que los predispone a la toxicidad de los compuestos. Se observó que todos los padres que respondieron el cuestionario utilizaban agua de la red pública para cocinar los alimentos (Papalotla 75%, Nativitas 60% y San Martín Texmelucan 69% de los encuestados) y de pozos privados (Coronango con un 89% de los encuestados) cercanos a su localidad. Además, los alimentos que se consumen con mayor frecuencia en un mes son: Verduras (68% de los encuestados), seguido por azúcar (12% de los encuestados) y leche (5% de los encuestados) (ANEXO).

## DISCUSIÓN

En todos los municipios se encontró que los niveles de As en orina eran elevados y frecuentemente superaron los  $50 \mu\text{g As/g}$  señalados en los Límites de Exposición Biológica de

USA para el As; (ACGIH, 2001; Cortes *et al.*, 2004;). Sin embargo, en el municipio Coronango se encontró que esta elevada exposición fue más homogénea entre los niños evaluados. En este sentido, el municipio de Coronango coincide con las poblaciones identificadas por Zamora (2016) como un elevado riesgo por exposición a contaminantes.

La presencia de arsénico también se ha relacionado con diversos factores ambientales como el consumo de pescado (atún enlatado) o de agua contaminada con As. En cuanto a los alimentos ingeridos en los municipios, de 150 padres de familia que respondieron este apartado se identificó a las verduras como el alimento más consumido (68% de la población respondió consumir en mayor cantidad este alimento), seguido por los productos lácteos (5%), mientras que el consumo de pescados y mariscos (2%) fue limitado por lo cual no se podría asegurar que la presencia de arsénico esté relacionada al consumo de pescado.

Respecto a la presencia de arsénico en el agua, para el estado de Puebla se han reportado elevadas concentraciones de As en el agua potable (Mancilla-Villa, 2012). Cabe mencionar que en México se han presentado diversos casos de exposición a arsénico, por ejemplo en las poblaciones Graciano y Mexquitic, localizadas en San Luis Potosí, donde se ha registrado la presencia de As en orina en concentraciones de 69  $\mu\text{g/g}$  de creatinina, y se ha identificado como principal ruta de exposición al aire y suelo, asociada con la presencia de una planta metalúrgica (Díaz- Barriga *et al.*, 1993; Cubillas-Tejeda *et al.*, 2011).

Otros factores de intoxicación por arsénico en personas son el contacto con plaguicidas o la exposición ocupacional en personas que trabajan con madera, vidrio, metal y cerámica (Martínez- Barbeito *et al.* ,2007). En este sentido, Puebla es un estado conocido por la fabricación de talavera y cerámica vidriada; sin embargo, los municipios que concentran esta actividad no son los estudiados en este trabajo, ya que éstos se encuentran localizados en Cholula, Puebla, Amozoc, Atlixco y Chipilo del estado de Puebla y San Pablo del Monte en el estado de Tlaxcala; sin embargo, no se descarta que otro factor sea el consumo de comidas en estos recipientes (Padilla, 2006).

En cuanto al Pb, los niveles se mantuvieron por debajo de las recomendaciones para individuos no expuestos de Chile (Comisión técnica médica, 2004). Cabe mencionar que la presencia de Pb en distintas poblaciones se ha asociado con industrias de tipo metalúrgicas que lo utilizan en procesos de primera y segunda fusión; además, se ha utilizado en la fabricación de acumuladores eléctricos (baterías para automotores), así como en fábricas de pigmentos a base de plomo, además de la utilización de éstos en otros procesos (Cousillas, 2001).

La contaminación del río Atoyac por metales pesados es un problema que se ha reportado con frecuencia, por lo que se ha observado concentraciones superiores a las establecidas en las Normas Nacionales para arsénico y plomo también en sedimento del río y en pozos para uso doméstico, por lo cual el plomo al que se exponen los niños podría venir de estas fuentes (García-Nieto *et al.*, 2010; Inclán *et al.*, 2015; Aburto *et al.*, 2015). Es importante mencionar que una posible fuente adicional de exposición al plomo, es la presencia de ladrilleras artesanales en toda la zona de Coronango, ya que en este tipo de actividad se utiliza como combustible el plástico, neumáticos, basura y aceites usados que liberan a la atmósfera compuestos como furanos, bencenos (sus derivados) y plomo (Shadow y Rodríguez-Shadow, 1992; Sánchez, 2009).

Otro metal de interés en este estudio fue el platino, ya que, si bien no existen límites de exposición para este metal, se ha observado un aumento en su presencia en diversas zonas alrededor del mundo (Ensslin *et al.*, 1994; Lavicoli *et al.*, 2004). En este estudio se observó una elevada concentración en la orina de los infantes, con concentraciones superiores a los 300 ng/L, por lo que se comparó con valores encontrados en poblaciones con exposición ocupacional; se encontró que las concentraciones encontradas superan nueve veces la concentración más alta encontrada en dentistas con una exposición ocupacional de 30 ng/L (Ensslin *et al.*, 1994). Carolia *et al.*, (2001) evaluaron la exposición a platino en 310 niños en edades de 6 a 10 años en zonas suburbanas y urbanas en Roma, y encontraron concentraciones de hasta 9 ng/L, con variaciones en función del lugar de residencia y el tráfico. En Alemania, un estudio demostró una mayor presencia de platino en niños en edades de 1 a 6 años que consumían productos del supermercado, a diferencia de los niños que consumían productos de huertos y animales criados en áreas cercanas a su localidad (Wittsiepe, 2003).

Entre los factores que pueden influir en la aparición de una enfermedad se encuentran la edad, el género, la alimentación, estilo de vida y antecedentes genéticos (PNUMA ,2003). En este capítulo hemos mencionado la importancia de evaluar a una población de niños en edades de 10 a 13 años, debido a sus características metabólicas y fisiológicas únicas. En el cuestionario (semiestructurado) global aplicado a los padres se les preguntó acerca de los padecimientos más comunes que han presentado sus hijos, se mencionaron infecciones frecuentes (Nativitas = 10%; Papalotla=19%; Coronango=6% y Texmelucan= 7% del porcentaje de encuestados que contesto tener un hijo con este padecimiento), el sangrado nasal (Nativitas = 10%; Papalotla=14%; Coronango=7% y Texmelucan= 0%) y las alergias en la piel (Nativitas = 0%; Papalotla=14%; Coronango=14% y Texmelucan= 23%). Sin embargo, no se observó la presencia de un gran número de individuos con infecciones urinarias en el análisis general de orina. En cuanto a los

antecedentes genéticos en el mismo cuestionario se observó que la mayoría de los abuelos y padres están sanos, seguidos por individuos con padecimientos como presión alta (Abuelos paternos: Nativitas = 14%; Papalotla=12%; Coronango=16% y Texmelucan= 20%, Abuelos maternos: Nativitas = 8%; Papalotla=2%; Coronango=21% y Texmelucan= 11%, Padres: Nativitas = 3%; Papalotla=2%; Coronango=5% y Texmelucan= 0%, Madres: Nativitas = 1%; Papalotla=9%; Coronango=1% y Texmelucan= 7%) y diabetes (Abuelos paternos: Nativitas = 22%; Papalotla=31%; Coronango= 25% y Texmelucan= 13% y Abuelos maternos: Nativitas = 23%; Papalotla=31%; Coronango=26% y Texmelucan= 29%, Padres: Nativitas = 5%; Papalotla=2%; Coronango=5% y Texmelucan= 0%, Madres: Nativitas = 8%; Papalotla=14%; Coronango5% y Texmelucan= 0%) ). Son diversos los autores que han señalado una relación entre el aumento de la contaminación atmosférica y la presencia de diabetes tipo II, ya que la presencia de compuestos orgánicos persistentes en la atmósfera puede llevar a la alteración de los procesos bioquímicos que involucran a la insulina y sus receptores, lo que altera el metabolismo de carbohidratos y grasas, y aumenta la presencia de obesidad y diabetes (Arroyo-Salgado, 2014). Asimismo, se ha observado alteraciones metabólicas como un incremento en el riesgo de padecer diabetes tipo II, obesidad y enfermedades cardiovasculares con la exposición a metales pesados como plomo y arsénico (Schwartz, 2003; Arrebola, 2016).

En general, la evaluación de orina permitió identificar la exposición a As, Pb y Pt. Se tiene registrado que el As puede ser metabolizado, ya que una vez metilada la fracción inorgánica de As en el hígado, la fracción orgánica resultante es menos tóxica (García-Alvarado, 2018). Mientras que el Pb, sólo la fracción orgánica es en parte metabolizada pasando de fosfato plumboso a fosfato plúmbico, que al no ser soluble se acumula en mayor concentración el organismo (Rodríguez *et al*, 2016). En general, la exposición a metales pesados aunada a ciertas condiciones fisiológicas como enfermedades crónicas previas y de estilo de vida como la dieta, puede aumentar la aparición de un efecto adverso en la salud de los infantes. Sin embargo, no quiere decir que las personas que cumplen una adecuada dieta y estilo de vida no presenten efectos relacionados a la exposición, ya que intervienen otros factores fisiológicos. Por ejemplo, se ha observado que existen polimorfismos en genes que codifican para enzimas involucradas en el proceso de absorción, distribución, metabolismo y excreción del arsénico siendo diferente la acción y ritmo de la actividad de la enzimas por cada persona (Pasiva, 2007). Asimismo, se ha reportado una mayor metilación y excreción del arsénico en mujeres que en hombres probablemente asociado a la actividad hormonal (García-Alvarado, 2018).

Ya que existe una mayor exposición a los metales pesados y presencia de infecciones urinarias en Coronango y Papalotla de Xicoténcatl en comparación con el municipio de Nativitas, se les asignó una sensibilidad alta (3). A Nativitas se le asignó una sensibilidad media (2) ya que los niños presentan exposición a los metales pesados pero en menor medida. Mientras que a San Martín Texmelucan no se le asignó un valor de sensibilidad a pesar de ser el municipio con más casos de infecciones urinarias debido a que después del sismo del 19s disminuyó la asistencia de estudiantes en las escuelas de la zona. En cuanto a la presencia de enfermedades crónicas los padres no reportaron la presencia de ninguna enfermedad crónica en la muestra de niños por lo que la sensibilidad fue clasificada como baja.

Una de las limitantes en este trabajo, es no poder proporcionar estimaciones de la exposición diaria individual y la exposición durante semanas, ya que en este sentido diversos autores han señalado a la recolección de muestras de orina de 24 horas como un mejor indicador de exposición diaria individual, debido a que ofrece una reducción en el volumen de la orina y la concentración de analitos (Kissel *et al.*, 2005; Wang *et al.*, 2015). Sin embargo, la recolección de 24 horas puede tener complicaciones al requerir un gran compromiso por parte de los niños y los padres en la toma de muestras, que normalmente no es asumido, generando el incumplimiento en los protocolos y por lo tanto sesgos en la medición (Adgate *et al.*, 2000; Scher *et al.*, 2007). En cambio, en un estudio realizado por Hinwood y colaboradores, se refieren a la primera muestra del día como un buen sustituto para el estudio de 24 horas para medir la exposición a corto plazo de arsénico (Hinwood *et al.*, 2002). Por esta razón, se recomienda en un futuro hacer un seguimiento de 24 horas para comparar y complementar los resultados de exposición a metales pesados en orina de los niños evaluados o, en su defecto, realizar pruebas de sangre para la interpretación de Pb y As, para ofrecerles un mejor diagnóstico y alternativas para el tratamiento a los niños expuestos. Además, se recomienda generar límites de exposición a metales para la población mexicana en orina para As.

## CAPITULO 3

### INTRODUCCIÓN

#### Nociones del medio ambiente en niños de sexto grado de primaria en la Cuenca Alta del Río Atoyac

En México, se calculaba un promedio de 39.2 millones de niños en edades de 0 a 17 años, que representaban una amplia porción de la población mexicana en 2010 (INEGI, 2010). A pesar de esto, existen muy pocos estudios orientados a la forma en que este sector de la población opina sobre su realidad, en particular, sobre su ambiente. Este conocimiento, es relevante para la planificación de estrategias de educación, prevención de riesgos y para conocer su propia respuesta ante las exposiciones ambientales locales, regionales y globales.

Existen distintos métodos que permiten evaluar las nociones de las poblaciones con respecto al medio ambiente, entre ellos la aplicación de cuestionarios escritos, la utilización de mapas o fotografías y la herramienta del dibujo, entre otros; cada uno con distintas ventajas y desventajas. Diversos estudios plantean que la utilización de dibujos para evaluar la visión ambiental de los niños es una poderosa herramienta, pues permite a los niños sentirse libre de tensiones y disfrutar la actividad.

Por ejemplo, Barraza (1999) evaluó a 741 niños en escuelas primarias de México e Inglaterra, utilizando tres preguntas, a través de las cuales los niños se visualizaron como extraterrestres observando el presente y el futuro de la tierra. La respuesta fue similar en los dos países, en donde los niños reconocieron los problemas ambientales y visualizaron un futuro con un ambiente degradado (Barraza, 1999). Asimismo, en el 2012, Villanen y Jonsson estudiaron las respuestas en los dibujos de 22 niños en Suecia, acerca de cómo será el futuro cuando sean mayores, con lo que obtuvieron respuestas relacionadas con la tecnología, los desastres y la igualdad (Villanen y Jonson, 2012). Además, este tipo de herramientas se han utilizado para evaluar la visión del riesgo en niños, en relación con contaminantes dentro y fuera de los hogares. En un estudio en San Luis Potosí, las preguntas que se utilizaron para medir el riesgo fueron: ¿Qué hay dentro de tu casa que te hace bien y qué hay que te hace mal?, ¿Qué hay fuera de tu casa que te hace bien y qué hay que te hace mal? Los resultados mostraron categorías que prevalecen en la visión de los niños respecto al ambiente, tanto buenas como malas; los autores las agruparon en: sociales, alimentos, elementos tóxicos y ambiente en

general, concluyendo que la herramienta del dibujo les permitió conocer las nociones de los niños en relación con las problemáticas que implican un riesgo para la salud (Torres-Nerio *et al.*, 2010).

Pellier *et al.* (2014) se centraron en niños de 10- a 15 años en 22 aldeas en Indonesia, para entender aspectos relacionados con los bosques y la vida silvestre a través del tiempo. Los dibujos de los niños demostraron una alta riqueza de conocimientos de los problemas presentes y del cambio ambiental futuro, además, señalaron al dibujo como una herramienta artística que puede influir en gran medida en los programas de educación. En Brasil, Germano *et al.* (2005) aportaron una revisión sobre el método de ecología del desarrollo humano de Urie Bronfenbrenner y su aplicación a través de la utilización de dibujos, como herramientas relevantes para construir conocimiento y experiencias, que posteriormente podrían servir para construir individuos sensibles (Germano *et al.*, 2005).

De esta manera en este trabajo planteamos: **evaluar la noción o visión que tienen los niños de la cuenca Alta del río de Atoyac en relación al ambiente, los problemas del ambiente y el futuro del ambiente para observar si existe una deficiencia en el conocimiento ambiental que pudiera afectar la capacidad adaptativa de los niños en el futuro.**

## MÉTODO

Los talleres del ambiente se aplicaron a niños de sexto grado de primaria. Este grupo fue seleccionado con base en la construcción del realismo visual. Es decir, que, a partir de los 10 años, los niños dibujan con su propio punto de vista; además, los dibujos ya presentan detalles característicos de lo que se quiere expresar, mostrando la relación entre elementos presentes en su entorno (Barraza, 1999; Rojas y Marisol, 2012). Se seleccionaron escuelas en cuatro municipios con características rurales-industriales: Coronango (Miguel Hidalgo y José María Morelos), San Martín Texmelucan (Niños Héroe), Nativitas (Xicotécatl y Emiliano Zapata), y Papalotla de Xicotécatl (Miguel Hidalgo y Francisco Vélaz). En cada municipio, se buscaron dos escuelas primarias cercanas a las principales fuentes de contaminación en la cuenca (Industrias y el río Atoyac) (Fig. 4). Para contactar con las escuelas de cada municipio, las asociaciones civiles presentes en cada estado funcionaron como intermediarios (Centro Fray Julián Garcés y la Coordinadora por un Atoyac con vida), gracias a lo cual se obtuvo la autorización con permisos firmados por escrito de los directores de las primarias. Como consecuencia, el criterio de selección se basó en la disponibilidad y apertura de las escuelas hacia el estudio. A cada director se le explicó que el taller iba dirigido a niños de 10-13 años de sexto grado, comentando de manera general la metodología a seguir y el objetivo del proyecto. La muestra de niños por

municipio varió dependiendo del número de alumnos de sexto grado por escuela siendo: Coronango n=120, Nativitas n=80, Papalotla de Xicoténcatl n=80 y San Martín Texmelucan n=30.

El taller se realizó en una sola sesión la cual fue grabada y tuvo duración de una hora por cada escuela (Fig. 13). Al inicio del taller, el director informó quiénes eran los investigadores y de qué universidad provenían. Posteriormente, para romper la tensión entre los niños y el facilitador se les preguntó su nombre y qué profesión les gustaría desempeñar de grandes, así como otras preguntas no relacionadas con el tema del taller (como su comida favorita). Después se discutieron grupalmente las siguientes preguntas que guiaron el taller de nociones ambientales: ¿Qué es el ambiente?, ¿Cuáles son los problemas ambientales? y ¿Cómo te imaginas que será el ambiente dentro de 50 años? Después de la discusión, se les pidió que levantaran la mano los niños que quisieran dibujar, en caso de que nadie se ofreciera, se seleccionó aleatoriamente niños para la elaboración del dibujo grupal de la siguiente manera: se eligieron 10 personas por cada salón y se dividieron en tres subgrupos y cada uno de ellos dibujó en 20 minutos lo que se había comentado en la discusión grupal. Al finalizar la actividad se les dio una plática sobre las acciones grupales e individuales que pueden hacer los niños en su vida diaria y en el futuro, para revertir los problemas ambientales a los que nos enfrentamos en la actualidad.





*Figura 13. Trabajo grupal en las escuelas de la Cuenca Alta del río Atoyac 2017.*

Las preguntas se utilizaron para comprender qué elementos identificaban en el ambiente, los problemas ambientales en el presente y su ambiente futuro para así tratar de entender si existían diferencias en la visión ambiental que poseían los niños de los diferentes municipios.

Para evaluar las tres preguntas contenidas en los dibujos se utilizó la construcción de cuatro categorías adaptadas de la metodología que propuso Cubillas *et al.* (2010), utilizando los mismos elementos presentes en los dibujos de los niños las categorías fueron: 1) natural (Las características bióticas y abiótica de un ecosistema), 2) rural (las características propias de la agricultura o la ganadería), 3) urbano (se caracteriza por un correcto trazado de calles carreteras y avenidas, así como la presencia de edificaciones e industrias), y 4) catástrofes (en esta categoría se encuentran los elementos relacionados a eventos peligrosos de tipo natural o social). La importancia de hacer esta categorización fue para conocer si se identifica lo rural o lo urbano dentro del ambiente o si se observa como un elemento independiente y fuera de él. Así como identificar los elementos que prevalecen en el dibujo, para identificar los principales elementos que los niños asocian con lo natural, los problemas ambientales y con el futuro y observar si existen diferencias entre los elementos identificados por municipio y en la riqueza del conocimiento entre municipios (los criterios para la clasificación se pueden observar en la Fig. 14). Como análisis complementario se generaron nubes de palabras con los elementos presentes en la grabación, para observar si los elementos presentes en la grabación coincidían con los elementos dibujados en el papel bond.

Se utilizó estadística descriptiva para comparar las frecuencias de los elementos seleccionados por cada categoría en relación con cada pregunta y cada escuela. Además, se utilizó la tabla de contingencia, que es una prueba de contraste para evaluar la independencia o dependencia de los caracteres cualitativos; está basado en el estadístico  $\chi^2$  (Ríuz y Wörnberg, 2014). La hipótesis nula que se contrastó fue si existía independencia entre las categorías, respecto a los grupos de cada municipio. Se utilizó el software STATA ver 11. Cabe mencionar que el protocolo de investigación se sometió al Comité de Ética de Instituto de Investigaciones Biomédicas, UNAM y se obtuvieron los permisos, tanto de la Dirección de cada escuela como el consentimiento de los padres de familia.



1. ¿Qué es el ambiente?

2. ¿Cuáles son los problemas ambientales?

3. ¿Cómo te imaginas que será el ambiente dentro de 50 años?

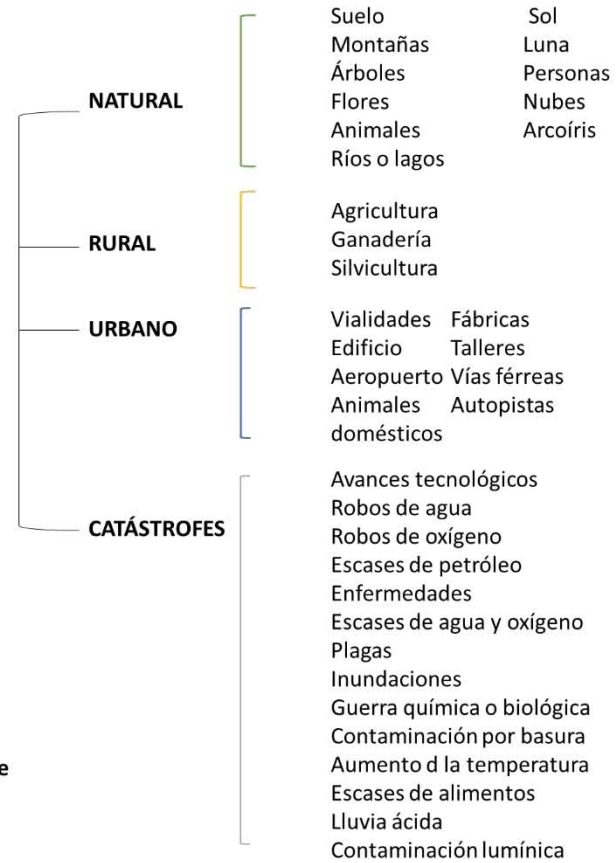
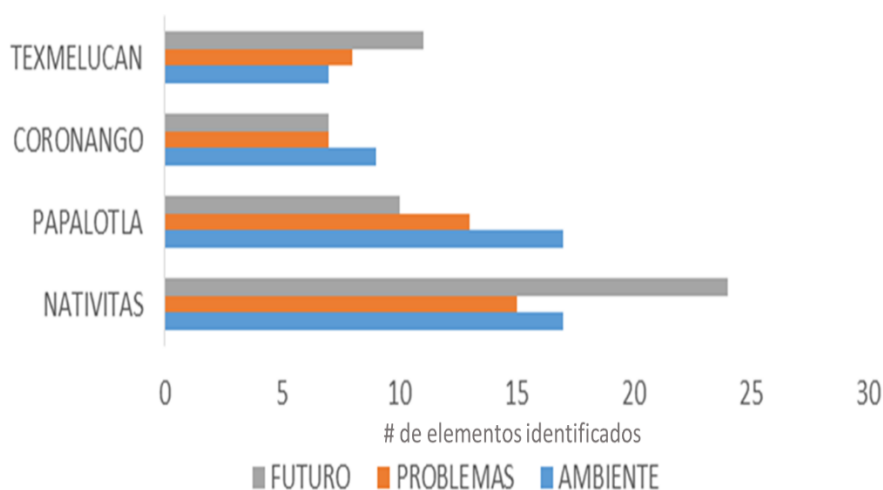


Figura 14. Relación entre preguntas aplicadas en los talleres, categorías y elementos expresadas en los dibujos desarrollados por niños de sexto grado. Elaboración propia con base a los dibujos y la categorización basada en Cubillas et al (2010)

Por último, en este apartado la evaluación de la sensibilidad local, sólo se basó en identificar por medio del análisis de información recolectado, los datos que permitieran afirmar si existe presencia o ausencia de capacidad adaptativa en los municipios (Ferrari, 2012).

## RESULTADOS

Antes, debemos mencionar que en el municipio de San Martín Texmelucan sólo se evaluó una escuela ya que días previos a las fechas del último muestreo ocurrió el sismo del 19 de septiembre de 2017 que afectó el estado Puebla, México, lo que hizo que muchas escuelas cerraran por los daños en infraestructura, además de que disminuyó la cantidad de niños que asistieron a las escuelas que se encontraban abiertas. Por esta razón la cantidad de repeticiones del taller por grupo es menor en San Martín Texmelucan (1 dibujo por grupo) que en los demás municipios donde se realizó una repetición (2 dibujos por grupo de cada escuela), para homogeneizar la información obtenida y que los elementos pudieran ser comparados entre municipios. En consecuencia, solo se incluyeron los elementos que eran diferentes (por ejemplo, diferente especie de flor o diferente tipo de edificación), obteniendo un total de elementos por municipio que pudiera ser comparable entre sí. Como resultado Nativitas (Tlaxcala) fue el municipio en el que se identificaron más elementos del medio ambiente, de problemas y del futuro seguido por Papalotla de Xicotécatl (Tlaxcala) y por último Coronango (Puebla) y Texmelucan (Puebla) (ANEXO II y Fig . 15).

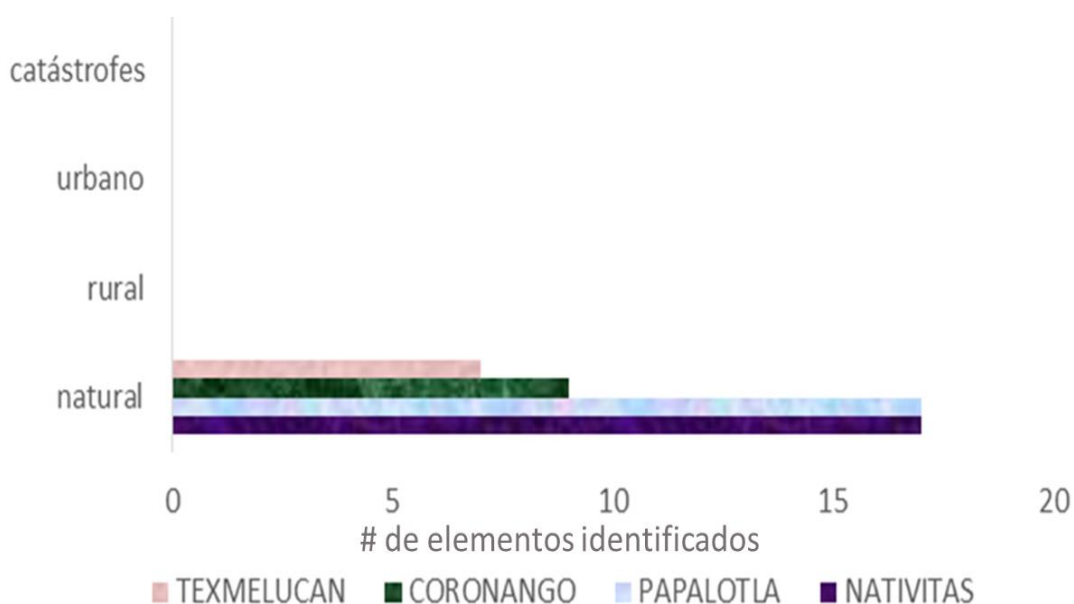


**Figura 15.** Cantidad de elementos identificados por las escuelas de los municipios.

No obstante, al realizar la tabulación cruzada entre categorías y municipios, se observó que para las preguntas ¿Cuáles son los problemas ambientales? ( $\chi^2 = 7.66$ ) y ¿Cómo te

imaginas el futuro dentro de 50 años? ( $\chi^2 = 2.96$ ), no existen diferencias marcadas entre la cantidad de elementos evaluados por categoría en cada municipio. Sin embargo, sí se observaron diferencias en el tipo de elemento identificado por municipio y por pregunta. Por ejemplo, en la pregunta ¿Qué es el ambiente? los niños de los municipios de Nativitas y Papalotla identificaron un mayor número de elementos naturales, mientras que en los grupos de escolares en el municipio de Texmelucan identificaron menos elementos (Fig. 16).

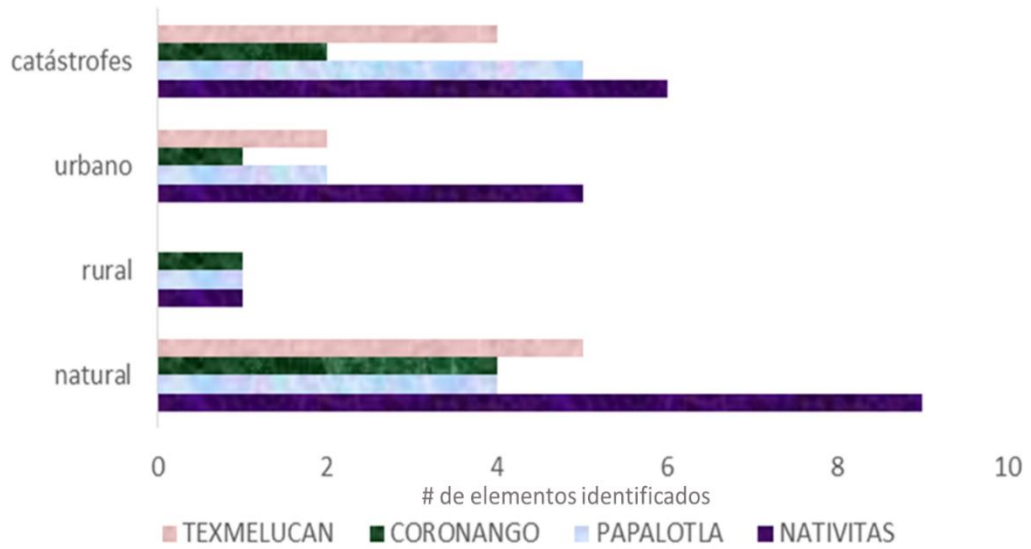
A la pregunta ¿qué es el ambiente?, se contaron los elementos de la categoría natural, urbana, rural y otros por dibujo. En esta pregunta se observó que los niños sólo identifican elementos de lo natural como lo prístino, sin el desarrollo de la sociedad, incluso en la mayoría de los dibujos se representa el humano fuera del ambiente (Fig. 16, ANEXOS).



**Figura 16.** Cantidad de elementos identificados en la pregunta, ¿qué es el ambiente por municipio.

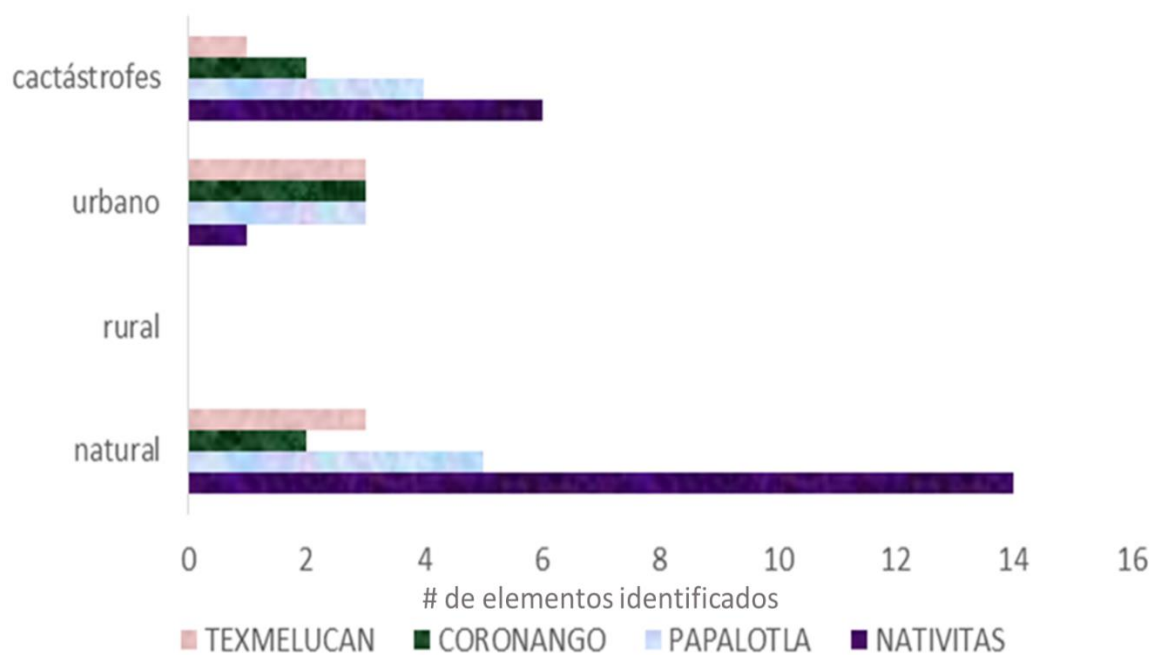
Se observa que en ningún municipio se asocia a lo urbano o rural con el ambiente. Pero sí se asocia con lo natural de cierta forma prístino, sin interferencia humana.

Se identificó una mayor cantidad de elementos en la pregunta ¿cuáles son los problemas de medio ambiente?, en Nativitas dibujaron más elementos seguido por Coronango y Texmelucan. Además, podemos observar que todas las categorías fueron representadas, empezando por lo natural que tiene el mayor número de elementos identificados (donde se identifican factores bióticos como plantas y animales, pero muertas o con algún daño), seguido por las categorías urbano y catástrofes, en estas se identifica la degradación generada por las actividades humanas a los ecosistemas y a la ciudad (Fig. 17).



**Figura 17.** Cantidad de elementos identificados en la pregunta, cuáles son los problemas del ambiente, por municipio. Se observa a Nativitas como el municipio que identifica más problemas ambientales. Lo urbano, las catástrofes generadas por el humano y lo rural ya aparecen en los dibujos.

A la pregunta cómo te imaginas el ambiente dentro de 50 años, vuelven a aparecer los elementos naturales (factores bióticos y abióticos). De la misma forma que aparecían en problemas ambientales, están degradados o en el caso de factores abióticos como la radiación y la lluvia, éstas son más intensas provocando catástrofes, por lo que, en esta pregunta, las catástrofes en el futuro se observan como consecuencia de la contaminación humana y la urbanización. Lo rural ya no aparece como respuesta a la pregunta en ninguno de los municipios (Fig. 18).



**Figura 18.** Cantidad de elementos identificados por categoría en la pregunta, en los dibujos sobre el futuro del ambiente realizados por niños en la Cuenca del río Atoyac ¿cómo te imaginas el ambiente dentro de 50 años?.

## DISCUSIÓN

Los resultados en los talleres realizados proveen importantes detalles sobre la visión o noción que tienen los niños hacia el ambiente, sus problemas y el futuro. Al analizar los dibujos se observó una amplia noción de lo que ocurre con los problemas ambientales en la actualidad en todo el mundo. Lo anterior indica que las experiencias del niño o niña en su día a día y otros factores externos podrían modificar la visión ambiental. Al finalizar la actividad se les preguntó de dónde obtenían más información acerca del medio ambiente, los niños respondieron que la obtenían de las noticias, donde se anunciaban desastres, de los documentales donde observaban la naturaleza, de los libros, de sus padres y maestros que hablaban de los sucesos diarios y el futuro ambiental. Asimismo, se pueden observar diferencias en las ideas sobre los lugares y situaciones similares en los dos estados. Por ejemplo, los niños de los municipios seleccionados en Tlaxcala hablan sobre el río Atoyac como un lugar contaminado por los desechos industriales, la basura y los desechos municipales. Sin embargo, en Coronango (Puebla) la visión es diferente ya que no se posee información acerca del río, a pesar de que también fluye a través de este municipio. Aun así, los niños de las escuelas seleccionadas de Coronango sí tenían una clara idea de la cultura y la agricultura como una parte importante dentro de su “espacio” ya que si bien no se identificaba dentro del ambiente, sí se dibujaron y comentaron que estas se iban perder o degradar en el futuro. Cabe destacar que la falta de

identificación de lo agrícola pueda deberse a que estos municipios están en un proceso de cambio, en el cual las zonas rurales están perdiendo fuerza frente a lo urbano e industrial, un proceso conocido como *nueva ruralidad*, en la cual las actividades agropecuarias ya no son las actividades principales ni forma de vida en la zona (Salas y Rivermar, 2014)<sup>8</sup>. En cuanto a los niños de San Martín Texmelucan (Puebla), un factor inesperado resultó en la modificación de la visión ambiental de los niños integrando al sismo ocurrido un mes atrás como un problema ambiental.

En los elementos identificados para la pregunta de ¿qué es el ambiente? los niños observan en su mayoría animales exóticos, este hecho se puede relacionar con lo que obtienen de los medios de comunicación (documentales, noticias, entre otros) que no necesariamente se enfocan en la biodiversidad local (Castillo, 2009). Esta información contrasta con estudios como el de Barraza y Ceja-Adame (2003), quienes observan que la percepción ambiental en los niños está fuertemente relacionada con el lugar donde viven, o con los Peña-Larios y Gutiérrez-Barba (2017), que tratan de entender cuál es la noción ambiental de los niños de quinto y sexto grado de primaria utilizando como herramienta los dibujos, encontrando que la visión de los niños es naturalista y asociada a su realidad. Asimismo, este lugar prístino sin modificaciones humanas dibujado por los niños de Puebla y Tlaxcala se relaciona con el tipo de visión actual de los ecosistemas y la enseñanza formal en general del estudio de la ecología en el cual el papel del ser humano se considera como un elemento externo que afecta al ecosistema por medio de perturbaciones. Si bien se están iniciando con algunos estudios que intentan incluir las percepciones, necesidades y actividades del hombre dentro del ambiente como una especie más, aún son limitados por lo que es complicado incluirlo en la enseñanza a los niños (Leff *et al.*, 2000).

Las respuestas negativas obtenidas acerca del ambiente en el futuro, muestran desde la visión de los niños un aumento en los problemas presentes en 50 años:

“Ya todo va a estar feo, conociendo todas las fábricas que hay, la contaminación, la tala de árboles, con eso acabaran el mundo”<sup>9</sup>

En los dibujos además se observa un cambio en la actitud de los individuos, mostrando personas felices en la pregunta ¿qué es el ambiente? (En dónde las personas representadas se

---

<sup>8</sup> “La noción de nueva ruralidad deviene de procesos de ocupación de zonas rurales tradicionales por actividades industriales o urbanas”, lo que genera que las poblaciones cambien sus procesos socioeconómicos, sociales y culturales en zonas como Nativitas, siendo un proceso de “desagrarización sin desruralización” (Salas y Gonzáles, 2014).

<sup>9</sup> Frase recuperada de un niño de 12 años presente en el taller de la escuela Emiliano Zapata, Nativitas



encuentran en un sitio prístino), mientras que en las preguntas ¿cuáles son los problemas de ambiente? y ¿cómo te imaginas el futuro dentro de 50 años?, la actitud de las personas dibujadas cambia mostrando una mueca de tristeza o indiferencia e incluso terror.

Aunque en la aplicación de los talleres se intercambiaron las preguntas “Cuáles son los problemas ambientales” y “Cómo te imaginas el futuro dentro de 50 años” para saber si el que se discutiera primero sobre los problemas ambientales influiría sobre la respuesta del futuro, el intercambio de las preguntas no modificó el resultado<sup>10</sup>. En un estudio realizado por Pellier *et al.* (2004) en Borneo Indonesia, se reveló que los niños de 10 a 15 años poseen una visión de un presente y futuro degradado, ya que percibían un futuro con una mayor degradación que el presente, con un aumento en la deforestación. Esta visión se relacionó con la intensa participación de los niños como observadores en las reuniones locales donde se discutían los problemas de degradación de bosques y su posible aumento en el futuro. En nuestro estudio el aumento en la percepción de un futuro catastrófico se puede deber a los comentarios que han escuchado de sus maestros, padres y medios de comunicación, así como por la influencia que tienen los videojuegos sobre los niños, pues en distintos estudios se ha relacionado el aumento en la agresión y normalización de la violencia en niños con la exposición a videojuegos violentos aunado a factores relacionados con problemas intrafamiliares (Hollingdale y Greitemeyer, 2014; Dorantes, 2016; Onwukwe *et al.*, 2017).

Las nubes de elementos obtenidas de las grabaciones del taller, muestran los elementos que se mencionaron en mayor medida y que además corresponden a lo plasmado en los dibujos, por lo cual podemos observar, que para los niños de los municipios seleccionados en la Cuenca Alta del río Atoyac, los elementos principales en el ambiente son: fauna y flora. En cuanto a los problemas ambientales el principal elemento es la basura, seguido por la quema de distintos elementos (árboles, llantas o basura) y por derrames. Mientras que en el futuro los principales elementos son la contaminación y las guerras (ANEXO II).

A pesar de que en este estudio no se exploran a fondo las relaciones entre los discursos que llevan a un niño a tener cierta visión de su ambiente, al preguntarles a los niños qué tipo de videojuegos jugaban refirieron a juegos clasificados por la *Entertainment Software Rating Board*, hasta el 2017, como violentos y futuristas, asimismo al preguntarles de quién obtenían la información de las guerras futuras por el agua señalaban a sus maestros o padres como los informantes principales. Villanen y Jonsson (2013) ayudan a comprender por qué los niños

---

<sup>10</sup> Como nota: en este estudio no se observó una modificación de la respuesta al intercambiar las preguntas pero esta aseveración puede estar limitado metodológicamente

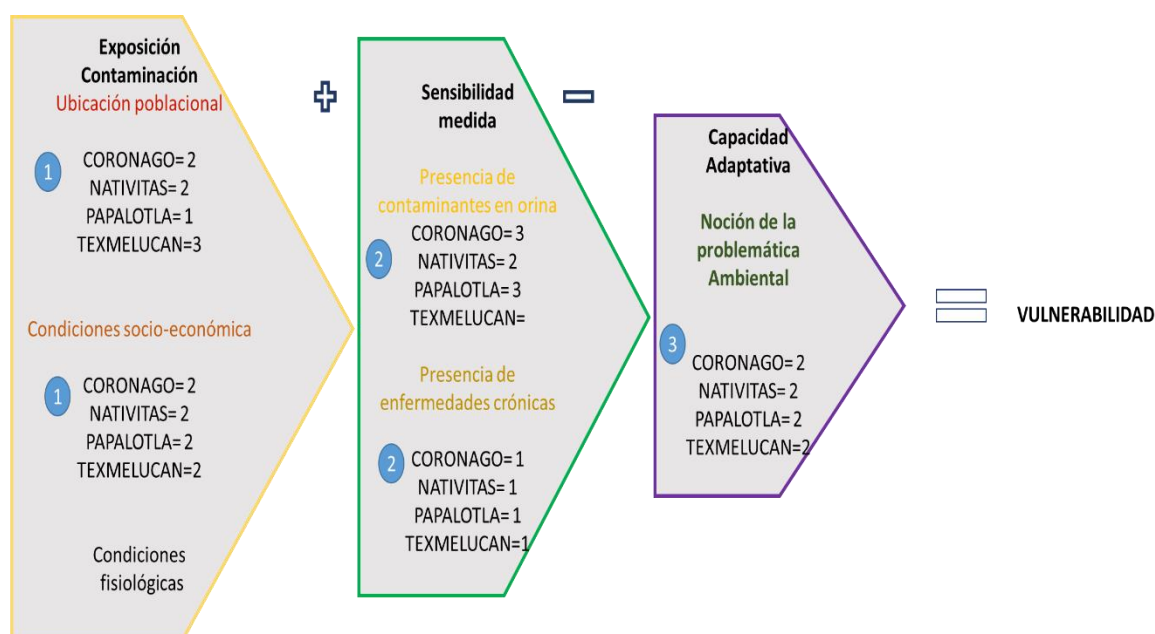
imaginan un futuro degradado; en su estudio tratan de entender las visiones del futuro, ubicando a los niños en un imaginario año 3049, donde los niños ven con mucha lejanía lo que ocurrirá cuando ellos sean mayores, un efecto asociado a la intensa relación con la innovación y tecnología y los alcances futuros de bienestar, además la visión de un mundo deteriorado en la infancia influye en el empoderamiento para hacer algo (impedir el deterioro) en el futuro (Gidley,1998 ;Villanen y Jonsson,2013). Por esta razón, al final de taller se retroalimentó a los niños con una visión positiva de acciones individuales y grupales que podrían cambiar el futuro de un lugar degradado a un lugar con un ambiente sano.

En el análisis de tabla de contingencia  $\chi^2$  se mostró que los cuatro municipios evaluados identifican de manera homogénea la cantidad de elementos dentro de las categorías para cada pregunta, por lo cual no podemos concluir de manera cuantitativa que exista una intensa diferencia en la cantidad o riqueza de elementos identificados entre municipios. Pero, sí podemos observar que en general los niños presentes en los talleres entienden los problemas y sus repercusiones hacia el ambiente en todo el mundo y en algunos casos podemos observar que se identificaron elementos locales particulares como el río Atoyac y el sismo (elementos que podrían tener una conexión con experiencias, medios de comunicación o un sucesos actuales que ha impacto su forma de ver el ambiente). Sin embargo, la limitada visión del ambiente como un lugar prístino sin la intervención humana, o la falta de identificación de más problemas locales en todas las escuelas y la aceptación de un futuro caótico puede ser uno de muchos factores que influirán en su capacidad adaptativa en el futuro. Por lo cual se podría decir que hasta el momento poseen una capacidad adaptativa media (2) con respecto al factor noción ambiental.

Como recomendación para mejorar la capacidad de los niños en la identificación de problemas ambientales locales y el fortalecimiento de su capacidad de empoderamiento, es aplicar un taller basado en un enfoque integral que involucre lo ecológico (donde los niños identifiquen la productividad y biodiversidad de los ecosistemas), lo social (donde aprendan la justa distribución de los bienes ambiental), lo económico (donde aprendan a redefinir las actividades económicas basadas en unidades de producción local), lo histórico (aprendan a identificar qué factores inciden en la degradación de los ecosistemas) y lo político (donde identifiquen los problemas locales y ofrezcan alternativas para su solución), para ayudarlos a sentirse parte del ambiente, y comprender como los procesos socioeconómicos también se encuentran inmersos dentro ambiente y cómo su interacción con los ecosistemas puede beneficiarnos a todos (ecosistemas y sociedades) (Martínez, 2007).

## INTEGRACIÓN DE RESULTADOS

La **figura 19** resume los factores de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa ya descritos en los anteriores capítulos. Se observa que Coronango fue el municipios con una mayor exposición y sensibilidad en respuesta, seguido por Papalotla de Xicoténcatl y Nativitas. En el municipio de San Martín Texmelucan no pudo ser comparada la sensibilidad fisiológica debido al tiempo y tamaño de muestra recolectada para la evaluación de metales. Lo anterior debido al sismo ocurrido el 19 septiembre del año 2017. En cuanto a la “capacidad adaptativa”, los municipios evaluados han mantenido una noción ambiental (presente y futuro) similar (hay que considerar que este resultado es uno de los múltiples factores que intervienen en la capacidad adaptativa de las poblaciones ante una exposición).



- 1 A partir de la descripción regional de las exposiciones se obtuvo un posible valor de sensibilidad de la zona
- 2 Los valores presentados en esta sección se refieren a sensibilidad medida a nivel local
- 3 La noción ambiental como una parte de los múltiples factores que intervienen en la capacidad adaptativa

**Figura 19.** Integración de resultados en el marco de vulnerabilidad. 3= Alta sensibilidad, 2= Media sensibilidad y 1= Sensibilidad baja

En general, la vulnerabilidad en las distintas áreas de la ciencia se observa como un concepto complejo que involucra distintos factores o exposiciones que no pueden ser evaluados en su totalidad (Wisner, 2016). En la cuenca alta del río Atoyac podemos observar que la hipótesis de trabajo se cumplió, los factores de sensibilidad a contaminantes elevan o disminuyen la sensibilidad (y en consecuencia la vulnerabilidad por exposición a contaminantes) en algunos municipios más que en otros. Por lo que de aumentar podría relacionarse con la exposición a contaminantes. En este sentido, de acuerdo con el Sistema de Información

Empresarial Mexicano (SIEM), los municipios con mayores registros de industrias son San Martín Texmelucan con 21 y Coronango con 14 y Papalotla de Xicoténcatl con un registro de 13 industrias lo que coincide con el grado de vulnerabilidad a contaminantes presentado en este trabajo para estos dos municipios. Sin embargo la excepción es Nativitas ya que no posee industrias registradas en el SIEM y presenta un grado de vulnerabilidad similar al de Papalotla de Xicoténcatl. Asimismo, son pocos los estudios que han evaluado la vulnerabilidad de las poblaciones por contaminación ambiental, uno de ellos fue el estudio realizado por Wright y Diab (2011) para Durban, Sudáfrica, en el que se evaluó la vulnerabilidad y la contaminación atmosférica, considerando factores como contaminación atmosférica, conciencia comunitaria, observaciones, percepciones y acciones en zonas periurbanas y urbanas, identificando una mayor vulnerabilidad en las zonas periurbanas donde había una exposición moderada a contaminación. Asimismo, el estudio realizado por Ge *et al.* (2017) en Duban, muestra una vulnerabilidad mayor en las poblaciones periurbanas debido al aumento en la exposición a contaminantes y la elevada susceptibilidad socioeconómica, pudiendo disminuir esta vulnerabilidad con el aumento en el nivel de educación, aumento en los servicios médicos, gestión de agua adecuada y favoreciendo la protección de los ecosistemas.

Si bien en el presente estudio no evaluó la vulnerabilidad infantil del municipio de Puebla, sí podemos mencionar que los cuatro municipios evaluados (Coronango, San Martín Texmelucan, Nativitas y Papalotla de Xicoténcatl) se localizan dentro de la zona conurbada de Puebla-Tlaxcala, y que su capacidad adaptativa podría ser deficiente en algunos de los factores identificados en el análisis socioeconómico como la mortalidad infantil, la tasa migratoria y la proporción de grupos indígenas.

En este sentido, el conocimiento del problema podría afectar la capacidad adaptativa local en el futuro debido a la pobre identificación de estos en la visión ambiental de los niños. Asimismo, Morijero y Muñoz (2002) sugieren considerar las actitudes que las personas tienen frente a un evento o problema (considerando la influencia de ciertas personas importantes para ellos, además de rasgos en la personalidad, variables sociodemográficas, etc.), ya que la valoración positiva o negativa puede influir en la motivación para afrontar el evento.

En cuanto la presencia de metales pesados en las muestras de orina de los niños de la zona de estudio, este indicador se empleó como un parámetro indudable de la situación de exposición a contaminantes ambientales. En este sentido, los resultados de este trabajo coinciden con los resultados de otros estudios que alertan los efectos de la exposición a contaminantes que podrían afectar el desarrollo adecuado de los niños (Nava-Ruíz y Méndez-

Armenta, 2011; Sánchez-Villegas *et al.*, 2014). La contaminación industrial de la cuenca alta del río Atoyac es una preocupación constante porque la población infantil en la zona es una de las más vulnerables y podría estar comprometiendo la salud futura de la población.

## CONCLUSIÓN

El presente estudio permitió identificar la sensibilidad de las poblaciones infantiles evaluadas en la Cuenca Alta del río Atoyac, observando diferencias en la vulnerabilidad a contaminantes entre los grupos seleccionados. Esto es importante debido a que en México son limitados los estudios que permiten evaluar a nivel regional y local los factores o exposiciones que podrían estar incidiendo en la sensibilidad de las poblaciones a un evento determinado, en este caso a la contaminación ambiental.

A nivel regional, se observó una cuenca homogénea con pequeñas variaciones en las respuestas a exposiciones socioeconómicas y de ubicación, que se observa como una sensibilidad media entre los municipios.

A nivel local, la población de niños frente a la exposición de falta de conocimiento presentó una sensibilidad media, ya que, en todas las escuelas seleccionadas los niños poseían una elevada riqueza de conocimientos en cuanto a los elementos del ambiente y sus problemas. Sin embargo, estos elementos eran identificados a nivel global (México o fuera del país), por lo que la falta de conocimientos a nivel local y la falta de una visión ambiental positiva a futuro, puede limitar la capacidad de las comunidades para enfrentar los problemas de su comunidad en un futuro.

A nivel individual, existe una elevada presencia de metales pesados en especial de arsénico que podría en un futuro generar un problema de salud en los niños expuestos si es que se sigue presentando una exposición crónica. Asimismo, la exposición a platino es un problema latente, ya que la presencia de este contaminante en los niños es elevada, pero no existen estudios, ni límites de exposición que comprueben efectos negativos a corto o largo plazos.

En general, los resultados de este estudio muestran que el municipio de Coronango, la población infantil es más vulnerables a la contaminación, con sensibilidad fisiológica infantil elevada (3), sensibilidad media socioeconómica (2) y media geográfica (2) con una capacidad adaptativa media en la noción ambiental. En contraste, el municipio de San Martín Texmelucan fue el menos vulnerable a pesar de mostrar signos que lo podían agrupar en uno de los municipios más vulnerables, ya que contaba con una elevada sensibilidad respecto a exposiciones de ubicación poblacional (3), características socioeconómicas (2) y una capacidad

adaptativa similar a la de Coronango y Nativitas (2). Sin embargo, fueron diversos los factores que influyeron al evaluar este municipio, el principal de ellos el sismo ocurrido el 19 de Septiembre del año 2017, que impidió la adecuada aplicación de talleres de visión ambiental y la toma de muestras de orina, ya que las escuelas se encontraban en malas condiciones o había ausentismo escolar. En consecuencia no se pudo realizar el muestreo y no se contó con toda la información sobre la exposición y sensibilidad fisiológica a contaminantes en este municipio.

## RECOMENDACIONES

Con base en el diagnóstico del presente trabajo, consideramos para disminuir la vulnerabilidad de la población infantil de la zona de estudio se deberían seguir las siguientes recomendaciones:

1. Aumentar la inversión en los sistemas de salud y acceso a servicios en todos los municipios, en especial en las periferias de los principales municipios de Puebla y Tlaxcala para disminuir la sensibilidad socioeconómica y fisiológica de la población de niños.
2. Para reducir la sensibilidad por el bajo conocimiento de la amenaza se recomienda complementar los programas de estudio del ambiente en las primarias, con talleres o actividades extracurriculares que permitan a los niños y niñas reconocer los problemas locales, así como ofrecer posibles soluciones a ellos de esta forma los niños y niñas se reconocerán como parte del ambiente y de la solución de los problemas.
3. Por último, para prevenir la sensibilidad fisiológica a contaminantes en niños en zonas rurales industriales como la Cuenca Alta del Atoyac, en principio se recomienda fortalecer las revisiones médicas periódicas y la aplicación de vacunas para prevenir enfermedades crónicas preexistentes a la exposición que podrían incrementar el efecto de los contaminantes en los niños. En otros niveles se recomienda que se mantengan las evaluaciones periódicas del aire, agua y suelo con el fin mejorar el monitoreo de la contaminación ambiental (y determinar la posible fuente de exposición a metales pesados) y como principal punto a seguir para empresas y gobierno es cumplir la regulación en las emisiones de contaminantes.

## REFERENCIAS

- Aburto-Medina, A., Ortiz, I & Hernández, E. 2017. Prevalence of Enterobacteriaceae and contaminants survey in sediments of the Atoyac River. *Tecnología y ciencias del agua*. 8(3):27-37
- Acevedo, G.J. 2006. Evaluación del Riesgo para la Salud Humana Asociado a la Exposición a BTEX en las Gasolineras de Quito. Universidad San Francisco de Quito
- Adgate J.L., Clayton C.A., Quackenboss J.J., Thomas K.W., Whitmore R.W., & Pellizzari E.D., et al. Measurement of multi-pollutant and multi-pathway exposures in a probability-based sample of children: Practical strategies for effective field studies. *J Expo Anal Environ Epidemiol* 2000: 10(6 Part 2): 650–661
- Aguirre, A & Vela-Peon, F.2012. La mortalidad infantil en Mexico, 2010. *Papeles de poblacion*.. 18(73): 29-44.
- Alarcón, R., Cruz, R., Díaz-Bautista, A., González-König, G., Izquierdo, A., Yrizar, G y Zenteno, R. 2009. La crisis financiera en Estados Unidos y su impacto en la migración mexicana. *Migraciones internacionales*, 5(1) :193-210.
- Almejo R & Hernández A R. La migración interna de la población con estudios superiores en México, 2010-2015. Disponible en: <https://www.gob.mx/conapo/documentos/la-situacion-demografica-de-mexico-2016>
- American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH®) .2001a. Arsenic and Soluble Inorganic Compounds. Documentation of the Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices. 7th Edition, ACGIH®, Cincinnati, Ohio. Copyright 2001. Reprinted with permission.
- Arellano-Aguilar, O., Solís-Ángeles, S., Serrano-García, L., Morales-Sierra, E., Méndez-Serrano, A., & Montero-Montoya, R. (2015). Use of the zebrafish embryo toxicity test for risk assessment purpose: Case study. *Journal of FisheriesSciences. com*, 9(4) : 52.
- Arrebola, J.P. & González B.A.2016. Exposición a contaminantes ambientales por vía alimentaria y repercusiones metabólicas relacionadas con la obesidad. *Nutrición Clínica en Medicina*. 10 (3): 164-174
- Arroyo-Salgado, B y Olivero-Verbel, J.2014.Aspectos epidemiológicos de la diabetes mellitus y su relación con los contaminantes ambientales. *Revista Chilena de Nutrición*. 41(1): 98-109
- Barradas, V.L., Cervantes, J & Balderas, G.2012.UHI analysis in Puebla, Mexico, a high altitude tropical city .Conference: Conference: 8th International Conference on Urban Climate (ICUC 8) and 10th Symposium on the Urban Environment, At Dublin, Ireland, Volume: W16/420
- Bentley, M.L., Ashley, W.S. & Stallins JA. 2010. Climatological radar delineation of urban convection for Atlanta, Georgia. *InternationalJournal of Climatology*. 30: 1589–1594
- Caballero, L.M.2018. Asociación entre niveles de plomo sérico, sintomatología y algunos biomarcadores en trabajadores expuestos. (Trabajo de grado). Universidad Javeriana.

- Calderón-Garcidueñas, L & Torres-Jardón, R. 2012. Air Pollution, Socioeconomic Status, and Children's Cognition in Megacities: The Mexico City Scenario. *Frontiers in Psychology*, 3: 217.
- Carabantes, A. G., & de Fernicola, N. A. 2003. Arsénico en el agua de bebida: un problema de salud pública. *Revista brasileira de ciências farmacêuticas*, 39(4) : 365-372.
- Cárdenas, R. Ó. J. 2010. Cardenalización del índice de marginación: una metodología para evaluar la eficiencia del gasto ejercido en el Ramo 33. *EconoQuantum*, 7(1) : 43-68
- Carolia, S., Alimontia, A., Petruccia, F., Boccaa, B., Krachlerb, M., Forastierec, F., Sacerdote, M.T & Mallonec S. 2001. Assessment of exposure to platinum-group metals in urban children. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*, 56(7):1241-1248
- Castillo, M. S. 2009. Influencia de los Medios de Comunicación en la Educación Actual. Obtenido de EduInnova: [http://www.eduinnova.es/monografias09/medios\\_comunicacion.pdf](http://www.eduinnova.es/monografias09/medios_comunicacion.pdf)
- Centro Nacional de Prevención de Desastres. 2014. Identificación de peligros por almacenamiento de sustancias químicas e industrias de alto riesgo en México. Recuperado de: <http://www.anr.gob.mx/Descargas/Methodologias/Quimico.PDF>
- Chen, X. L., Zhao, H.M., Li, P. X. & Yin, Z. Y. 2006. Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes. *Remote Sensing of Environment*. 104(2): 133-146.
- Clean Air Institute (CAI). 2012. La Calidad del Aire en América Latina: Una Visión Panorámica. EUA, Clean Air Institute. Washington D.C.
- CONAGUA. 2008. Evaluación del Riesgo Sanitario Ambiental de las Zonas Aledañas al Río Atoyac. Comisión Nacional del Agua. Disponible en: <http://www.cofemrmi.gov.mx/mir/uploadtests/17736.66.59.6.Evaluaci%C3%B3n%20de%20Riesgo%20r%C3%ADo%20Atoyac.pdf>
- CONEVAL. 2014. Medición multidimensional de la pobreza en México. *El trimestre económico*. 81 (321): 5-42
- Cortés F & Vargas D. 2010. Marginación en México a través del tiempo: a propósito del índice de Conapo. *Estudios Sociológicos*. 29 (86): 361-387
- Cortez, S., Pino, P., Atalah, E., Silva, C & Jara M. 2004. Exposición a Arsénico Ambiental en niños de Antofagasta, región, Chile. En Sancha A. M. (Ed) Tercer seminario Internacional sobre Evaluación y manejo de fuentes de agua de Bebida contaminadas con Arsénico, Universidad de Chile.
- Cousillas, A.Z. 2001. Evaluación de la exposición al plomo en la población infantil del Uruguay. (tesis doctoral). Montevideo : U de la R-Facultad de Química.
- Cubillas-Tejeda, A .C., Torres-Nerio, R., Díaz-Barriga M, F., Carrizales-Yáñez, L., Coronado-Salas, C., Nieto Caraveo, L. M., Moreno S. A. R y Barraza, L. L. 2011. Diseño y aplicación de un Programa de Comunicación de Riesgos para la salud ambiental infantil en un sitio contaminado con plomo y arsénico. *Ciência & Saúde Coletiva*, 16(10) : 4115-4126
- Cuervo M, M J. 2010. Población, territorio y desigualdad en la zona Puebla-Tlaxcala. *Análisis Económico [en línea]* 20 : [Fecha de consulta: 22 de noviembre de 2018] Disponible en: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41316760004>>



- Delfino, R. J., Gong, H., Linn, W. S., Hu, Y., & Pellizzari, E. D. 2003. Respiratory symptoms and peak expiratory flow in children with asthma in relation to volatile organic compounds in exhaled breath and ambient air. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, 13(5): 348.
- Díaz Barriga, F., Santos, M. A., Mejía, J. D., Batres, L., Yanez, L., Carrizales, L., ... & Cebrián, M. E. 1993. Arsenic and cadmium exposure in children living near a smelter complex in San Luis Potosi, Mexico. *Environmental Research*, 62(2) : 242-250.
- Dunea, D., Iordache, S., Liu, H. Y., Bøhler, T., Pohoata, A., & Radulescu, C. 2016. Quantifying the impact of PM<sub>2.5</sub> and associated heavy metals on respiratory health of children near metallurgical facilities. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(15) : 15395-15406.
- Elkins, H. B., Pagnotto, L. D., & Smith, H. L. 1974. Concentration adjustments in urinalysis. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 35(9) : 559-565.
- Ensslin, A. S., Pethran, A., Schierl, R., & Fruhmann, G. 1994. Urinary platinum in hospital personnel occupationally exposed to platinum-containing antineoplastic drugs. *International archives of occupational and environmental health*, 65(5): 339-342.
- Food and Agriculture Organization of the United States. 2013. *The State of Food Insecurity in the World, 2013: The Multiple Dimensions of Food Security*. Food and Agricultural Organization of the United Nations.
- Frausto Martín del Campo, A. 2017. El rezago educativo total y su atención en México. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (México)*, 47(2).
- García-Alvarado, F.J., Neri-Meléndez, H., Pérez Armendáriz, L, & Rivera G. M. 2018. Polimorfismos del gen arsénico 3 metiltransferasa (As3MT) y la eficiencia urinaria del metabolismo del arsénico en una población del norte de México. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 35(1): 72-76.
- García-Nieto, E., Carrizales-Yañez, L., Juárez-Santacruz, L., García, E.G., Hernández-Acosta, E., Briones-Corona, E y Vázquez-Cuecuecha, O.G. 2010. Plomo y arsénico en la subcuenca del alto Atoyac en Tlaxcala, México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 17(1): 7-17
- Ge, Y., Zhang, H., Dou, W., Chen, W., Liu, N., Wang, Y., Shi, Y & Rao, W. 2017. Mapping Social Vulnerability to Air Pollution: A Case Study of the Yangtze River Delta Region, China. *Sustainability*. 9 (109) :2-15.
- Gidley, J..1998. Prospective youth visions through imaginative education. *The journal of policy, planning and futures studies*
- González D.G. 2007. Influencia de la Volkswagen para la formación de un Sistema Regional de Innovación en el estado de Tlaxcala. *Economía Informa*.345, 65-87
- Grijalbo, L. 2016. Elaboración de inventarios de focos contaminantes. Tutor formación.
- Guadalupe, M. G., Sánchez, H. U. R., Godínez, H. U., Pérez, A., & Arias, S. 2012. Las inversiones térmicas y la contaminación atmosférica en la zona Metropolitana de Guadalajara (México). *Investigaciones geográficas*, (58):9-29.

- Guzmán M.F.G Pérez D.D.R, Galviz J.F.M. & Rodríguez M.L.S. 2017. Método de sumas ponderadas para selección de sistemas energéticos no convencionales. *Prospect*. 15(2):7-12
- Wadden, T. A., & Stunkard, A. J. (Eds.). 2002. *Handbook of obesity treatment*. Guilford Press.
- Hammer, Ø., Harper DAT & Rayan PD. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Paleontología electrónica*. 4 (1) : 9
- Hinwood A.L., Sim M.R., de Klerk N., Drummer O., Gerostamoulos J., & Bastone E.B. 2002. Are 24-h urine samples and creatinine adjustment required for analysis of inorganic arsenic in urine in population studies? *Environ Res*. 88(3): 219–224.
- Hollingdale, J., & Greitemeyer, T. 2014. The effect of online violent video games on levels of aggression. *PLoS one*, 9(11).
- Iavicoli, I., Bocca, B., Petrucci, F., Senofonte, O., Carelli, G., Alimonti, A., & Caroli, S. 2004. Biomonitoring of traffic police officers exposed to airborne platinum. *Occupational and environmental medicine*, 61(7): 636-639.
- INEGI. Guía de conceptos, uso e interpretación de la Estadística sobre la Fuerza Laboral en México. México. 2002.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Vehículos de motor registrados en circulación. Disponible en: [http://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/consulta/general\\_ver4/MDXQueryDatos.asp?#Regreso&c=](http://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/consulta/general_ver4/MDXQueryDatos.asp?#Regreso&c=)
- Järup, L. 2003. Hazards of heavy metal contamination. *Lars British Medical Bulletin*. 68 (1): 167–182
- Jáuregui, E. 2009. The heat spells of Mexico City. *Investigaciones geográficas*. Instituto de Geografía. 70:71-76.
- Jorquera, G.H. 2015. *Introducción a la contaminación atmosférica*. Santiago de Chile. Ediciones Universidad Católica de Chile
- Kissel J.C., Curl C.L., Kedan G., Lu C., Griffith W., & Barr D.B., et al. Comparison of organophosphorus pesticide metabolite levels in single and multiple daily urine samples collected from preschool children in Washington state. *J Expo Anal Environ Epidemiol* 2005; 15(2): 164–171.
- Le Roux, B & Rouanet, H. 2009. *Multiple Correspondence Analysis*. London: Sage
- Longhi, F. 2013. Pobreza y mortalidad infantil: Una aproximación teórica al estudio de sus relaciones. *Andes*. 24(2)
- López S.P.J. 2013. Comparación de más de dos medias independientes mediante pruebas no paramétricas: Prueba de Kruskal-Wallis. *Enfermería del Trabajo*. 3: 166-17
- López-Vargas, R., Méndez-Serrano, A., Albores-Medina, A., Oropeza-Hernández, F., Hernández-Cadena, L., Mercado-Calderón, F., ... & Montero-Montoya, R. 2018. Oxidative stress index is increased in children exposed to industrial discharges and is inversely correlated with metabolite excretion of Voc. *Environmental and molecular mutagenesis*.

- Martínez Castillo, R. 2007. Aspectos políticos de la educación ambiental. Revista Electrónica "Actualidades Investigativas en Educación".7(3).
- Matus, M. & Viga de Alva, M. 2010. Adquisición de conceptos de investigación participativa en niños de primaria de una escuela en la costa yucateca y su aplicación para el cuidado ambiental. Una evaluación cualitativa. Memorias del IX geográficas y el Índice de Sensibilidad Geográfica.
- Massolo, L. A., Müller, A., Herbarth, O., Ronco, A.E & Porta, A.A. 2008. Contaminación atmosférica y salud infantil en áreas urbanas e industriales de La Plata, Argentina. Acta bioquímica clínica latinoamericana, 42(4) : 567-574
- Medina Padilla, Y. I. 2006. Artesanos de la Talavera de Puebla y San Pablo del Monte: Producción Artesanal y Denominación de Origen en el Mercado Global. Tesis Licenciatura. Antropología con área en Antropología Cultural. Departamento de Antropología, Escuela de Ciencias Sociales, Artes y Humanidades, Universidad de las Américas Puebla. Noviembre
- Medina, F., & Galván, M. 2007. Estudios estadísticos y prospectivos. Imputación de datos: Teoría y práctica. División Estadística y proyecciones Económicas Naciones Unidas. CEPAL.
- Montero, R., Serrano, L., Araujo, A., Dávila, V., Ponce, J., Camacho, R., Morales, E & A. Méndez. 2006. Increased cytogenetic damage in a zone in transition from agricultural to industrial use: comprehensive analysis of the micronucleus test in peripheral blood lymphocytes. Mutagenesis. 21 (5): 335–342
- Morales, M. J. C. 2018. Población, territorio y desigualdad en la zona Puebla-Tlaxcala. Revista Análisis Económico, 25(60) : 55-79.
- Morillejo, E. A., Muñoz, C. P., & López, J. J. M. 2002. Percepción de riesgo: una aproximación psicosocial al ámbito laboral. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo 18:16-20.
- Ochoa Nogales, B., Camarena Gómez, B. O., Valenzuela Quintanar, A. I & Silveira Gramont, M. I. 2018. Condiciones socioeconómicas y de salud de grupos de población infantil que residen en localidades rurales de Sonora, México. Estudios sociales (Hermosillo, Son.), 28(51).
- Oke, T.R. 1987. Boundary Layer Climates. London: Routledge.
- Onwukwe, L. C., Njemanze, V. C., Njoku, E., & Obia, W. C. Effects of Violent Video Games and Violent Movies on Aggressive Behaviour of Children in Imo State, Nigeria.
- Organización para la cooperación y el Desarrollo Económico.2013. OCDE Estudio Territorial: Puebla-Tlaxcala, México. Recuperado de: [https://read.oecd-ilibrary.org/urban-rural-and-regional-development/ocde-estudio-territorial-puebla-tlaxcala-mexico-2013\\_9789264208490-es#page3](https://read.oecd-ilibrary.org/urban-rural-and-regional-development/ocde-estudio-territorial-puebla-tlaxcala-mexico-2013_9789264208490-es#page3).
- Oyanedel, N.G.2015. Nota Técnica: Exposición Laboral a Arsénico. Laboratorio de Toxicología Ocupacional Departamento Salud Ocupacional. Instituto de Salud Pública de Chile. Recuperado de:<http://www.ispch.cl/sites/default/files/NotaT%C3%A9cnica%20N%C2%B0%20024%20Exposici%C3%B3n%20Laboral%20a%20Ars%C3%A9nico.pdf>

- Pasiva L.S.2007. Estudio de biomonitorización de una población de trabajadores expuestos al arsénico y caracterización de los posibles factores moduladores del daño genotóxico. (tesis doctoral). Universitat Autònoma de Barcelona.
- Peña-Larios y Gutiérrez-Barba. 2017. La noción de ambiente en niñas y niños de primaria en México: un estudio cualitativo. *Revista de Administração da Unimep*.15(4):205-228
- Pegenaute, E.M., Herrero, H. S., Gonçalves, M.J & Álvarez, V.I. 2016. Biomarcadores de nefrotoxicidad en trabajadores expuestos a cadmio. *Medicina y Seguridad del Trabajo*, 62(244) : 263-281
- Pérez,P.A. 2010. Modelación matemática de la calidad del aire en la zona metropolitana de Puebla. *Revista enlace químico*. Universidad de Guanajuato. 2(9): 7-14
- Quiroga, M.R.2007. Propuesta regional de indicadores complementarios al objetivo de desarrollo del Milenio 7:” Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente”. Naciones Unidas CEPAL. Santiago de Chile.
- Ramírez A. V. 2006. Biomarcadores en monitoreo de exposición a metales pesados en metalurgia. *An Fac Med Lima*, 67(1).
- Rodríguez R. Al., Cuéllar L. L., Maldonado C. G & Suardiaz E. M. E. 2016. Efectos nocivos del plomo para la salud del hombre. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*. 35(3) : 251-271.
- Rodríguez, A. 2018. Análisis comparativo de los perfiles demográficos y socioeconómicos de los migrantes internos e internacionales en México entre 1990 y 2015. *Carta económica regional*. (121): 95-123
- Sabath, E., & Robles-Osorio, M. L. 2012. Medio ambiente y riñón: nefrotoxicidad por metales pesados. *Nefrología (Madrid)*, 32(3) : 279-286.
- Salas H y Gonzáles I F. 2014. Estrategias sociolaborales y económicas de los ejidatarios de Nativitas. En En Salas, H.Q y Rivereman, M.LP (editores). *Nativitas, Tlaxcala la construcción en el tiempo de un territorio rural*. Universidad Nacional Autónoma de México Instituto de Investigaciones Antropológicas
- Salas Quintanal, H., & Rivermar, M. L. 2015. *Nativitas, Tlaxcala. La construcción en el tiempo de un territorio rural*.
- Salas, H.Q & Velasco, P. S. 2014. Los efectos socioambientales de la contaminación del río Atoyac en Nativitas. En Salas, H.Q y Rivereman, M.LP (editores). *Nativitas, Tlaxcala la construcción en el tiempo de un territorio rural*. Universidad Nacional Autónoma de México Instituto de Investigaciones Antropológicas.
- Salas, M. E. N. 1990. La migración a la ciudad de México: un proceso multifacético. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 641-654.
- Sánchez, O.N.H. 2009. Emisiones derivadas de la producción de ladrillo en el Estado de México. (Tesis de pregrado). Instituto Politécnico Nacional. México.
- Sánchez-González, Diego, y Egea-Jiménez, Carmen. 2011. Enfoque de vulnerabilidad social para investigar las desventajas socioambientales: Su aplicación en el estudio de los adultos mayores. *Papeles de población*, 17(69) : 151-185

- Sánchez-Villegas M. del C., Cortés-Vargas A., HidalgoLuna R. G., Alam-Escamilla D. A., Vargas-García V. M. and Loría-Castellanos J. 2014. Niveles de plomo en niños con diagnóstico de trastorno con déficit de atención e hiperactividad. *Rev. Med. Inst. Mex. Seguro Soc.* 52: 20-27
- Sanfeliu, C. B. (Ed.). 2009. Las ciudades medias o intermedias en un mundo globalizado/As cidades médias ou intermédias em num mundo globalizado. Universitat de Lleida. p. 41-69.
- Scher, D. P., Alexander, B. H., Adgate, J. L., Eberly, L.E., Mandel, J.S., Acquavella, F., Bartels, M.J & Brzak, K.A.2006. Agreement of pesticide biomarkers between morning void and 24-h urine samples from farmers and their children, *Journal Of Exposure Science And Environmental Epidemiology* 17:350–357
- Schiller, S., Martin E J & Katzschner L. 2001. Isla de calor, microclima urbano y variables de diseño estudios en Buenos Aires y Río Gallegos. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*.5
- Schwartz, GG., Il'yasova, D & Ivanova, A.2003. Urinary cadmium, impaired fasting glucose, and diabetes in the NHANES III. *Diabetes Care*.26(2):468-70.
- Seinfeld, J. H., & Pandis, S. N. 2012. Atmospheric chemistry and physics: from air pollution to climate change. John Wiley & Sons.
- Shadow, R.D y Rodríguez-Shadow, M.J.1992. Las ladrilleras de Cholula: características demográficas y organización socioeconómica. *Alteridades*. 2(3): 62-77 Wang, Y. X., Feng, W., Zeng, Q., Sun, Y., Wang, P., You, L., ... & Lu, W. Q. (2015). Variability of metal levels in spot, first morning, and 24-hour urine samples over a 3-month period in healthy adult Chinese men. *Environmental health perspectives*, 124(4) :468-476.
- Sistema de Información Empresarial Mexicano (SIEM). Secretaria de Economía. Recuperado de:<https://www.siem.gob.mx/siem/estadisticas/muntamanoPublico.asp?qedo=21&p=1>
- Tafari R, Roggeri M, Chiesa G, Gaspio N, Caminati R. Factores asociados a la mortalidad infantil. Países miembros de la OMS, año 2010. *Revista de Salud Pública*. 2013 Disponible en: [http://www.saludpublica.fcm.unc.edu.ar/sites/default/files/RSP13\\_1\\_05\\_art2.pdf](http://www.saludpublica.fcm.unc.edu.ar/sites/default/files/RSP13_1_05_art2.pdf)
- Taller 13. 2012. Regeneración de la cuenca del Río Atoyac, Puebla, Taller 13 Arquitectura Regenerativa.
- Tirado, LR., González-Martínez, F.D., Martínez, L.J., Wilches, L.A., Celedón-Suárez, J.N. 2015. Niveles de metales pesados en muestras biológicas y su importancia en salud. *Rev Nac Odontol*. 11(21):83-99.
- Wadden, T. A & Stunkard, A. J.2002. Handbook of obesity treatment. Guilford Press.
- Wisner, B.2016. Vulnerability as Concept, Model, Metric, and Tool. *Oxford Research Encyclopedia, Natural Hazard Science*. 1-51
- Wittsiepe, J ., Schrey, P., Wilhelm, M., Begerow, J y Dunemann, L.2003. Dietary intake of platinum and gold by children from Germany using duplicate portion sampling. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. 17(2):117-122

- Wright, C.Y & Diab, R. 2011. Air pollution and vulnerability: solving the puzzle of prioritization. *J Environ Health*. 73(6):56-64.
- Zamora A.M.J. 2016. Evaluación de riesgo por exposición a contaminantes atmosféricos en la cuenca alta del río Atoyac, Puebla, México. (Tesis de Licenciatura) Universidad Nacional Autónoma de México.
- Zayas, R. M y Cabrera, U.C. 2007. Los tóxicos ambientales y su impacto en la salud de los niños. *Revista Cubana de Pediatría*. 79(2)

## ANEXO I

### Padecimientos comunes en niños

Tabla 1. Padecimientos comunes en niños reportados por los padres

41. ¿Alguno de sus hijos padece o padeció?	HIJO NÚMERO
① Asma	
② alergias digestivas	
③ Alergias en la piel	
④ Infecc Frecuentes	
⑤ Anemia	
⑥ Leucemia	
⑦ Púrpura Trombocitopenica	
⑧ Problemas renales	
⑨ Problemas hepáticos	
42.- ¿Alguno de sus hijos presenta o presentó algunos de estos síntomas?	HIJO NÚMERO
① Puntos rojos en la piel	
② Moretones en la piel sin razón	
③ Sangrado nasal o de encías	
④ Fiebre de más de 2 semanas	

NIÑOS	Nativitas	%	Papalotla	%	Coronango	%	San Martín Texmelucan	%
alergias digestivas	0	0	0	0	4	6	0	0
alergias en la piel	0	0	6	14	9	14	3	23
perdida de peso	0	0	1	2	1	1	0	0
sangrado nasal	6	10	6	14	5	7	0	0
puntos rojos	0	0	2	4	2	3	3	23
infecciones frecuentes	6	10	8	19	4	6	1	7
problemas renales	0	0	3	7	0	0	0	0
alergias digestivas	1	1	6	14	0	0	1	7
asma	10	17	0	0	0	0	0	0
problemas renales	1	1	0	0	0	0	1	7

## Enfermedades de padre y abuelos

Tabla 2. Enfermedades reportadas por los padres en abuelos y en ellos

ABUELOS PATERNOS								
	Coronango	%	Papalotla	%	Nativitas	%	San Martín Texmelucan	%
alergias	1	1	0	0	0	0	0	0
cáncer	3	4	2	4	0	0	0	0
derrame cerebral	1	1	0	0	0	0	0	0
diabetes	17	25	15	31	22	31	2	13
enfermedades del corazón	1	1	0	0	1	1	1	6
insuficiencia renal	2	2	1	2	3	4	0	0
nada	31	46	22	46	32	46	9	60
presión alta	11	16	6	12	10	14	3	20
asma	0	0	1	2	1	1	0	0
suma	67		47		69		15	

### SECCIÓN VII. ANTECEDENTES DE ENFERMEDADES CRÓNICAS EN LA FAMILIA

48. ¿Algunos de los padres, o abuelos padecieron o padecen alguna de las siguientes enfermedades?

	Abuelos Paternos	Abuelos Maternos	Padre	Madre
① Diabetes	①	②	③	④
② Presión Alta	①	②	③	④
③ Cáncer	①	②	③	④
④ Enf. del corazón	①	②	③	④
⑤ Insuf Renal	①	②	③	④
⑥ Insuf Hepática	①	②	③	④
⑦ Asma	①	②	③	④
⑧ Alergias	①	②	③	④
⑨ Alguna malformación	①	②	③	④
⑩ Otros				

ABUELOS MATERNOS								
	Coronango	%	Papalotla	%	Nativitas	%	San Martín Texmelucan	%
cáncer	2	2	2	4	1	1	0	0
diabetes	19	26	15	31.25	23	33	5	29
enfermedades del corazón	2	2	0	0	3	4	2	11
insuficiencia renal	4	5	1	2	6	8	0	0
nada	28	39	23	47	30	43	7	41
presión alta	15	21	6	12.5	6	8	2	11
asma	0	0	1	2	0	0	1	5
ulceras gástricas	1	1	0	0	0	0	0	0

PADRES								
	Coronango	%	Papalotla	%	Nativitas	%	San Martín Texmelucan	%
alergias	0	0	0	0	0	0	1	7
cáncer	0	0	1	2	0	0	0	0
diabetes	4	5	1	2	3	5	0	0
nada	59	88	39	92	51	91	12	92
presión alta	4	5	1	2	2	3	0	0

MADRES								
	Coronango	%	Papalotla	%	Nativitas	%	San Martín Texmelucan	%
alergias	0	0	1	2	2	3	1	7
diabetes	4	5	6	14	5	8	0	0
enfermedades del corazón	1	1	0	0	0	0	0	0
nada	56	83	28	66	48	85	10	76
presión alta	1	1	4	9	1	1	1	7
asma	1	1	1	2	1	1	1	7
ulceras gástricas	1	1	0	0	0	0	0	0
malformación	0	0	2	4	0	0	0	0



## Alimentos consumidos en la cuenca y obtención de agua

**Tabla 3. Alimentos más consumidos reportados por los padres**

SECCIÓN IV. SECCIÓN DIETA FAMILIAR
15. Durante una semana típica ¿Qué comidas realizan usted y su familia?
① Desayuno
② Comida
③ Cena
16. ¿Cuántas veces consume su familia al día los siguientes alimentos:
① Productos lácteos
② Carnes rojas
③ Productos fritos
④ Refrescos
⑤ Pollo
⑥ Pescado
⑦ Verduras y frutas
⑧ Alimentos azucarados (pastelitos, dulces, pan, galletas)

Alimentos más consumidos	Frecuencia	%
Verduras	105	68
Azúcar	20	12
Leche	8	5
Carnes	4	2
Pescado	4	2
Pollo	4	2
Refresco	4	2
Fritos	4	2
Fruta	1	0.6

11. ¿Cómo obtiene el agua para su casa?
① Pozo privado
② Red Pública

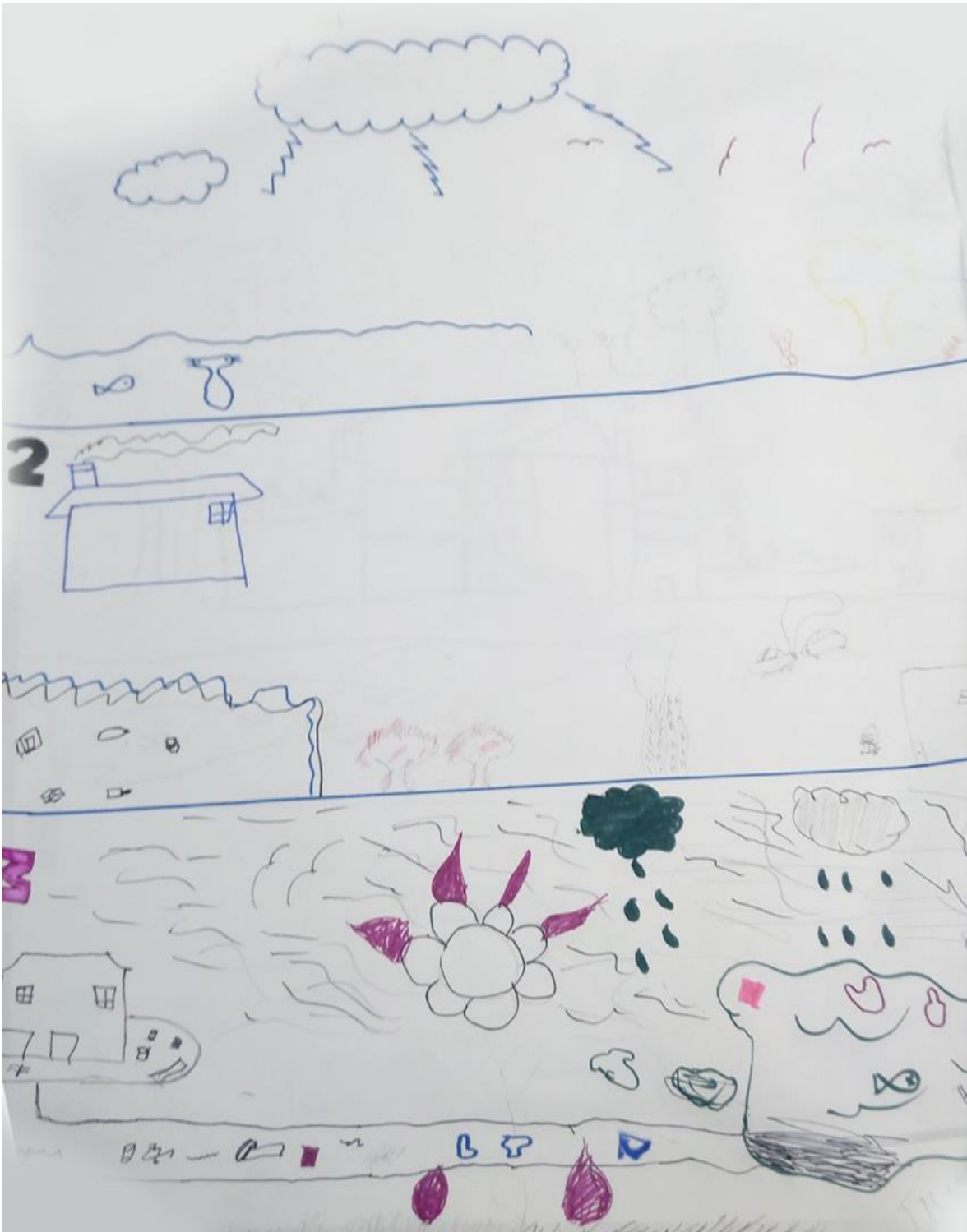
Agua	Frecuencia	%
Pozo privado	74	44
Red pública	92	55

## ANEXO II

### DIBUJOS AMBIENTALES



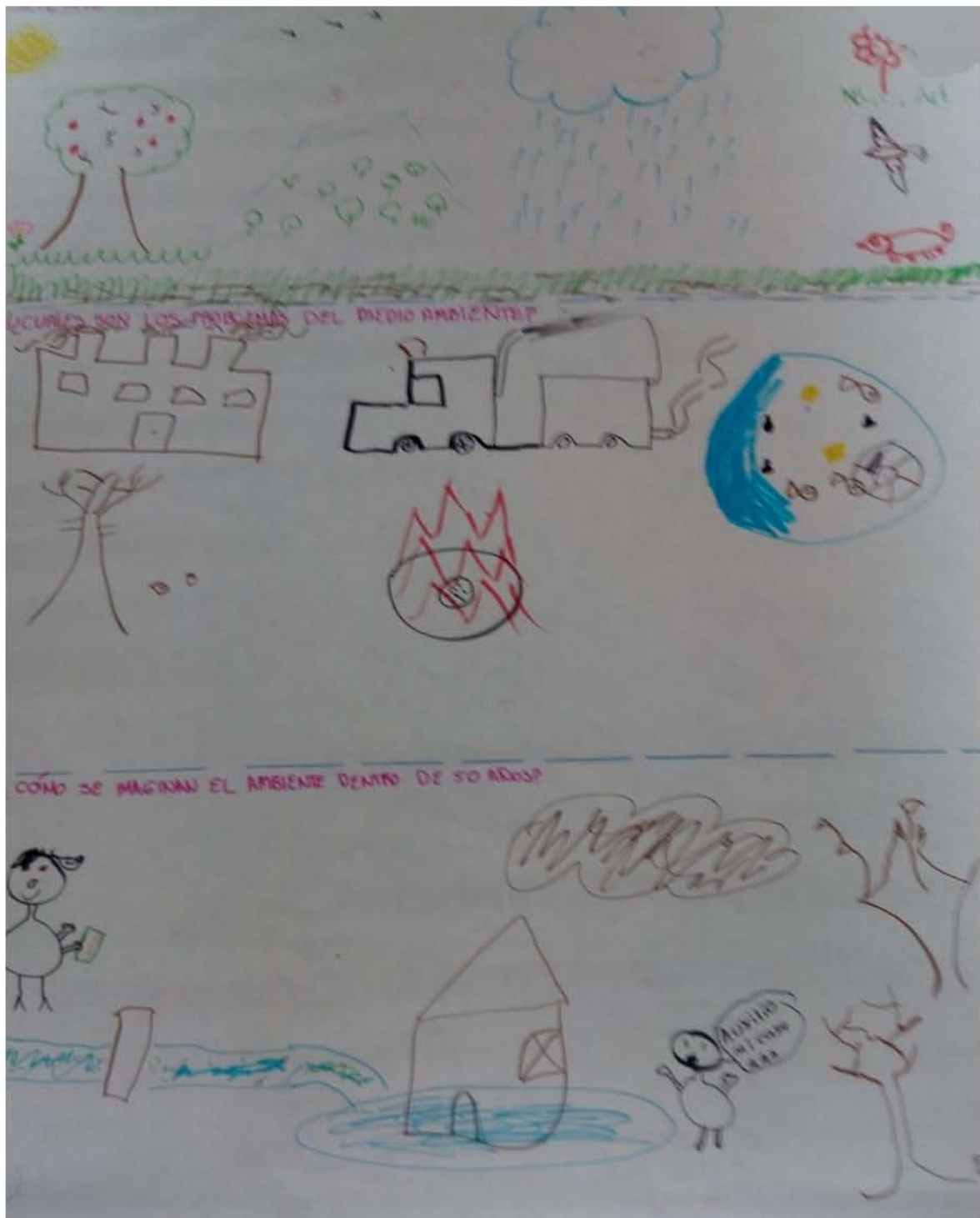
**Figura 1.** Dibujo de la escuela 1 en el municipio de Coronango. La imagen se encuentra dividida en tres, la primera parte se refiere a la pregunta ¿Qué es el ambiente?, la segunda se refiere a ¿Cómo te imaginas el futuro dentro de 50 años? Y ¿Cuáles son los problemas ambientales?



**Figura 2.** Dibujo de la escuela 2 en el municipio de Coronango. La imagen se encuentra dividida en tres, la primera parte se refiere a la pregunta ¿Qué es el ambiente?, la segunda se refiere a ¿Cómo te imaginas el futuro dentro de 50 años? y ¿Cuáles son los problemas ambientales?



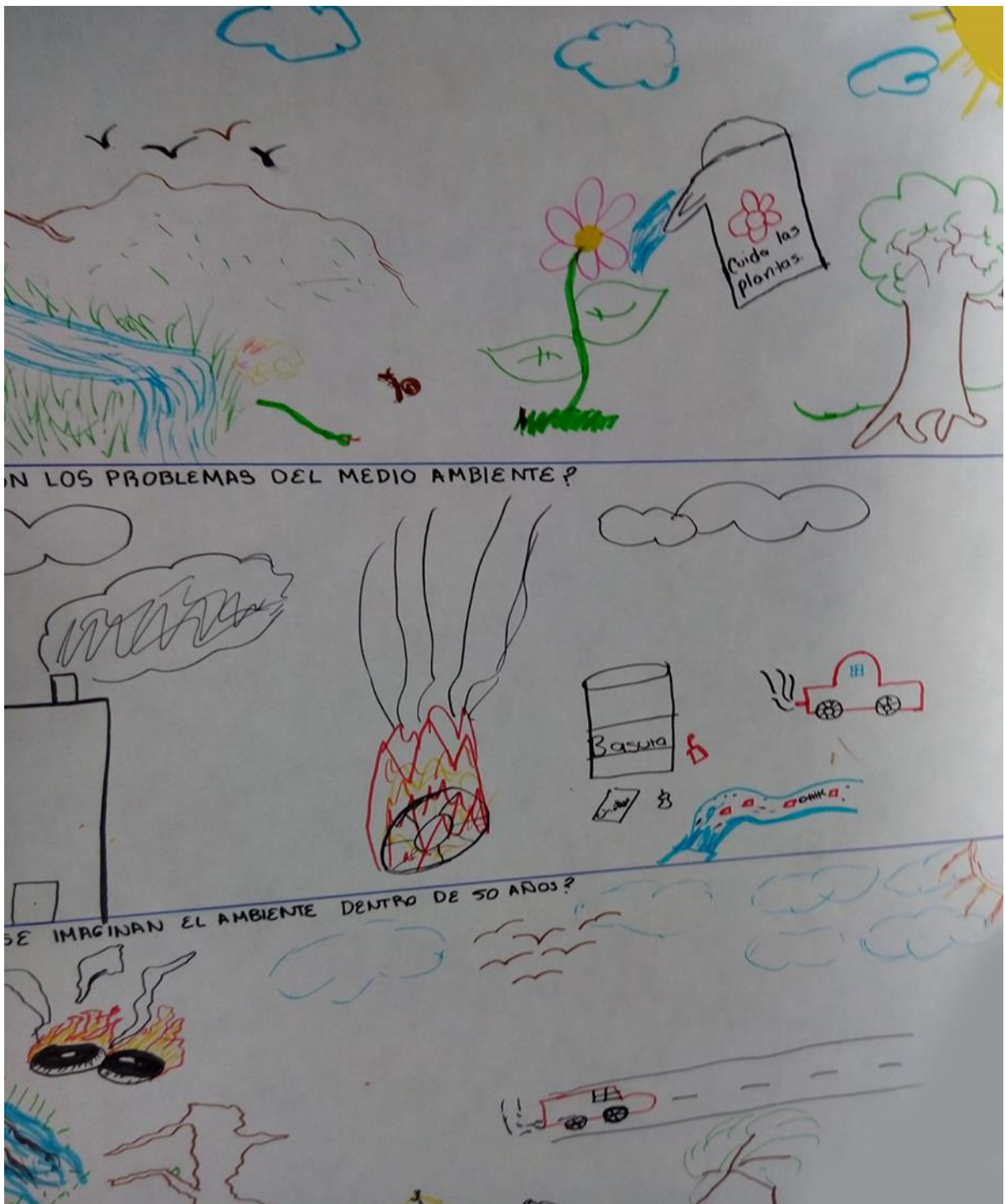
**Figura 3.** Dibujo de la escuela 1 en el municipio de Papalotla. La imagen se encuentra dividida en tres, la primera parte se refiere a la pregunta ¿Qué es el ambiente?, la segunda se refiere a ¿Cuáles son los problemas ambientales? y ¿Cómo te imaginas el futuro dentro de 50 años?



**Figura 4.** Dibujo de la escuela 1 en el municipio de Papalotla. La imagen se encuentra dividida en tres, la primera parte se refiere a la pregunta ¿Qué es el ambiente?, la segunda se refiere a ¿Cuáles son los problemas ambientales? y ¿Cómo te imaginas el futuro dentro de 50 años?



**Figura 5.** Dibujo de la escuela 1 en el municipio de Papalotla. La imagen se encuentra dividida en tres, la primera parte se refiere a la pregunta ¿Qué es el ambiente?, la segunda se refiere a ¿Cuáles son los problemas ambientales? y ¿Cómo te imaginas el futuro dentro de 50 años?



**Figura 6.** Dibujo de la escuela 1 en el municipio de Papalotla. La imagen se encuentra dividida en tres, la primera parte se refiere a la pregunta ¿Qué es el ambiente?, la segunda se refiere a ¿Cuáles son los problemas ambientales? y ¿Cómo te imaginas el futuro dentro de 50 años?



**Figura 7.** Dibujo de la escuela 1 en el municipio de Nativitas. La imagen se encuentra dividida en tres, la primera parte se refiere a la pregunta ¿Qué es el ambiente?, la segunda se refiere a ¿Cuáles son los problemas ambientales? y ¿Cómo te imaginas el futuro dentro de 50 años?





**Figura 8.** Dibujo de la escuela 2 en el municipio de Nativitas. La imagen se encuentra dividida en tres, la primera parte se refiere a la pregunta ¿Qué es el ambiente?, la segunda se refiere a ¿Cuáles son los problemas ambientales? y ¿Cómo te imaginas el futuro dentro de 50 años?



**Figura 9.** Dibujo de la escuela 3 en el municipio de Nativitas. La imagen se encuentra dividida en tres, la primera parte se refiere a la pregunta ¿Qué es el ambiente?, la segunda se refiere a ¿Cuáles son los problemas ambientales? y ¿Cómo te imaginas el futuro dentro de 50 años?



**Figura 10.** Dibujo de la escuela 1 en el municipio de San Martín Texmelucan. La imagen se encuentra dividida en tres, la primera parte se refiere a la pregunta ¿Qué es el ambiente?, la segunda se refiere a ¿Cómo te imaginas el futuro dentro de 50 años? Y ¿Cuáles son los problemas ambientales?

## ELEMENTOS PRESENTES EN LAS GRABACIONES DEL TALLER AMBIENTAL

### Nativitas



**Figura 11.** Elementos identificados en las grabaciones de la pregunta ¿Qué es el ambiente? , en las escuelas seleccionadas de Nativitas



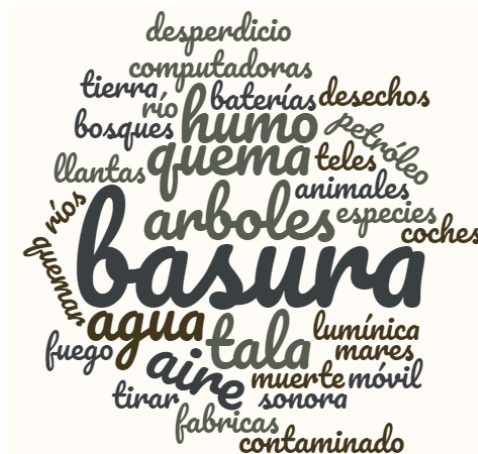
**Figura 12.** Elementos identificados en las grabaciones de la pregunta ¿Cuáles son los problemas ambientales? , en las escuelas seleccionadas de Nativitas



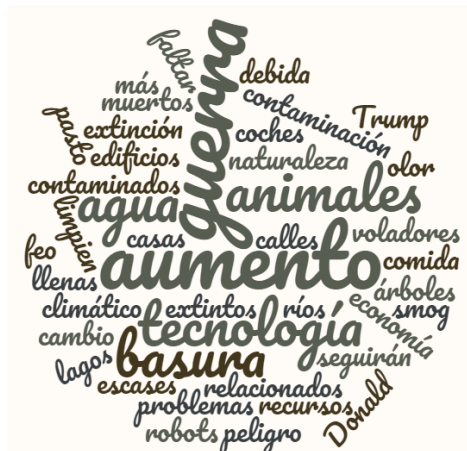
**Figura 13.** Elementos identificados en las grabaciones de la pregunta ¿Cómo te imaginas el futuro dentro de 50 años? , en las escuelas seleccionadas de Nativitas



**Figura 14.** Elementos identificados en las grabaciones de la pregunta ¿Qué es el ambiente? , en las escuelas seleccionadas de Papalotla



**Figura 15.** Elementos identificados en las grabaciones de la pregunta ¿Cuáles son los problemas ambientales? , en las escuelas seleccionadas de Papalotla



**Figura 16.** Elementos identificados en las grabaciones de la pregunta ¿Cómo te imaginas el futuro dentro de 50 años?, en las escuelas seleccionadas de Papalotla



Figura 17. Elementos identificados en las grabaciones de la pregunta ¿Qué es el ambiente? , en las escuelas seleccionadas de San Martín



Figura 18. Elementos identificados en las grabaciones de la pregunta ¿Cuáles son los problemas ambientales? , en las escuelas seleccionadas de San Martín



Figura 19. Elementos identificados en las grabaciones de la pregunta ¿Cómo te imaginas el futuro dentro de 50 años?, en las escuelas seleccionadas de San Martín

Coronango

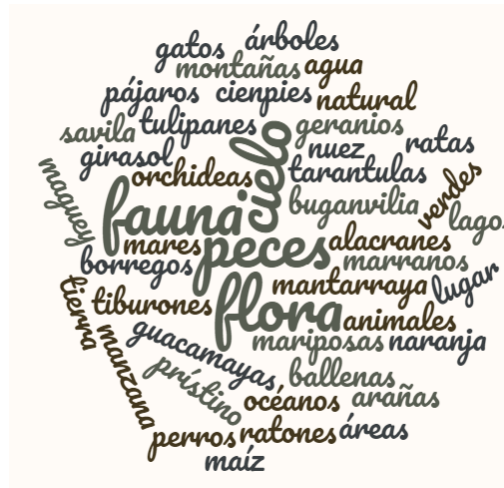


Figura 20. Elementos identificados en las grabaciones de la pregunta ¿Qué es el ambiente? , en las escuelas seleccionadas de Coronango



Figura 21. Elementos identificados en las grabaciones de la pregunta ¿Cuáles son los problemas ambientales? , en las escuelas seleccionadas de Coronango



Figura 22. Elementos identificados en las grabaciones de la pregunta ¿Cómo te imaginas el futuro dentro de 50 años?, en las escuelas seleccionadas de Coronango

