

GESTIÓN DEL RIESGO Y CAMBIO CLIMÁTICO EN AMÉRICA LATINA

Brady Izquierdo
[@bradityn](#)



Revista Latinoamericana de Estudiantes de Geografía

ISSN: 0718-770X · No. 8 · Diciembre de 2021

<http://releg.org/>

Sequías e inundaciones en la Laguna de Metztitlán, Hidalgo: Análisis de factores climáticos, políticos y sociales

Droughts and floods in the Laguna de Metztitlán Hidalgo: Analysis of climatic, political and social factors

Diego Antonio Caballero García

Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México, México

diego_octli@hotmail.com

Recibido: 21/10/20. Aprobado: 06/12/21. Publicado (en línea): 31/12/21.

RESUMEN

La Laguna de Metztitlán ha sufrido dos eventos de sequía severa durante los últimos 30 años, los cuales están asociados con factores climáticos, meteorológicos y humanos, considerando que los actores encargados de promover políticas ambientales y demográficas, son responsables de los impactos causados por eventos relacionados con el cambio climático, incluyendo las afectaciones en actividades económicas como la pesca y la agricultura, así como repercusiones en el ecosistema y en las especies animales que habitan la zona de estudio. Además se expone otra problemática opuesta a la sequía, en relación a las inundaciones violentas que han tenido lugar por el desbordamiento de este mismo cuerpo de agua, con lo cual se podrá ejemplificar que las causas y consecuencias de ambos eventos extremos, no solo están relacionados con factores climáticos globales, sino que también tienen una fuerte influencia antrópica a escala local.

PALABRAS CLAVE: Sequía meteorológica en cuerpos de agua; inundaciones; cambio climático; variabilidad; desastres y amenazas.

ABSTRACT

The Metztitlán Lagoon has suffered two severe drought events during the last 30 years, which are associated with climatic, meteorological and human factors, considering that the actors in charge of promoting environmental and demographic policies are responsible for the impacts caused by events related to climate change, including the effects on economic activities such as fishing and agriculture, as well as repercussions on the ecosystem and on species that inhabit the study area. In addition, another problem opposed to drought is exposed, in relation to the violent floods that have taken place due to the overflow of this same body of water, with which it can be exemplified that the causes and consequences of both extreme events are not only related to global climatic factors, but also have a strong anthropic influence on a local scale.

KEYWORDS: Meteorological drought in bodies of water; floods; climate change; variability; disasters and threats.

INTRODUCCIÓN

Con base en los estudios químicos de los sedimentos depositados en la Laguna de Metztitlán, se pudo reconocer que desde el periodo Epiclásico y Posclásico tardío Mesoamericano, este cuerpo de agua ha disminuido y aumentado de forma periódica durante los lapsos de sequía y humedad (Olivares, 2019, p. 5). La Laguna de Metztitlán pertenece a la región del altiplano central mexicano, donde desde el siglo XVI se han documentado sequías recurrentes a través de las rogativas para la petición de lluvias, las cuales consisten en ceremonias religiosas registradas en los archivos eclesiásticos y civiles (Garza, 2002, p. 108).

Si bien la Laguna de Metztitlán se ubica dentro una región semiárida y por lo tanto es susceptible a las variaciones de los factores climatológicos, se debe considerar que hay actividades e intereses de diversos sec-

tores de la sociedad, que han impactado en este cuerpo de agua, ya sea por su desaparición temporal durante los periodos largos de sequía, así como por los daños causados debido a su desbordamiento en las temporadas intensas de lluvia.

Es importante analizar en conjunto tanto los factores climatológicos como los factores humanos, para poder llevar a cabo un plan que permita mitigar los efectos del cambio climático, tomando en cuenta que en este momento no hay políticas significativas que actúen a favor de la sociedad y el medio ambiente, ante la recurrencia de los fenómenos meteorológicos extremos en la Laguna de Metztitlán.

La desaparición de la laguna implica afectaciones al ecosistema de la zona, ya que esta contribuye a regular la temperatura local y es un refugio para las aves que habitan en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, incluyendo las especies

migratorias (Cárdenas, 2010, p. 92), por otro lado representa una pérdida económica para los pobladores de las comunidades pesqueras de San Cristóbal y Eloxochitlán, quienes han solicitado apoyos económicos al gobierno, ante el quebranto de su fuente de ingresos, por la muerte de miles de peces atrapados en los lodos remanentes de la laguna (Mota, 2020).

Mientras tanto las afectaciones por la recurrencia de inundaciones, tienen en mayor medida un impacto económico, en relación a la desaparición de los cultivos ubicados en “La Vega”, las pérdidas materiales de infraestructura y bienes muebles en las comunidades cercanas a la Laguna, así como el desplazamiento temporal de algunos pobladores.

El objetivo de esta investigación consiste en identificar los factores que incidieron en la desaparición del agua que contenía la Laguna de Metztlán antes de 2020, tomando en consideración las características físicas de dicho cuerpo de agua y la clasificación climática del lugar en el que se encuentra, así como la participación del gobierno y la sociedad ante la problemática que representa la sequía extrema. En cuanto a las inundaciones se identificará la recurrencia de este fenómeno y las características físicas del terreno donde tienen lugar, el cual también ha sido transformado socialmente por la mano del ser humano.

De acuerdo a los periodos cíclicos de sequía e inundaciones ocurridos entre los años de 1998 y 2020 en Metztlán, se realizó un análisis histórico documental a través

de los datos encontrados en publicaciones oficiales, sobre las variaciones climáticas que han tenido incidencia en la disminución de precipitación y el aumento promedio de la temperatura de los últimos años. Así mismo a través de fuentes históricas, se evaluaron las políticas gubernamentales y las acciones tomadas por la sociedad, las cuales son componentes de un esquema político, social y económico, que es decisivo para mitigar o agravar los efectos del cambio climático, en este caso a escala local.

CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

Metztlán se ubica en la parte noreste del Estado de Hidalgo, México, dentro de la Reserva de la Biosfera Barranca del Metztlán. El clima que predomina en la zona de estudio corresponde al semiseco templado con lluvias en verano (BS1kw). La precipitación media anual es de 600 mm y la temperatura media anual se encuentra en los intervalos de 16 a 18 °C (CONANP, 2003b, p. 87). La vegetación natural se caracteriza por el crecimiento de cactáceas en suelos pedregosos que se encuentran en montes y tierras altas a una altura aproximada de 1,300 a 2,000 msnm, mientras que en las tierras bajas que conforman “La Vega de Metztlán” a 1,200 msnm, se practica la agricultura, aprovechando las condiciones de alta fertilidad, debido al depósito de azolve que arrastra el Río Grande de Metztlán en cada creciente o inundación (Cuevas y López, 2014, p. 39), al respecto,

la edafología, tanto de los márgenes de la laguna como del Río Metztitlán, corresponden a suelos fluviosoles que favorecen la fertilidad del suelo (Olivares, 2019, p. 42).

La Laguna de Metztitlán (Fig.1) se encuentra entre los municipios de Metztitlán y Eloxochitlán en la parte norte de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, dentro de las coordenadas $20^{\circ} 41' 39''$ N y $98^{\circ} 53' - 98^{\circ} 49' W$ a una altura de 1,246 msnm (Mendoza et al., 2018, p. 18), cubriendo un área de 2,937.4 ha. Se trata de una cuenca exorreica por represamiento debido al deslave del Cerro el Tajo, que en el Cenozoico bloqueó parcialmente el flujo de agua hacia el norte (Olivares, 2019, p. 36). La laguna desemboca en el río Almolón que más adelante se une a las aguas del Amajac para desembocar en el Moctezuma, que a su vez

es tributario del Pánuco, perteneciente a la vertiente del Golfo de México (Cárdenas, 2010, p 13).

La Laguna recibe agua desde la zona sureste por parte del Río Metztitlán, el cual tiene su origen en el Río Grande de Tulancingo, que posteriormente se convierte en el Río Venados (Cárdenas, 2010, p. 13). El régimen de mayor precipitación en la Laguna corresponde a los meses entre junio y octubre, tomando en cuenta que el sistema montañoso de la Sierra Madre Oriental, con elevaciones entre los 1,800 a los 2,600 msnm, cerca de Molango, concentran el mayor porcentaje de humedad sobre la zona de barlovento con una precipitación media anual de 2,000 mm, provocando que los vientos que traspasan la cadena montañosa desde el mar hacia sotavento, es decir ha-

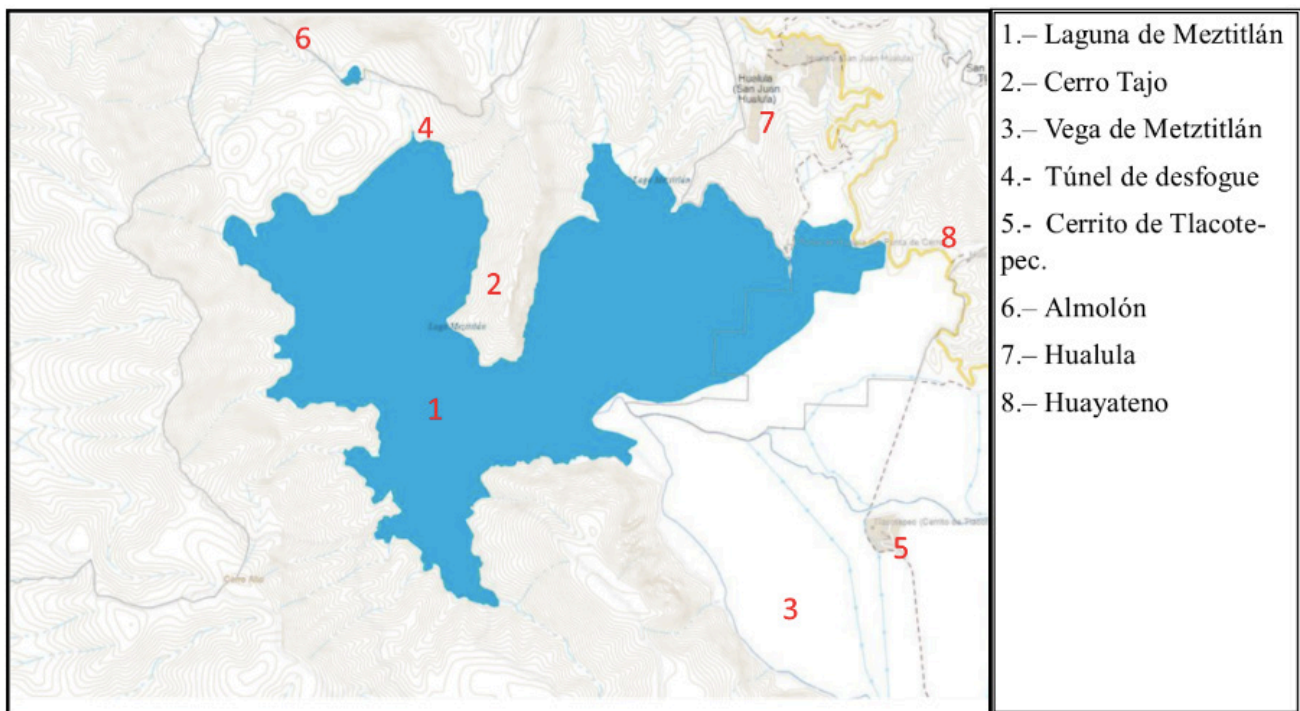


Figura 1. Ubicación de la Laguna de Metztitlán. Elaboración Propia con base en el Mapa Digital INEGI. (INEGI, 2022a).

cia Metztlán, lo hagan con poca humedad, incidiendo en un menor nivel de precipitación en los terrenos bajos (400 mm), lo que contribuye a la presencia de un clima seco y semiseco cálido (BSOHw) con presencia de vegetación propia del matorral xerófilo (Olivares, 2019, p. 37).

El área por donde corre el río Metztlán de sur a norte tiene una permeabilidad baja, constituida por materiales no consolidados compuestos por arenas y gravas, mientras que el área que conecta con el río Metztlán y la laguna tiene permeabilidad media, conformada por materiales no consolidados que incluyen arenas, calizas y materiales volcánicos, los cuales dan lugar a un aluvión susceptible de retener el agua (Olivares, 2019, p. 42).

FACTORES GENERADORES DE LA SEQUÍA

Hay tres posibles factores que provocaron la sequía de la Laguna de Meztlán en 2020, considerando en primer lugar que desde 2016 hasta 2019 el nivel de precipitación disminuyó, el segundo factor se asocia con el aumento de temperatura, tomando en cuenta que 2018 y 2019 fueron los años más calurosos de la última década en la región de estudio (CONAGUA, 2018-2019), además no se descarta el posible exceso de desfogue del represamiento de la laguna a través de los túneles del Cerro el Tajo. Dos de los factores anteriores son de carácter climatológico y el otro se relaciona con

aspectos sociales, los cuales en conjunto pudieron haber acelerado la sequía de la laguna.

De acuerdo con el registro de la estación meteorológica 13077 de Metztlán Hidalgo, de 2015 a 2019 es notable la disminución en los niveles de precipitación en comparación con décadas anteriores, mientras que la evaporación se mantuvo estable, el promedio de temperaturas máximas aumentó gradualmente (Fig. 2). Se verificó que en mayo 2018 Metztlán registró las temperaturas históricas más altas del país durante 2 días consecutivos, llegando a 49 °C (CONAGUA, 2018, p. 23). Cabe mencionar que la evaporación media anual en la Laguna es de 1,788 mm, siendo 4.5 veces mayor a la precipitación media anual de 400 mm (Olivares, 2019, p. 37).

Lo anterior se encuentra asociado a los efectos climatológicos del Niño (ENOS), en el que las oscilaciones de presión atmosférica entre la parte Ecuatorial y occidental del Pacífico Tropical, debilitan los vientos alisios e inclusive los retienen, por lo que hay afectaciones tanto en el océano al elevarse la temperatura de la superficie del mar, como en la atmósfera por la reducción de lluvias (Conde et al., 1998, p. 17).

Al respecto, el fenómeno del Niño involucra las interacciones de la atmósfera y el océano Pacífico tropical, por lo que este fenómeno puede ocurrir debido a fluctuaciones en la actividad solar o en la actividad volcánica terrestre. En el Pacífico tropical, los vientos dominantes cerca de la superficie provienen del este, los cuales se deno-

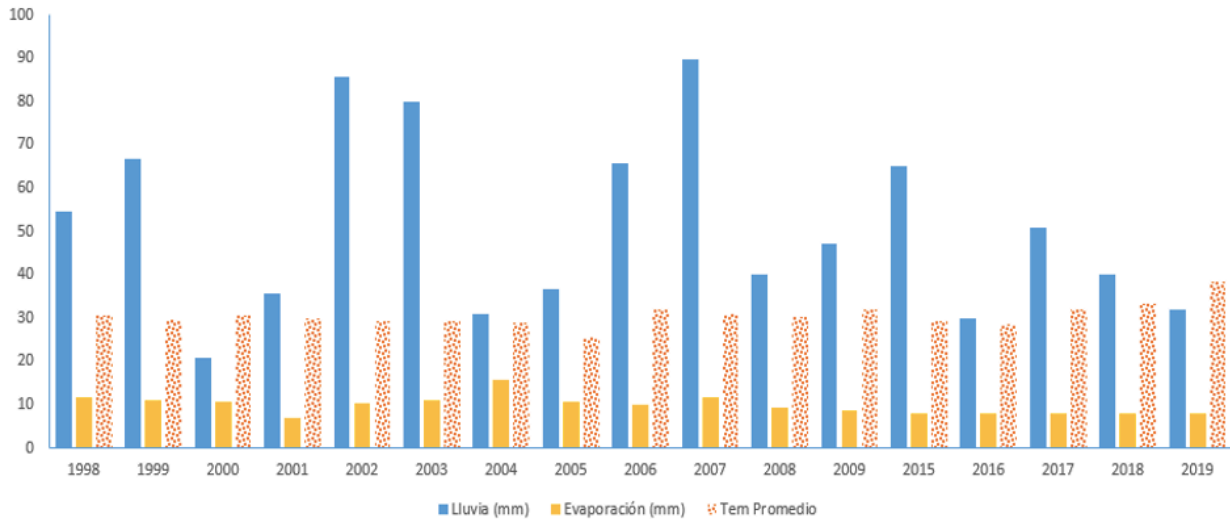


Figura 2. Niveles de precipitación, evaporación y temperatura promedio. Elaboración propia con base a los reportes de la estación meteorológica Metztitlán. (CONAGUA, 2019b).

minan alisios y se caracterizan porque tienden a acumular el agua más caliente hacia el lado oeste, alrededor de la región de Australia e Indonesia. Al elevarse la temperatura de la superficie del mar ($>28\text{ }^{\circ}\text{C}$), el aire es más ligero y forma una atmósfera inestable en la que hay formación de nubes y lluvias intensas en las zonas continentales de Oceanía, mientras que en el Pacífico tropical del este, donde se encuentran las costas de México, es más frío ($< 25\text{ }^{\circ}\text{C}$), lo que inhibe la formación de nubes profundas. En los años en los que aparece el Niño se debilitan los vientos alisios, provocando una mayor concentración de humedad en la región del Pacífico central, pero con formación menor de nubes en las zonas continentales durante el verano (Conde et al., 1998, p 17).

Desde 1950 y hasta 2016 se han presentado 22 fenómenos el Niño: 8 de intensidad débil, 8 de intensidad moderada y 6 de intensidad fuerte, de los cuales en los pe-

riodos 1997-1998 y 2014-2016 han sido los más fuertes (Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, 2016), lo que coincide con la sequía que se suscitó en la Laguna de Metztitlán en 1998 (CONANP, 2003, p. 23) y el inicio del periodo de sequía que culminó con la desecación total de la Laguna en 2020.

A nivel global la temperatura que se registró en 2018, estuvo $0.79\text{ }^{\circ}\text{C}$ por arriba del promedio del siglo XX, considerándose como el cuarto año más cálido desde 1850; en este sentido los tres primeros lugares corresponden a 2016, 2015 y 2017 respectivamente. A inicios de 2018 en el océano Pacífico tropical y ecuatorial comenzó a presentarse un aumento en la temperatura, lo cual fue más notable al finalizar este año (CONAGUA, 2018, p. 4)

En México la temperatura media anual de 2018 fue de $22.2\text{ }^{\circ}\text{C}$, por lo que se clasificó como el tercer año más cálido desde 1953,

el año más cálido en México corresponde a 2015 y el segundo más cálido fue 2017 (CONAGUA, 2018, p. 29). Así mismo a finales de 2018 en las costas del Pacífico mexicano y del Golfo de México las temperaturas aumentaron nuevamente por encima del promedio histórico, con una disminución en el pronóstico de lluvias en la zona centro y sur del país (INIFAP, 2019).

En 2019 la temperatura promedio de toda la superficie terrestre y el mar se encontró 1.42 °C por encima del promedio de temperatura global del siglo XX, por lo que empató con 2015 como el segundo valor más alto desde 1880 (CONAGUA, 2019a, p. 17). En México la temperatura promedio de 2019 fue de 22.4°, por lo que este valor continuo con la tendencia en el incremento de la temperatura media desde 2011 (CONAGUA, 2019a, p. 55).

En Metztitlán a partir de 2018 comenzaron a ser más notables los efectos del fenómeno del Niño, ya que se reportaron temperaturas inusualmente altas desde los 40 °C hasta los 49 °C, durante los meses de marzo, abril, mayo, junio, agosto, octubre y

noviembre. Por su parte 2019 y 2020 continuaron reportando días con temperaturas por arriba de los 35 °C (Fig. 3) (CONAGUA, 2016-2020). Cabe mencionar que a pesar de que 2016 y 2017 fueron el primer y tercer año más calurosos a nivel mundial, en Metztitlán no se registraron temperaturas tan altas como las de 2018, 2019 y 2020 (Fig.3).

Además del Niño también existe su contraparte, la Niña, que corresponde a anomalías negativas en la temperatura superficial del Pacífico tropical del este, provocando eventos climáticos contrarios a los del Niño (Conde et al., 1998, p. 18). Al respecto, la CONANP confirmó que entre los años 1997 y 1998 la Laguna presentó un evento de sequía severo, seguido por inundaciones en 1999 (Olivares, 2019: 81).

Cabe mencionar que los efectos del fenómeno de la Niña en Metztitlán han causado estragos considerables, aunado a las condiciones de escurrimiento en la época de lluvias más intensas de 1944, 1953, 1998 y 1999, las cuales presentaron escurrimientos extremos que coincidieron con la contra-

2018	
Día	T.Max.
11-mar	40 °C
03-abr	44.9 °C
07-abr	44.9 °C
11-abr	40 °C
31-may	49 °C
01-jun	48 °C
01-ago	44 °C
14-oct	41 °C
01-nov	39 °C

2019	
Día	T.Max.
22-ene	38 °C
17-feb	45 °C
20-feb	44 °C
03-mar	46 °C
17-abr	45 °C
22-ago	43 °C
01-oct	40 °C
11-nov	37 °C

2020	
Día	T.Max.
10-ene	35 °C
24-mar	43 °C
22-abr	44 °C
19-may	44 °C
08-jun	44 °C

Figura 3. Registro de las Temperaturas más altas en Meztitlán, Hgo. Elaboración propia con base en los reportes de clima en México. (CONAGUA enero, 2016-agosto 2020).

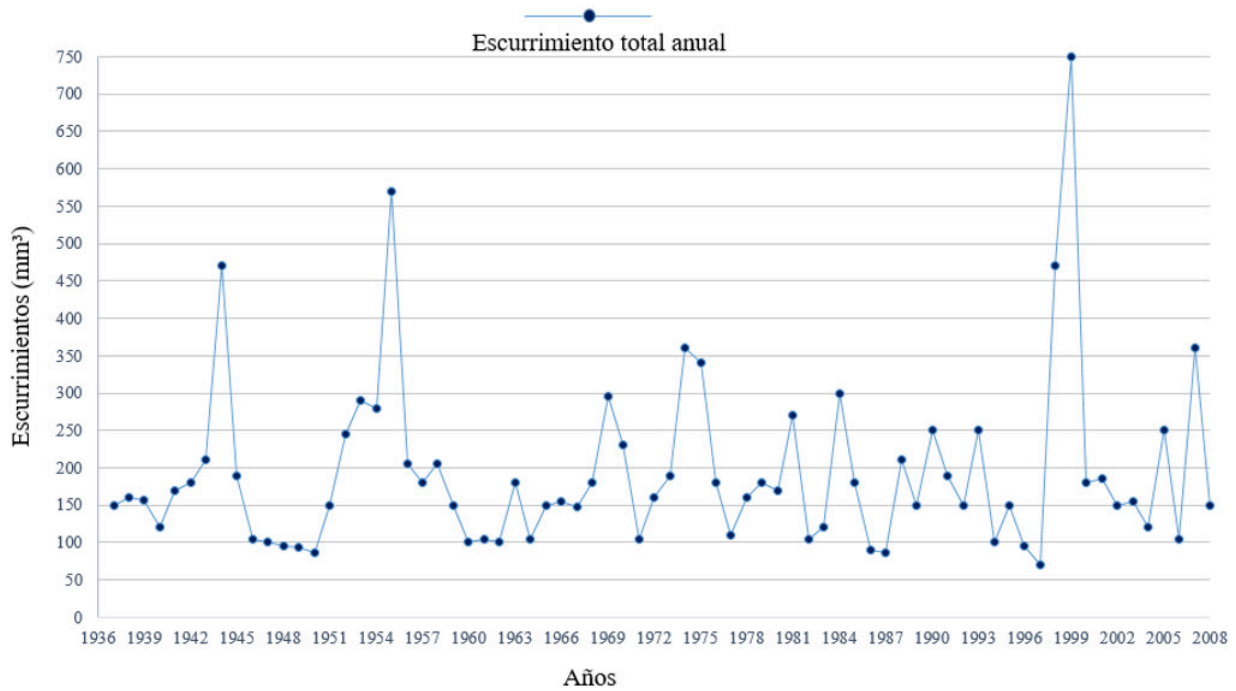


Figura 4. Nivel de escurrimientos de 1937 a 2008. Elaboración Propia con base en Mendoza et al. (2018).

parte fría del fenómeno del Niño (Mendoza et al., 2018, p. 20). Como se puede observar en la siguiente gráfica el más intenso fue el escurrimiento de 1999 (Fig. 4).

Dos de las inundaciones más severas de la segunda mitad del siglo XX en Metztlán tuvieron repercusiones importantes debido al carácter violento con el que acontecieron, destruyendo vías de comunicación, la pérdida total de cultivos y el desplazamiento de comunidades. Se calculó que las inundaciones de 1953 y 1999 llegaron a cubrir una superficie de 5,000 ha (Fig. 5), cuando la superficie normal de la laguna es de 500 ha, así mismo la profundidad normal es de 3 a 10 metros, pero en el caso de ocurrir inundaciones severas alcanza hasta 30 m (Cuevas y López, 2014, p. 41). Por lo anterior es comprensible que un sector amplio

de la población de Metztlán y las comunidades que conforman este municipio, estén a favor de la desecación de la laguna.

Las últimas inundaciones severas que se suscitaron durante la década de 2010 en adelante (Fig. 6), coinciden con las investigaciones de la autora Mayra Mendoza et al. (2011 y 2018), quien publicó un estudio de viabilidad para la construcción de un tercer túnel en 2011 y posteriormente lo retomó en 2018. Considerando que los poblados más afectados en un grado de riesgo de inundación moderado y normal son Tlacotepec y Punta Hualula; los poblados con riesgo moderado a alto con desborde del Río Venados, son San Cristóbal, Macuila y El Pedregal de Zaragoza; finalmente los poblados con riesgo extraordinario son Acalome, Amajatlán, Atzolcintla, Coyome-



Figura 5. *Inundaciones en Metztitlán 1999.* (Gómez, 2012, 1m49s).



Figura 6. *Inundaciones en Metztitlán 2011.* (74Molcate, 2012, 0m17s).

teco, El Carrizal, El Salitre, Jilotla, la Rivera, Tlamaxa, Tlapexe y Tres cruces. En total estas tres zonas de riesgo por inundación representan el 10% de la superficie de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán (Mendoza et al., 2018, p. 28) y de acuerdo al censo de población de 2020 dichas comunidades suman aproximadamente 5,472 habitantes (INEGI, 2022b).

La construcción de un tercer túnel de desagüe hacia el río Almolón propone una capacidad de desfogue de 880 m³/s a una altura de plantilla de entrada de 1,229.45 msnm, adicional a los dos túneles existentes en operación desde el año de 1937, cuyo gasto de desfogue es de 53 m³/s y 11 m³/s respectivamente en altitudes de las plantillas de entrada de 1,244.74 y 1,232 msnm (Mendoza et al., 2018: 18). Sobre lo que se estimó que el impacto ambiental se encontraba en un rango entre el 14 y el 22% considerando que es de significancia baja, en la que habría “más beneficios que perjuicios” dentro de las siguientes categorías: ecológica, contaminación del agua, atmósfera y suelo, aspectos estéticos y los intereses

humanos, integrados por componentes de educación, históricos, culturales, sensaciones y forma de vida de la población (Mendoza et al., 2011, pp. 114-129).

Aunque la propuesta de Mendoza et al. (2011 y 2018) sugiere la construcción de un tercer túnel solo para regular el nivel del agua de la Laguna durante los periodos de inundaciones extremas y no secarla por completo, es importante señalar que los intentos por desecar la Laguna de Metztitlán se remontan a la época colonial, lo que fue una práctica común de los invasores españoles para tener acceso a los suelos fértiles y dedicarlos a la agricultura y ganadería (Cuevas y López, 2014, p. 38).

La fundación de Metztitlán desde la colonia, en lo que hoy es la cabecera municipal y el aprovechamiento de las tierras de cultivo en la parte baja, no contempló las inundaciones recurrentes, tomando en cuenta que “La Vega” forma parte de la misma cuenca de la Laguna de Metztitlán, por lo que en el pasado el área que comprende esta zona agrícola y algunos pueblos aledaños,

estuvieron sumergidos en las aguas de un mismo cuerpo hidrológico de dimensiones mucho mayores (Fig. 1).

A finales del siglo XIX, con el desarrollo de los avances tecnológicos, la práctica de desecación para convertir los cuerpos de agua en tierras de cultivo fue más extensiva en el periodo de gobierno de Porfirio Díaz, poniendo como pretexto convertir los cuerpos de agua poco productivos con una pesca pobre, a terrenos provechosos en donde se pudieran cosechar grandes cantidades de maíz; pero también argumentaron motivos de higiene porque los funcionarios del gobierno pensaban que las epidemias podían deberse a los miasmas que dejaban los lodos (Cuevas y López, 2014, p. 38).

Fue precisamente dentro de este contexto de finales del Siglo XIX, que en 1872 el gobierno intentó construir un túnel de desagüe en la Laguna de Metztitlán, lo cual fue un fracaso por varios derrumbes que se suscitaron en la construcción. Posteriormente en 1905 el interés de diversas fami-

lias terratenientes y políticos del Estado de Hidalgo, promovió nuevamente la desecación de la laguna mediante peticiones de construcción de dos túneles de desagüe (Cuevas y López, 2014, p. 43).

Finalmente en 1937 la Oficina de irrigación y control de ríos de la Secretaría de Recursos Hidráulicos, concluyó la construcción de los dos túneles, que hoy en día siguen en funcionamiento (Fig. 7). Sobre lo anterior se debe considerar el interés que tuvieron algunas familias por apoderarse de las tierras de cultivo resultantes de la desecación, lo que provocó enfrentamientos violentos por parte de los vecinos de las comunidades de San Pedro Amajatlán, Ixtlayatla, San Agustín Tepatetipa, Santiago, Tlaxco, Hualula y la ranchería de la Mesa Grande, los cuales habían denunciado el hostigamiento y los asesinatos perpetrados por miembros del ejército y los hacendados (Cuevas y López, 2014, p. 44).

Además de los conflictos citados, la construcción de los túneles significó la desapa-

Figura 7. Túneles en el Cerro Tajo. (Badiello, 2017, 0m13s).



Figura 8. Inundaciones en Metztitlán 1953. (Fabela, 2019, 6m13s).



rición de las tierras de labor de la comunidad llamada Almolón, las cuales quedaron expuestas al golpe de agua del nuevo desfogue, por lo que dejaron de ser útiles para la agricultura (Cuevas y López, 2014, p 37). Lo anterior también manifiesta la negligencia de las autoridades de ese entonces, ante las afectaciones provocadas en algunas comunidades, el medio ambiente y el paisaje.

Aunque desde 1937 están en funcionamiento los dos túneles de desfogue, en 1953 hubo una inundación severa (Fig. 8) (Cuevas y López, 2014, p. 41), lo que demuestra que la variabilidad climática en periodos intensos de humedad y escurrimientos rebasa totalmente la capacidad de desfogue de los túneles; por otro lado en los periodos de sequía los escurrimientos disminuyeron visiblemente en los años de mayor estiaje como 1977, 1986, 1987 y 1995 (Mendoza et al., 2018, p. 25).

De acuerdo a lo anterior, durante la última década del siglo XX, los efectos de los fenómenos del Niño y la Niña fueron notorios en la Laguna de Meztitlán, con la sequía de 1998 y las inundaciones de 1999 (Mendoza et al., 2018, p. 26). En este sentido a principios del siglo XXI y en las últimas dos décadas, se han seguido registrando variaciones climáticas que muestran una tendencia extrema de periodos de sequías e inundaciones (Mendoza et al., 2018, p. 27).

Finalmente estas variabilidades climáticas que afectan a la Laguna, también tuvieron lugar en el periodo 2020-2021, cuando dicho cuerpo de agua desapareció por completo antes de concluir la primera mitad de

2020, hasta que en 2021 logró recuperar el agua perdida durante la temporada de lluvias, provocando nuevamente inundaciones en los terrenos agrícolas de “La Vega” pero sin un carácter tan violento y destructivo como el de 1999 y 2011.

Tomando en consideración el registro de los capítulos de sequías e inundaciones reportadas desde 1953 hasta 2021, se estima que durante las siguientes décadas la Laguna de Meztitlán continuara con estas mismas variaciones, aunque la tendencia comenzará a inclinarse por periodos de sequía más severos y de mayor duración, conforme a las predicciones generales del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA, 2015), las cuales revelan que en los próximos 100 años habrá mayor susceptibilidad en las regiones áridas y semiáridas de México e Hidalgo, debido a cambios en el régimen de lluvia y la disminución entre el 10 y el 30% de los escurrimientos superficiales, debido a las altas tasas de evaporación que se presentan en las regiones secas. Así mismo las estimaciones para los años 2020 - 2050 sobre la precipitación en la Reserva de la Biosfera Barranca de Meztitlán sugieren un descenso en los valores de la lluvia media (Mendoza et al., 2018, p. 26).

CONCLUSIÓN

Un sistema hidrológico como la Laguna de Meztitlán depende de su reserva ambiental hídrica en los periodos secos (Mendoza et al., 2018p. 22), por lo que

el paso de desagüe desmedido a través de los dos túneles del cerro Tajo, desecó rápidamente este cuerpo de agua ante un periodo de sequía provocado por el fenómeno del Niño que debilitó la incidencia de precipitaciones de 2015 a 2020, por lo que los afluentes de escurrimiento hacia la laguna fueron menores en este mismo periodo, aunado a la evaporación media anual de 1,788 mm propia de un clima seco y semiseco cálido (BSOHw).

Es evidente que existe el riesgo latente de inundaciones severas, por lo que varios sectores poblacionales y económicos de la zona se inclinan por la desecación total de la laguna, sin tomar en cuenta las afectaciones a la fauna acuática, el paisaje y la regulación de la temperatura en la región. En este aspecto la participación del gobierno es nula al no construir un tercer túnel que tenga un sistema regulatorio de desfogue, el cual ayudaría evitar posibles inundaciones en el futuro. Por otro lado tampoco ha implementado un sistema que regule el desfogue de los dos túneles en funcionamiento, para evitar el paso desmedido del agua en los periodos de sequía.

Con este análisis se aprecia una posible solución para evitar los efectos negativos de las variaciones en el cambio climático en la Laguna de Metztitlán; sin embargo es una constante que ante la recurrencia de fenómenos naturales de tipo climatológico y meteorológico, el gobierno se enfoque en brindar

apoyos asistenciales a los afectados, sin preocuparse de las causas que originaron estos fenómenos, ni de las soluciones que podrían prevenir dichas afectaciones.



LITERATURA CITADA

BADILLO, C. (22 de diciembre de 2017). Túnel – Laguna de Metztitlán [Archivo de Video]. Youtube. Consultada en: <https://www.youtube.com/watch?v=z3EZtsY-CUZA>

CÁRDENAS MONCADA, J. L. (2010). *El Paisaje de Tepatetipa en Metztitlán Hidalgo. Una lectura desde la Geografía Cultural* [Tesis de Licenciatura, UNAM]. Consultada en: <http://132.248.9.195/ptd2010/marzo/0655152/Index.html>

Comisión Nacional del Agua (2019a). *Reporte anual 2019*. CONAGUA. Consultada en: <https://smn.conagua.gob.mx/tools/DATA/Climatolog%C3%ADa/Diagn%C3%B3stico%20Atmosf%C3%A9rico/Reporte%20del%20Clima%20en%20M%C3%A9xico/Anual2019.pdf>

Comisión Nacional del Agua (2019b). *Reporte de la Estación 13077 Metztitlán Hidalgo*. CONAGUA. Consultada en: <https://smn.conagua.gob.mx/tools/RE-SOURCES/Estadistica/13077.pdf>

Comisión Nacional del Agua (2016, 2018, 2019 y 2020). *Reporte del clima en México*. CONAGUA. Consultada en: <https://smn.conagua.gob.mx/tools/DATA/Climatolog%C3%ADa/Diagn%C3%B3stico%20Atmosf%C3%A9rico/Reporte%20del%20Clima%20en%20M%C3%A9xico/RC-Mayo18.pdf>

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (2003a). *Ficha informativa de los Humedales Ramsar (FIR)*.

CONANP. Consultada en: http://www.conanp.gob.mx/conanp/dominios/ramsar/docs/sitios/FIR_RAMSAR/Hidalgo/Laguna_de_Metztitlan/Laguna%20de%20Metztitl%C3%A1n.pdf

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (2003b). *Programa de Manejo de la Biosfera Barranca de Metztitlán*. CONANP. Consultada en: https://si-mec.conanp.gob.mx/pdf_libro_pm/9_libro_pm.pdf

CONDE, Cecilia; Magaña, Víctor y Pérez, José Luis. (1998). El Fenómeno del Niño y sus Impactos. *Ciencias UNAM No 51*. 14-18. Consultada en: <https://www.revistacienciasunam.com/images/stories/Articles/51/CNS05103.pdf>

CUEVAS CARDONA, M. del C.; López Ramírez, M. del C. (2014). Historia ambiental, de una región de México: La Laguna de Metztitlán y sus alrededores, 1872 – 1949. *Revista Histórica 2.0, Conocimiento Histórico en Clave Digital, año IV, Número 7. 14*. 37-60. Consultada en: <https://www.academia.edu/search?utf8=%E2%9C%93&q=Metztitlan#>

FABELA, O. (24 de mayo de 2019). Una mirada al pasado Metztitlán Hgo [Archivo de Video de Youtube]. Consultada en: <https://www.youtube.com/watch?v=ENIpMINVIw>

GARZA MENDOZA, G. G. (2002). Frecuencia y duración de sequías en la cuenca de México de fines del siglo XVI a mediados del XIX. *Investigaciones Geográficas, Núm. 48*. 106-115. Consultada

en: <http://www.investigacionesgeograficas.unam.mx/index.php/rig/article/view/59175/52162>

GÓMEZ, J. (2012). *Las inundaciones de Metztitlán* [Archivo de Video de Youtube]. Consultada en: <https://www.youtube.com/watch?v=LepIeGUJRF8>.

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (2015). *Atlas de vulnerabilidad hídrica en México ante el cambio climático*. IMTA. Consultada en: https://www.imta.gob.mx/biblioteca/libros_html/atlas-2016/files/assets/common/downloads/publication.pdf

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (29 de enero de 2022a). *Mapa Digital de México*. INEGI. Consultada en: <http://gaia.inegi.org.mx/mdm6/?v=b-GFoOjIwLjY4NTQoLGxvbjotOTguO-Dc4NTgsejo5LGw6YzExMXNlcnZpY2lvc3x0YzExMXNlcnZpY2lvcw==>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2022b). *Censo de Población 2020*. INEGI. Consultada en: https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Datos_abiertos

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (2019). *Perspectiva Climática de Lluvia y Heladas para la República Mexicana (Enero- Marzo 2019)*. INIFAP. Consultada en: <https://clima.inifap.gob.mx/lnmysr/Content/documentos/PronEFM2019/PronEFM2019v1.0.pdf>.

MENDOZA CARIÑO, M.; Quevedo, A.; Nikolskii, I.; Rubiños, E. (2011). Impacto y

caudales ambientales del túnel propuesto en la Laguna Metztitlán, Hidalgo, México. *Ciencias del Agua*, volumen 11 número 4. 111-129. Consultada en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/tca/v2n4/v2n4a8.pdf>

MENDOZA CARIÑO, M.; Bautista Olivas, A.; Quevedo Nolasco, A.; Mendoza Carriño, D. (2018). Análisis hidrológico de largo plazo en la cuenca del río Metztitlán Hidalgo, México, y su relación con el cambio climático. *Hidrobiológica*, Vol. 28 (1). 17-30. Consultada en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/hbio/v28n1/0188-8897-hbio-28-01-17.pdf>

MOTA, D. (24 de febrero de 2020). Laguna de Metztitlán pierde 95% de su agua. *El Universal, Estados*. Consultada en: <https://www.eluniversal.com.mx/estados/laguna-de-metztitlan-pierde-95-de-su-agua>

OLIVARES CASILLAS, G. (2019). *Los últimos 2,000 años en la Laguna de Metztitlán: Ambientes locales y regionales* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México]. Consultada en: <http://132.248.9.195/ptd2019/diciembre/0798862/Index.html>

Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (2016). *Fenómeno El Niño, Análisis Comparativo 1997-1998 / 2014-2016*. UNGRD. Consultada en: <https://pubhtml5.com/pxou/wkru/basic>

74Molcate. (2012). *Metztitlán Hgo. Inundación 2011* [Archivo de video de Youtube]. Consultada en: <https://www.youtube.com/watch?v=of7uSh3jl9g>