



Economía, sociedad y territorio

ISSN: 1405-8421

ISSN: 2448-6183

El Colegio Mexiquense A.C.

Tovar Cabañas, Rodrigo; Ávila Sánchez, María de Jesús;  
Vargas Castilleja, Rocío del Carmen; Rolón-Aguilar, Julio Cesar  
Vulnerabilidad socioeconómica, cambio climático e  
incremento del nivel del mar en Matamoros, Tamaulipas  
Economía, sociedad y territorio, vol. XXI, no. 65, 2021, January-April, pp. 179-203  
El Colegio Mexiquense A.C.

DOI: <https://doi.org/10.22136/est20211572>

Available in: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=11172892007>

- How to cite
- Complete issue
- More information about this article
- Journal's webpage in redalyc.org

redalyc.org

Scientific Information System Redalyc  
Network of Scientific Journals from Latin America and the Caribbean, Spain and  
Portugal

Project academic non-profit, developed under the open access initiative

# Vulnerabilidad socioeconómica, cambio climático e incremento del nivel del mar en Matamoros, Tamaulipas

## Socioeconomic vulnerability, climate change and sea level increase in Matamoros, Tamaulipas

RODRIGO TOVAR CABAÑAS\*

MARÍA DE JESÚS ÁVILA SÁNCHEZ\*\*

ROCÍO DEL CARMEN VARGAS CASTILLEJA\*\*\*

JULIO CESAR ROLÓN-AGUILAR\*\*\*

### *Abstract*

*Socioeconomic vulnerability is a priority issue due to the effects of climate change and the increase in entropy of different climatic factors, which is linked to the rise in disasters and has implications on the sustainable development of coastal municipalities. The objective was to show the socioeconomic impacts that Matamoros, Tamaulipas, may suffer under the scenario of a sudden five-meter increase in sea level. The methodological matrix consisted of territorializing and qualifying vulnerable groups. Results show that if Matamoros suffered a flood of five meters above sea level, more than half of its territory would be flooded.*

**Keywords:** coastal geography, sociocultural vulnerability, economic impact.

### **Resumen**

La vulnerabilidad socioeconómica es un tema prioritario debido a los efectos del cambio climático y al aumento de entropía de los distintos factores climáticos, lo cual influye en el incremento de desastres que repercute en el desarrollo sustentable de los municipios costeros. El objetivo consistió en mostrar los impactos socioeconómicos que puede sufrir Matamoros, Tamaulipas, bajo el escenario de un incremento súbito en el nivel del mar de cinco metros. La matriz metodológica consistió en territorializar y cualificar a los grupos vulnerables. Resultados: si Matamoros sufriera una inundación de cinco metros sobre el nivel del mar, 63.58% de su territorio quedaría anegado.

**Palabras clave:** geografía litoral, vulnerabilidad sociocultural, impacto económico.

\* Universidad de Xalapa, correo-e: [rod\\_geo77@hotmail.com](mailto:rod_geo77@hotmail.com)

\*\* Universidad Autónoma de Nuevo León, correo-e: [marycolef@yahoo.com](mailto:marycolef@yahoo.com)

\*\*\* Universidad Autónoma de Tamaulipas, correos-e: [rocargas@docentes.uat.edu.mx](mailto:rocargas@docentes.uat.edu.mx) y [jrolon@docentes.uat.edu.mx](mailto:jrolon@docentes.uat.edu.mx)

## Introducción

El Servicio Geológico Mexicano (SGM, 2011), desde la corriente geotécnica del desastre, realizó tres diferentes análisis gravitacionales de riesgos para el municipio de Matamoros hace una década, acorde con sus resultados más significativos señaló que de presentarse un desastre químico —como la explosión de todas las gaseras— alrededor de 6813 viviendas quedarían afectadas; o bien, si ocurriera un desastre detonado por algún fenómeno hidrometeorológico —como el encharcamiento o desbordamiento de un río o canal— alrededor de 1591 viviendas quedarían afectadas. Al respecto, tal ejercicio es poco realista en cuanto al riesgo químico, además de omitir otros riesgos y un análisis de vulnerabilidad social más pertinente.

En general, en este tipo de atlas de riesgos se duplica la información, sobre todo en torno a los datos de vivienda. La documentación de gabinete suele ser escasa, por ejemplo, en dicho atlas (SGM, 2011) no se toma como una referencia la base datos DesInventar, la cual es una herramienta de *software* que alberga un Sistema de Inventario de Desastres y cuenta con registros de pérdidas, daños o efectos ocasionados por emergencias o desastres desde 1970 (LA RED, 2019); asimismo, en dicho atlas se ignoraron los registros de Brownsville, Texas. De modo que este tipo de obra se asemeja más a una enciclopedia, puesto que carecen de información puntual sobre los fenómenos acaecidos en el lugar bajo estudio, se citan, en cambio, anécdotas fuera de contexto. El citado Atlas de Riesgos de Matamoros es en realidad una mezcla de una monografía geográfica con un atlas geológico, donde la falta de trabajo interdisciplinario termina en recomendaciones muy generales.

Se advierten errores epistemológicos y metodológicos que debieron ser tomados en cuenta, por ejemplo, en cuanto a los riesgos antropogénicos de la ciudad de Matamoros, el Atlas admite a las bibliotecas, pero omite la delincuencia organizada, la violencia, el narcotráfico, los reclusorios, las jaurías y las cantinas. Ese error teórico se debe a que los autores imitaron las temáticas que se registran en otros atlas de riesgos europeos, como el de Veyret *et al.* (2013), es decir, al no tropicalizar o intronizar los contenidos, se asume que el aforo en las bibliotecas y los museos de la ciudad de París es el mismo que en la ciudad de Matamoros, lo cual epistemológicamente llevó a considerar más a una biblioteca que a un reclusorio como peligro socioorganizativo en Matamoros.

Esto no sólo se cometió en torno a los peligros socioorganizacionales, sino también en el caso de los peligros geológicos, puesto que en el afán de estandarizar lugares geográficamente diferentes, sólo se consideró el riesgo sísmico de Matamoros, el cual es prácticamente nulo, en cambio, se omite el riesgo por radiación de cobalto inducido por el mal manejo que se tuvo

de este material en la zona fronteriza durante la década de los ochenta del siglo pasado, así como el riesgo por tremores derivados del *fracking* o fractura hidráulica, la cual podría desecar las zonas lacustres ubicadas al sureste de la demarcación municipal (zona de *karst* subterráneo).

Respecto a los peligros sanitarios no contemplados en el Atlas de Riesgos de Matamoros se encuentran los que tienen que ver con las tolvaneras —propias de las regiones semidesérticas (regiones subtropicales ubicadas al norte de trópico de Cáncer)— y las enfermedades oculares, tales como la silicosis y la conjuntivitis. Sin embargo, el modelo de erosión propuesto en dicho Atlas no fue tropicalizado, es decir, los factores de erosión podrían asumirse como correctos siempre y cuando se apliquen a zonas de denudación y no en zonas de acumulación (caso de Matamoros). Matamoros se ubica en zona desértica a nivel del mar, por ende, es un lugar de acumulación, el riesgo no está en la erosión, sino en la silicosis y la conjuntivitis y demás enfermedades asociadas con las tolvaneras.

Otra inconsistencia del Atlas de Riesgos de Matamoros es de orden metodológico, debido a que los observadores del fenómeno bajo estudio proceden en su mayoría del campo de la geología, por lo que trasladaron la escala regional de observación de los procesos geológicos, al campo de estudio de los desastres. Este hecho, sin precedentes en la historia de la filosofía de las ciencias, es la razón por la que, pese a que la resolución de los materiales cartográficos metodológicamente se procesó en metros (escala urbana), los mapas de riesgo se construyeron a escalas regionales de 1: 250,000, es decir, en kilómetros, lo cual es un error de precisión serio.

Con frecuencia, los estudios sobre desastres se realizan de forma unilateral, es decir, unos trabajos sólo abordan las amenazas (como el caso del Atlas de Riesgos de Matamoros) y otros sólo las vulnerabilidades. Por lo que comúnmente, quienes abordan sólo la parte de las amenazas suelen cometer errores epistemológicos al asumir como existente únicamente a la vulnerabilidad económica, omitiendo más de 15 variables sociodemográficas involucradas con los procesos de vulnerabilidad, de modo que se confunde la vulnerabilidad económica con el índice de vulnerabilidad social.

Para subsanar estas lagunas es menester contextualizar la cronología de los principales desastres acaecidos en el territorio del municipio de Matamoros para posteriormente describir su ubicación geográfica y la relación que guarda con los fenómenos hidrometeorológicos extremos bajo la coyuntura de cambio climático y su índice de vulnerabilidad social más reciente, de modo que se puedan valorar en su justa dimensión los impactos económicos y sociales, por ejemplo, en caso de que el nivel del mar, durante las próximas décadas, llegará a subir ocasionalmente hasta la cota de cinco msnm.

En este sentido, aún siguen sin resolverse ciertas preguntas vinculadas con la protección civil, tales como: ¿De qué tamaño sería la mancha urbana anegada de Matamoros en caso de que el nivel del mar subiera súbitamente cinco metros?, ¿Qué características socioeconómicas presenta la población que está en dicha zona de riesgo ante un escenario como el descrito? Por lo tanto, el presente estudio busca dar respuesta a estas interrogantes que son pertinentes dada la complejidad actual de un sistema que está en constante crecimiento y cuyos riesgos se potencializan de no contar con herramientas sólidas de planeación y análisis territorial para la toma de decisiones tendentes a la prevención y adaptación de las zonas más sensibles a las alteraciones pluviométricas y potamológicas vinculadas con la era del antropoceno y el cambio climático.

## 1. Antecedentes

Los asentamientos en Matamoros, desde sus orígenes prehispánicos, han padecido sequías e inundaciones, por ejemplo, durante el siglo XVIII la nación o pueblo Carrizo, que en ese tiempo ocupaba el territorio de Matamoros, sufrió tres periodos de intensa sequía: 1712-1714; 1728-1731 y 1751-1754. En 1774 se fundó San Juan de los Esteros, como se le conocía a Matamoros en ese tiempo, y una década después experimentó su primera sequía, de 1784 a 1789, seguida de otra en 1806-1808 (Cleveland *et al.*, 2011). Durante el siglo XIX, Matamoros experimentó otros tres episodios de sequía: el primero ocurrió en 1851, otro que inició en 1881 y que se prolongó hasta 1884, el último se dio de 1890 a 1895 (Escobar Ohmstede, 2004).

Respecto a los desastres detonados por fenómenos hidrometeorológicos extremos, Roth (2010) señala que 1554 fue el año con el registro más antiguo del que se tiene noticia sobre un huracán acaecido en la región (tabla 1). Durante el siglo XIX (de 1829 a 1831) el pueblo de Brownsville, ubicado a escasos 100 metros del pueblo de Matamoros, sufrió un periodo intenso de lluvias extremas, y que el 18 de agosto de 1835 pasó un huracán por dichos pueblos. Otras fuertes tormentas que sacudieron a Matamoros se dieron durante la temporada de lluvias de 1837, 1840 y 1844 (Roth, 2010).

Escobar Ohmstede (2004) en un trabajo riguroso de archivo logró documentar otros episodios concernientes a huracanes ocurridos en Matamoros a lo largo del siglo XIX (tabla 1). De los cuales es relativamente significativo señalar el de 1874, donde el barrio de La Laguna, ubicado al sureste del centro histórico de la ciudad, quedó debastado al igual que la línea telegráfica de ese tiempo; el de 1880, donde más de mil familias

**Tabla 1**  
**Huracanes ocurridos en Matamoros siglo XVI-XIX**

<i>Año</i>	<i>Fecha aproximada</i>	<i>Nombre</i>	<i>Lugar</i>
1554	Agosto	—	Brownsville
1829	9 de octubre	—	Brownsville
1830		—	S de Brownsville
1831	18 de agosto	—	Brownsville
1835	18 de agosto	Antigua Hurricane	Brownsville
1837	10 de mayo	Racer's Storm	Brownsville
1840	—	—	Brownsville
1844	8 de junio	—	Brownsville
1867			Matamoros
1873			Matamoros
1874			Matamoros
1880	8 de diciembre	—	Brownsville
1885	17 de septiembre	—	Brownsville
1886	22 de septiembre	Número 7	S de Brownsville
1887	21 de septiembre	Número 7	Brownsville
1895	29 de agosto	Número 2	Brownsville

Fuente: elaboración propia con base en Escobar Ohmstede, 2004 y Roth, 2010.

fueron afectadas, la localidad sufrió pérdidas superiores a los doscientos mil pesos, la magnitud de dicho huracán fue tan grande que destruyó graneros y sembradíos, además de aniquilar centenares de cabezas de ganado.

Con base en los registros históricos expuestos en la tabla 1, en Matamoros el periodo de retorno de huracanes con potencial devastador es de 4.7 años; en tanto que el de las lluvias e inundaciones con potencial devastador, conforme a los datos de Escobar Ohmstede (2004), es de 2.1 años y el de las sequías extremas es de 6.4 años. Desde otro ángulo, Escobar advierte que en Matamoros, a lo largo del siglo XIX, se dieron 28 desastres detonados por fenómenos meteorológicos: 20, a consecuencia de lluvias (inundaciones y huracanes), y ocho, por sequías.

Durante el siglo XX, Roth (2010) ha recopilado la información concerniente a siete huracanes ocurridos en la región de Matamoros, de los cuales, cinco de ellos han superado la categoría dos de la escala de intensidad de viento de huracanes de Saffir-Simpson (tabla 2). El registro histórico de huracanes ocurridos en lo que va del siglo XXI, de la Administración

**Tabla 2**  
**Huracanes ocurridos en Matamoros, siglo XX**

<i>Año</i>	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Lugar</i>	<i>Viento km/hr</i>	<i>Catego- ría</i>	<i>Muertos</i>	<i>Centro de baja presión</i>
1909	agosto	Número 5	Brownsville	110	2	—	—
1933	mayo	Número 5	Brownsville	100	2	—	975
1933	mayo	Número 11	Brownsville	125	3	40	949
1954	junio	Alice	Matamoros	80	1	17	—
1955	mayo	Gladys	Matamoros	85	1	-	—
1967	septiembre	Beulah	Matamoros	135	3	15	931
1988	septiembre	Gilbert	Matamoros	135	4	—	—
2003	agosto	Erika	Matamoros	120	1		986
2008	julio	Dolly	Matamoros	130	1	14	989

Fuente: elaboración propia con base en Roth, 2010 y NOAA, 2018.

Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA, por sus siglas en inglés), tiene los casos del huracán Erika de 2003 y el del huracán Dolly de 2008, ambos de categoría uno (NOAA, 2018).

De acuerdo con los registros de DesInventar (LA RED, 2019), la ciudad y el puerto de Matamoros, Tamaulipas de 1970 a 2013 ha experimentado 158 desastres de consideración estatal y nacional. Como se puede observar en la tabla 3, 68.1% de ellos corresponden a eventos de corte meteorológico, en orden de prelación se pueden describir como sigue: 28 inundaciones extraordinarias, 16 heladas, 13 vendavales y 11 aguaceros o tempestades de consideración, que, en conjunto, en términos históricos dejaron más de 541,488 personas afectadas, de las cuales alrededor de 52,950 tuvieron que ser evacuadas en su momento.

Para el futuro cercano de Matamoros, es útil saber que el promedio de retorno de los fenómenos hidrometeorológicos más intensos durante el siglo XX oscila entre los 1.4 y los 3.3 años (LA RED, 2019), lo que significa que en el último medio siglo, el mayor lapso que Matamoros ha estado libre de algún fenómeno hidrometeorológico es de tres años, por lo que es muy importante dar a conocer a detalle las zonas que presenten el mayor índice de vulnerabilidad social y que además sean propensas a riesgo por concepto de inundación. Como se puede apreciar, el principal peligro documentado que aqueja a la ciudad de Matamoros está asociado a los fenómenos hidrometeorológicos.

**Tabla 3**  
**Porcentaje de ocurrencia de desastres de 1970 a 2013**  
**en Matamoros**

<i>Tipo de evento</i>	<i>%</i>	<i>Tipo de evento</i>	<i>%</i>
Inundación	17.7	Ola de calor	3.8
Helada	10.1	Biológico	3.2
Vendaval	8.2	Incendio	2.5
Lluvias	7	Colapso estructural	1.9
Epidemia	6.3	Intoxicación	1.9
Onda fría	5.7	Marejada	1.9
Sequía	5.7	Nevada	1.9
Tempestad	5.1	Accidente	1.3
Contaminación	4.4	Escape	1.3
Explosión	4.4	Incendio forestal	1.3

Fuente: elaboración propia con base en DesInventar (LA RED, 2019).

Dichos antecedentes han contribuido a entender cómo el hundimiento costero que experimenta el centro de Matamoros, más el azolvamiento asociado a los sedimentos y la pérdida de la cubierta forestal aguas arriba, agravan el riesgo de sufrir inundaciones de respuesta rápida de hasta 1.5 metros de tirante, como ocurrió en 2003, con el huracán Erika, sobre todo en las colonias periféricas y rancherías. Sin embargo, existen otros peligros geológicos (campos de fractura hidráulica) e ingenieriles (vida útil del concreto hidráulico de las presas: Marte R. Gómez y Falcón) que no han sido visibilizados, por ejemplo, un mal manejo de la presa Marte R. Gómez o de la presa Falcón provocaría una crecida de carácter torrencial. Más allá de que 70% de las roturas de presas de toda la historia mundial se han presentado a partir del 2000, es el silencio de más de dos décadas en el periodo de retorno del último huracán, categoría cuatro o superior, lo que debe llamar a la alerta.

Pese a lo anterior, la dislocación cartográfica con la que se han elaborado los mapas de riesgo de Matamoros, aunado al aumento de infraestructura social (no adaptada a las inundaciones), han hecho pensar a algunos que Matamoros es un lugar de riesgo moderado. Esta subestimación conduce a una incomprensión de los factores físicos y sociales, de modo que sus coropletas, si bien es cierto que pueden ser empleadas para la predicción de escenarios de riesgo por fenómenos hidrometeorológicos, asimismo, son de gran valor para la concientización de sus habitantes sobre la peligrosidad de determinados fenómenos naturales; no obstante,



les hace falta una mejor yuxtaposición tendente a resolver los cómo de la planificación y el desarrollo sustentable que exige la actual coyuntura en materia de cambio climático.

Finalmente, en julio de 2008, a más de una década de la última severa inundación que sufrió Matamoros asociada al huracán Dolly, se dejó notar cómo la anegación de las calles es la variable independiente, y hasta el momento el Puerto de Matamoros sólo cuenta con el Atlas de Riesgos de los Municipios de Matamoros y Valle Hermoso (SGM, 2011).

## 2. Incremento del nivel del mar

Calcular el promedio del nivel del mar es complicado puesto que los distintos instrumentos registran variaciones de consideración debido a que algunas áreas costeras se elevan otras se hunden, por lo que las variaciones del nivel del mar todavía no son concluyentes. Empero, en investigaciones recientes se ha observado que del *Dryas Reciente*, el mar se elevó cuatro metros por siglo Webster *et al.* (2004), a escala histórica, según el Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), dicha tasa es de 0.5 mm/año para el final del epipaleolítico y de 0.1 mm/año para los últimos 3000 años (Kopp *et al.*, 2016). Recientemente en los Países Bajos, el ascenso se ha estimado en 1.5 mm/año. Por lo que, al finalizar este siglo se espera que el aumento del nivel del mar no sea simétrico en las diferentes latitudes del planeta, por lo que su impacto será muy variable de lugar a lugar.

El IPCC (2007: 323), en términos científicos considera un ascenso del nivel del mar dentro del rango de los 19.0 a 57.9 cm hacia 2100; otros autores amplían dicho rango a 1.3 metros para el mismo periodo (Grinsted *et al.*, 2010). Aunque ciertamente, es imposible descartar las variaciones regionales provocadas por fenómenos hidrometeorológicos extremos, entre otros, de orden geoingenieril. Otros investigadores han escenificado costas anegadas hasta las cotas actuales de cinco y 10 msnm, como Cruz Ramírez (2016: 119), quien a partir de un índice de vulnerabilidad costera ubica al municipio de Matamoros, Tamaulipas, como el más vulnerable de todo el estado, dado que cuenta con siete localidades altamente vulnerables, por orden de prelación: Primer Campo Pesquero, Puntilla Sur, Isla Puntilla Norte, Isla La Fantasía, Isla Las Malvinas, Las Higuierillas y El Mezquital. Bajo estas consideraciones mareológicas, potamológicas, geológicas e ingenieriles se presenta un escenario para la cota cinco metros de anegación del municipio de Matamoros.

### 3. Área de estudio

Geográficamente el municipio de Matamoros se asienta sobre la Llanura Costera del Golfo de México, al noreste de la sierra de San Fernando; en términos geológicos, su suelo se constituye de depósitos de llanuras aluviales, principalmente sobre el curso inferior de río Bravo o Grande, estos depósitos frecuentemente están divididos por áreas con predominio de barro holocénico (Qam) y por áreas con predominio de limo y arena (Qas); en otros lugares existe aluvión indivisible (Qal), excepto sobre las áreas planas de marea, en donde hay elementos heterogéneos de arcilla, limo, arena, grava y materia orgánica, además de limo y arena de origen calcáreo de color gris oscuro a marrón oscuro, también existe presencia de arena principalmente de cuarzo; la grava a lo largo del río Grande incluye rocas sedimentarias del cretáceo y terciario y una amplia variedad de rocas ígneas y sedimentarias de la formación Trans-Pecos Texas, México y Nuevo México incluyendo ágata; también existe grava en las corrientes laterales del río Bravo, en su mayoría rocas terciarias locales y pedernal derivado de la grava de Uvalde que cubre las divisiones en comento (UT, 1984), las cuales son impactadas por un clima semicálido húmedo la mitad del año; llegando incluso a ser semiseco muy cálido y con escasa humedad media, donde la precipitación media anual varía de 650 a 700 mm (DOF, 2018).

Dicha localidad pertenece a uno de los 43 municipios del estado de Tamaulipas, el cual se ubica al norte, en la región fronteriza a una altitud promedio de 10 msnm (mapa 1), con una extensión territorial de 4046 km<sup>2</sup> y una población al censo de Inegi (2011a) de 489,193 habitantes.

**Mapa 1**  
**Ubicación del municipio de Matamoros**



Fuente: elaboración propia.

#### 4. Matamoros a cinco metros bajo las aguas del mar

A penas hace nueve años que en México el gobierno federal impulsó una iniciativa en materia de cambio climático, por lo que es comprensible que los escenarios y las estimaciones a nivel local aún sean escasas, por ejemplo, en 2010, la Universidad Autónoma Metropolitana, el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM y la Universidad de Campeche hicieron el esfuerzo para ilustrar las tendencias y dinámicas del comportamiento del nivel del mar, gracias a eso se sabe que frente a Matamoros el nivel del mar, en promedio, subió su nivel 15 cm de 1964 a 1979, y aunque posteriormente esa tasa se ha incrementado, se asume que en dicho lugar el nivel asciende 9.2 cm por década (Zavala-Hidalgo *et al.*, 2011: 325). Esa investigación enriquece parte de estas indagaciones, ligadas al desarrollo local sustentable.

Luego de aprovechar los modelos digitales de elevación de alta resolución LiDAR, terreno ASCII, con resolución de cinco metros de Inegi (2012a), mediante un método de interpolación se obtuvieron las curvas de nivel<sup>1</sup> que sirvieron para ubicar y delimitar las zonas del territorio del municipio de Matamoros que quedarían bajo el agua del mar, en caso de que éste subiera cinco metros su nivel en las próximas décadas, se llegó a los resultados siguientes: de los 4000 km<sup>2</sup> con los que cuenta el municipio de Matamoros (Inegi, 2009) 2,782.3 km<sup>2</sup> quedan por debajo de la cota de cinco msnm, lo que representa 63.58% del total municipal. Tomando en cuenta únicamente el área urbana total del municipio (aproximadamente 10,000 ha), 24% de su infraestructura urbana queda por debajo de la cota de cinco msnm.

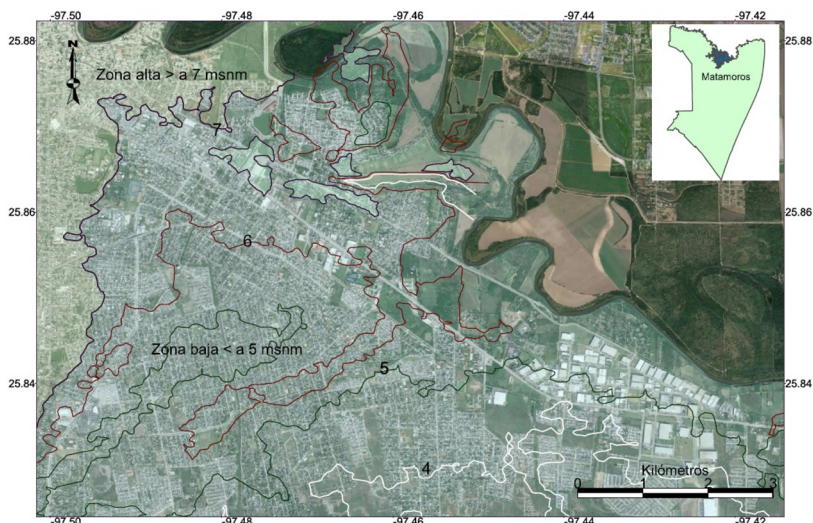
La mayor parte de esas 2500 hectáreas urbanizadas,<sup>2</sup> que desde ya están en riesgo de inundación en la ciudad de Matamoros (mapa 2), se localizan al oriente y oriente sur de la ciudad, al sur de la histórica avenida Cantinflas, sobre las cuales vamos a investigar los principales impactos socio-culturales y económicos que se podrían derivar a raíz de una subida del nivel del mar de cinco metros durante algún fenómeno hidrometeorológico, producido por las alteraciones pluviométricas que está generando el cambio climático.

<sup>1</sup> Con una equidistancia de 5 m se construyó una malla de 16 millones de nodos, en formato *shape*, la cual se exportó como curva a formato KML para su tratamiento en *Google Earth* y en 3D-Route Builder y así tabular las coordenadas “x, y, z”. Con ayuda de TCCX-Converter la tabla se exportó a formato CSV para poder generar una interpolación desde Quikgrid. Las isolíneas resultantes se exportaron a DXF para su tratamiento cartográfico en GvSIG. Todo el proceso se iteró más de 20 veces.

<sup>2</sup> Cognitivamente eso equivale 5000 canchas de balompié o fútbol.

## Mapa 2

### Principales zonas bajas del municipio de Matamoras



Fuente: Cálculos de los autores con base en datos proporcionados por Google (2019).

## 5. Impactos económicos ante el escenario de incremento del nivel del mar

Una de las principales afectaciones del cambio climático en las zonas costeras del Golfo de México está relacionada con el incremento del nivel del mar, la cual, económicamente, se puede estimar a partir de la cuantificación del Producto Interno Bruto (PIB) municipal y por la estimación del valor de los servicios ambientales que aportan ciertos ecosistemas. En ese sentido, en este apartado, se reflexiona en torno a las cifras económicas del municipio de Matamoras.

De acuerdo con González-Estrada y Gallegos-Cedillo (2014), la distribución porcentual del Producto Interno Bruto del 2010 de los municipios de Tamaulipas por región es el siguiente: Región del Altiplano 0.9%; Valle de San Fernando 1.4%; Mante 4.4%; Centro 12.3%; Región Sur 29.3% y Región Fronteriza 51.7% (tabla 4). Si se considera el PIB estatal<sup>3</sup> que arroja el Inegi (2012b: 34), la región Fronteriza, a la que pertenece el municipio de Matamoras, en 2010 generó en total 199,811 millones de pesos, de los cuales, 55,747 millones los generó el municipio bajo estudio, es decir, poco más de 14% de ese PIB estatal.

<sup>3</sup> De acuerdo con el Inegi (2012b), el estado de Tamaulipas produjo en 2010: 386,482.2 millones de pesos.

**Tabla 4**  
**Producto Interno Bruto de Tamaulipas por regiones, 2010**

<i>Región</i>	<i>%</i>
Región del Altiplano	0.9
Valle de San Fernando	1.4
Mante	4.4
Centro	12.3
Región sur	29.3
Región fronteriza	51.7

Fuente: elaboración propia con base en González-Estrada y Gallegos-Cedillo (2014).

En términos históricos, durante las últimas dos décadas, la riqueza municipal, en orden de prelación y en función de la población económicamente activa, ha corrido a cargo del sector industrial, seguido del sector terciario con una participación porcentual de 51.3 y 47.6%, respectivamente (Chávez Aguilar, 2007), cuyo personal ocupado, para el 2015, se estima en 175,000 empleados dedicados a dichas actividades. Sobre el sector secundario, cabe recordar que en Matamoros es la actividad maquiladora la que demanda la mayor cantidad de trabajadores, por lo que el PIB municipal depende de alrededor de 200,000 trabajadores, de los cuales alrededor de 29% labora dentro de las zonas de peligro por inundación.

Otro impacto económico a considerar en este primer escenario es la capacidad instalada, que como activo tiene un valor para la administración municipal de Matamoros. Por ejemplo, la red que integra el sistema carretero del municipio de Matamoros, constituido principalmente por calles, avenidas y bulevares, según Inegi (2011b), los cuales suman en total 1888 kilómetros lineales (incluida la carretera troncal pavimentada), de los cuales, 504.8 de ellos quedarían anegados si el nivel del mar sube de nivel en cinco metros. Ahora bien, si se acepta el costo promedio (25 dólares o 500 pesos) que cuesta un metro cuadrado de asfalto (USDA, 2017), así como el ancho promedio de las calles (ocho metros) en riesgo de inundación, tenemos que cuatro millones de m<sup>2</sup> resultantes tienen un valor de 2000 millones de pesos, si a esto se suma el valor del resto de la infraestructura pública (aceras, drenaje, gasoductos, alumbrado, agua potable, etcétera), la cifra es de aproximadamente 12.1 mil millones de pesos, (equivalente a 30.7% del PIB municipal de 2010).

Por otra parte, el valor de los predios urbanizados (1867 ha), en riesgo de inundarse con una crecida del mar de cinco metros, cotizado en precios del mercado corriente<sup>4</sup> es de 75,000 millones de pesos (más de 3000 millones de dólares), lo que representa 19.3%<sup>5</sup> del PIB de todo el estado de Tamaulipas del 2010. Mientras que el valor del resto del territorio del municipio de Matamoros que está en la misma situación (2756.9 km<sup>2</sup>), es de 11 billones de pesos (unos 550,000 millones de dólares), lo que representa 28 veces el citado PIB estatal. Además, al recuento descrito se deben adicionar las unidades económicas que operan dentro de la zona de riesgo, es decir, 7000 comercios (Inegi, 2019) están en peligro de inundación debido a que se ubican cerca o por debajo de la cota de los cinco metros, así como 58,476 ha de agricultura de temporal, pues todas están en riesgo de inundación bajo el escenario señalado (SIAP, 2014).

Recapitulando, la anegación por debajo de cinco metros de la infraestructura de Matamoros equivale a 30 veces el PIB del estado de Tamaulipas.<sup>6</sup> Ahora bien, además de los 60,000 trabajadores (ya señalados) afectados directamente por el escenario de cambio climático antes propuesto, es pertinente explayarse y describir los impactos sociales que los efectos de una crecida del nivel de mar de cinco metros dejarían sobre el territorio de Matamoros.

## 6. Impactos sociales ante el escenario de incremento del nivel del mar

Sin demeritar las cifras económicas, la demanda de vivienda de interés social es la que podría experimentar los mayores cambios si en algún momento el nivel del agua alcanzara la cota de los cinco msnm. Por ejemplo, adicionalmente a las 24,500 solicitudes de vivienda anuales que en promedio requiere el municipio de Matamoros (Infonavit, 2014), se tendrían que sumar otras 54,000 correspondientes a todas aquellas viviendas de dicha demarcación que por su ubicación, próxima o sobre de la cota de cinco msnm están en riesgo, es decir, los impactos secundarios del cambio climático incrementarían 222% las necesidades de vivienda, tan sólo en la cabecera de Matamoros, por la reubicación de la población de la zona cero o zona de mayor impacto.

<sup>4</sup> Tomando como base 400,000 pesos por 100 m<sup>2</sup>, sin contar el valor de las edificaciones.

<sup>5</sup> Considerando el valor de los bienes raíces, tomando como base 100,000 pesos por cada 60 m<sup>3</sup> de construcción (Infonavit, 2019), es decir, predios no mayores a 10 m<sup>2</sup> y de una sola planta, habría que agregar otros 186,000 millones de pesos, o sea otro 48.3% del citado PIB estatal.

<sup>6</sup> Como un ejemplo análogo, considérese que, en 2005, los daños materiales causados por el huracán Wilma sobre Cancún ascendieron a 1752 millones de dólares, 0.21% del PIB nacional de 2010 (Martínez, 2007).



Por otra parte, en términos de vulnerabilidad, es preciso señalar que la margen sur de la desembocadura del río Bravo prácticamente es la más riesgosa, en particular las áreas ru-rurbanas (antiguos ejidos) ubicadas en la porción oriental de la demarcación municipal (zona baja menor a cinco msnm), dicha zona de inundación, también puede estudiarse desde lo que Tovar Cabañas y Vázquez Espinosa (2017) denominan *potamoweack* (una parasíntesis que emplean dichos autores para darle mayor fluidez epistemológica a la vulnerabilidad vinculada exclusivamente a una inundación). En ese sentido, usando los datos sociodemográficos del Inegi (2011a), a través de un cociente de localización (Lira y Quiroga, 2009) adaptado para fabricar un índice de vulnerabilidad social se pudo conocer de forma relativa el nivel socioeconómico de las principales manzanas urbanas en situación de *potamoweack* de la ciudad costera de Matamoros.

Es decir, de las variables, vinculadas con el fenómeno de la vulnerabilidad social, propuestas por Cutter *et al.* (2003) se adecuaron para su aplicación conforme a los datos del Inegi. Con esas 18 variables<sup>7</sup> se logró saber cuáles de ellas superan la media dentro del conjunto de manzanas urbanas que integran la localidad urbana de Matamoros. Los resultados de las operaciones estadísticas se agruparon aritméticamente en cuartiles para determinar los niveles del índice de vulnerabilidad social.

Al respecto, se puede advertir que de las 92 Áreas geoestadísticas básicas (Ageb) en *potamoweack*, se resalta que el fraccionamiento Cima 3 (ubicado al oriente de la ciudad) presenta el índice de vulnerabilidad social más alto (mapa 3), se podría decir lo mismo del fraccionamiento Industrial del Norte (centro de la mancha urbana), pero este último se ubica fuera de la zona de *potamoweack*; otras colonias, fuera de la zona de estudio, pero con alto índice de vulnerabilidad social quedan diseminadas al sur y occidente de la mancha urbana, por ejemplo: en el sur las colonias Lomas de San Juan y Nueva Jerusalén cuentan con al menos una Ageb con un índice de vulnerabilidad social alto, al igual que los ejidos de Juan C Bonilla, Esperanza y Reforma, La Estrella, Juan Rodríguez y La Ladri-llera, también, ubicados al sur de la localidad.

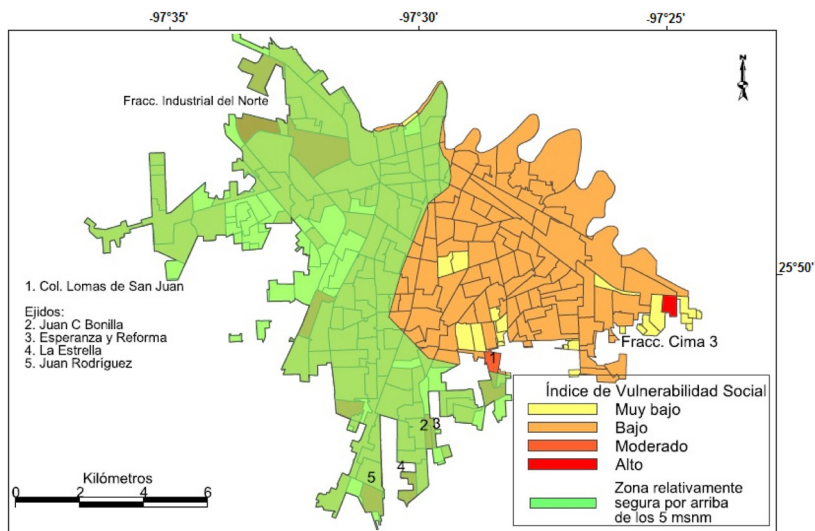
Es útil señalar que de las 92 Ageb en *potamoweack*, 60 presentan un índice de vulnerabilidad moderado y 20 más presentan un nivel de muy baja vulnerabilidad conforme al índice expuesto, lo que las sitúa como las zonas menos vulnerables dentro de ese conjunto (mapa 3). Con los recorridos de campo se puede advertir que las consecuencias del cambio climático se recienten en los sectores urbanos irregulares, principalmente

<sup>7</sup> Densidad de población; densidad arquitectónica; hacinamiento; tasa de vejez; tasa de manumisión; tasa PEI; tasa de nuevos vecinos; minorías étnicas; tasa de discapacitados; bajo nivel educativo; tasa de desempleo; porcentaje de población sin derechohabencia; porcentaje con viviendas con piso de tierra; carencia de electricidad; carencia de drenaje; viviendas con posibilidad de reservas alimenticias; posibilidad de escape por vía automotriz y carencia de internet.



### Mapa 3

#### Índice de vulnerabilidad social de las zonas por debajo de los cinco msnm de Matamoros, Tamaulipas



Fuente: elaboración propia con base en (Inegi, 2011b).

del sur de la localidad de Matamoros, donde los problemas sociales continúan creciendo.

El resto de las zonas bajo estudio, en las colonias colindantes al centro geográfico de la ciudad de Matamoros, inexplicablemente pese a que sus habitantes resienten cada seis años el embate de inundaciones de consideración (como la ocurrida durante el paso del huracán Dolly en 2008), la mayoría de ellos, dada su moderada vulnerabilidad social, durante la situación post-desastre no muestran interés de acudir a un albergue (fotografías 1). Aunque es preciso destacar que, más de 90% de los habitantes que viven dentro de la zona de peligro por inundación están imposibilitados económicamente para reubicar su residencia.

Se advierte que históricamente las inundaciones de tipo torrencial, debido al índice de vulnerabilidad social moderado que aglutina más de 70% de las Ageb que conforman la zona de mayor peligro por inundación de Matamoros, no se han percibido en su justa dimensión durante los últimos 50 años, tal cual se ha escenificado en este documento, con inundaciones que alcancen la cota de cinco msnm. Empero, no está de más que la planificación urbana se cimente bajo la consigna de la adaptación a los fenómenos hidrometeorológicos extremos bajo contexto de cambio climático a fin de minimizar calamidades a futuro.

## Fotografías 1

### Zonas bajas de la zona cero de Matamoros



Fuente: elaboración propia con base en trabajo de archivo y de campo, temporadas 2018-2019.

Nota: Las fotografías corresponden a los siguientes casos de inundaciones: *a)* inundación de 2015; *b)* fraccionamiento vulnerable a menos de cinco msnm; *c)* inundación de 1967; *d)* plan DN-III tras el paso del huracán Dolly de 2008, Matamoros, Tamaulipas, México.

## Conclusiones

Se advierte que el incremento del nivel del mar representa un impacto latente a corto plazo, máxime si se considera la combinación de éste con el periodo de retorno de eventos hidrometeorológicos extremos, sobre todo en los puntos más bajos del oriente de Matamoros, cuyo impacto puede ampliar la damnificación, a la fecha desconocida y minorizada por el gobierno y la población local. No debe banalizarse el latente riesgo por inundación, el cual puede traducirse en el “Katrina mexicano”. Al caso, tomando el escenario de un incremento del nivel del mar de cinco metros en el municipio de Matamoros, se estima que 63.58% de éste quedaría bajo situación de riesgo por inundación.

Si el aumento de las precipitaciones derivadas por el cambio climático condujeran a un error humano en el manejo de las presas Marte R. Gómez y Falcón, tal hecho provocaría una crecida de carácter torrencial en el municipio de Matamoros, la cual inundaría hasta cinco metros sobre el nivel del mar, donde 2782 km<sup>2</sup> quedarían anegados, de los cuales 504 km de calles asfaltadas, con un valor de 2000 millones de pesos se perderían, al igual que otros 10,000 millones de pesos de infraestructura pública; sin embargo, la mayor pérdida sería por 74,000 millones de pesos correspondientes al territorio urbanizado, sin contar los 11 billones de pesos que valen sus reservas territoriales. Si se consideran otras entradas como el valor de los bienes muebles de Matamoros, la catástrofe es enorme, cercana a 3000% del PIB del estado de Tamaulipas.

Bajo ese escenario, la merma económica de dicha localidad afectaría a 29% de las personas ocupadas bajo alguna actividad productiva, pues la mayoría de éstas trabaja cerca o en las zonas que se sitúan por debajo de la cota de los cinco msnm. Como resultado de los impactos sociales, se resalta la necesidad de incrementar la vivienda en más de 222% para proteger a la población de la zona de análisis. Los fraccionamientos tales como Cima 3 e Industrial del Norte, en el este y oeste, respectivamente, presentan un alto índice de vulnerabilidad social, debido a la concentración de población y al material endeble de las viviendas. Desde otro punto de vista, las principales edificaciones en riesgo hidrometeorológico por cambio climático son: 312 templos religiosos, más de 54,000 casas y más de novecientas tiendas de abarrotes. Se estima que alrededor de doscientas mil personas viven con una forma de vulnerabilidad moderada en las distintas zonas de peligro por inundación, sobre todo los adultos mayores, puesto que son los que requieren mayor atención durante las inundaciones.

Respecto a las estrategias de adaptación y mitigación: en las últimas décadas, los estudios de riesgo se han profesionalizado, de modo que a largo plazo y con el fin de consolidar las estrategias de adaptación y mitigación al cambio climático, la Universidad de Tamaulipas debe emular lo hecho por la Universidad de Colima y crear la licenciatura en Gestión y Reducción del Riesgo de Desastres, de ese modo la comunicación de riesgos podrá ser atendida con mayor rigor científico. En el mediano plazo, las medidas de atenuación deben corregir los múltiples cuellos de botella que presenta su sistema carretero, puesto que su diseño se tornará ineficiente y rudimentario al momento de requerir una evacuación de proporciones mayores, como la que se presentó en Nueva Orleans en 2005. En el corto plazo la planificación del uso de la tierra debe regular y controlar el desarrollo en áreas propensas a inundaciones, principalmente las ubicadas al oriente y sureste de la mancha urbana, así como dialogar con las comuni-

dades sobre los protocolos, los planes y las estrategias de evacuación necesarios durante algún desastre.

Entre las limitantes destaca que los modelos digitales de elevación de alta resolución LiDAR de Inegi, al 2020, están disponibles para todos los estados costeros de la república mexicana, con excepción de Baja California sur, Sinaloa y Nayarit, por lo que el trabajo presentado puede iterarse al resto. Los resultados censales pueden ponderarse mediante extrapolación lineal, siempre y cuando el año de análisis no sea mayor a cuatro años, de lo contrario, es preferible trabajar con los datos del censo.

Finalmente, dado que la ciudad de Matamoros sólo cuenta con el Atlas de Riesgos básicos a escala 1: 250,000, aún hace falta generar más cartografía con el detalle que se presenta, por lo que se considera que esta investigación es un recuento o complemento para la planificación urbana y su respectivo desarrollo local bajo el contexto de cambio climático, con la intención de mejorar la calidad de vida de los habitantes de Matamoros.

### Fuentes consultadas

Chávez Aguilar, Jessica (2007), “*Espacios preferenciales en la frontera de Tamaulipas, Nuevo Laredo, Reynosa y Matamoros*”, tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.

Cleaveland, Malcolm; Votteler, Todd; Stahle, Daniel; Casteel, Richard and Banner, Jay (2011), “Extended Chronology of Drought in South Central, Southeastern and West Texas”, *Texas Water Journal*, 2 (1), Texas, College Station Texas-Texas Water Resources Institute, pp. 54-96.

Cruz Ramírez, Cesia (2016), “*Evaluación de la vulnerabilidad en las costas mexicanas*”, tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.

Cutter, Susan; Boruff, Bryan and Shirley, Lynn (2003), “Social Vulnerability to Environmental Hazards”, *Social Science Quarterly*, 84 (2), Texas, Southwest Social Science Association, pp. 242-261, doi.org/10.1111/1540-6237.8402002

DOF (*Diario Oficial de la Federación*) (2018), “Actualización de la disponibilidad media anual del agua en el acuífero Bajo Río Bravo

(2801)", 4 de enero, Ciudad de México, Segob, <[https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/Edos\\_Acuiferos\\_18/tamaulipas/DR\\_2801.pdf](https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/Edos_Acuiferos_18/tamaulipas/DR_2801.pdf)>, 13 de marzo de 2019.

Escobar Ohmstede, Antonio (2004), *Desastres agrícolas en México, catálogo histórico*, tomo II, Siglo XIX (1822-1900), Ciudad de México, Fondo de Cultura Económica.

González-Estrada, Adrián y Gallegos-Cedillo, Gilberto (2014), "El producto interno bruto de los municipios de México, II, Estados M-Z", *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5 (8), Texcoco, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, pp. 1405-1421, <<http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v5n8/v5n8a6.pdf>>, 1 de mayo de 2018.

Google (2019), "Google Earth", versión 7.3.2.5491, Ciudad de México, Google, <<https://tinyurl.com/y6ylqct5>>, 14 de noviembre de 2019.

Grinsted, Aslak; Moore, John and Jevrejeva, Svetlana (2010), "Reconstructing Sea Level from Paleo and Projected Temperatures 200 to 2100 AD", *Climate Dynamics*, 34 (4), Springer Nature Switzerland, pp. 461-472, doi.org/10.1007/s00382-008-0507-2

Inegi (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) (2019), "Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas", Aguascalientes, Inegi, <<http://www.beta.inegi.org.mx/app/mapa/denue/>>, 1 noviembre de 2019.

Inegi (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) (2012a), "Modelos Digitales de Elevación de Alta Resolución LiDAR, con resolución de 5m. Terreno. ASCII. G14D15A4", Aguascalientes, Inegi, <<https://tinyurl.com/y2wb9vfx>>, 14 de octubre de 2020.

Inegi (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) (2012b), "Sistema de Cuentas Nacionales de México, Producto Interno Bruto por entidad federativa 2006-2010, Año base 2003, Segunda versión", Aguascalientes, Inegi, <<https://tinyurl.com/yxkqfaja>>, 6 de mayo de 2019.

Inegi (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) (2011a), "Resultados definitivos, Censo de población y vivienda 2010",

Aguascalientes, Inegi, <<https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2010/>>, 8 de marzo de 2019.

Inegi (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) (2011b), “Información Vectorial de localidades ameznadas y números exteriores, Urbanas. Cierre de planeación del Censo de Población y Vivienda 2010. Matamoros”, Aguascalientes, Inegi, <<https://tinyurl.com/y32yr8xr>>, 15 de abril de 2019.

Inegi (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) (2009), “Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Matamoros, Tamaulipas, Clave geoestadística 28022”, Aguascalientes, Inegi, <[http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos\\_geograficos/28/28022.pdf](http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/28/28022.pdf)>, 19 de mayo de 2019.

Infonavit (Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores) (2019), “CASAS INFONAVIT y departamentos desde \$359,000”, Ciudad de México, Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores, <<http://www.casasinfonavit.com.mx/>>, 11 de noviembre de 2019.

Infonavit (Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores) (2014), “Demanda Potencial, (4º bimestre del 2014)”, Ciudad de México, Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2007), *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge, Cambridge University Press.

Kopp, Robert; Kemp, Andrew; Bittermann, Klaus; Horton, Benjamin; Donnelly, Jeffrey; Gehrels, Roland; Hay, Carling-, Mitrovica, Jerry; Morrow, Eric and Rahmstorf, Stefan (2016), “Temperature-Driven Global Sea-Level Variability in the Common Era”, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 113 (11), Washington D. C., National Academy of Sciences, E1434-E1441, doi.org/10.1073/pnas.1517056113

LA RED (Red de estudios sociales en prevención de desastres en América Latina) (2019), *DesInventar, Sistema de Inventario de Desastres*,

Versión, 10.02.009, Cali, LA RED-Corporación OSSO-Oficina de Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres.

Lira, Luis y Quiroga, Bolívar (2009), *Técnicas de análisis regional*, manual núm. 59, Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe-División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos.

Martínez, Manuel José (2007), “Los 10 desastres más costosos en México”, *Expansión*, 8 de noviembre de 2007, <<http://expansion.mx/actualidad/2007/11/08/los-10-desastres-mas-costosos-en-mexico>>, 21 de diciembre de 2018.

NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) (2018), “Historical Hurricane Tracks”, South Carolina, National Oceanic and Atmospheric Administration, <<http://coast.noaa.gov/hurricanes/>>, 7 de septiembre de 2018.

Roth, David (2010), *Texas Hurricane History*, Maryland, National Oceanic and Atmospheric Administration, <<http://www.weather.gov/media/lch/events/txhurricanehistory.pdf>>, 30 de septiembre de 2018.

SGM (Servicio Geológico Mexicano) (2011), “Atlas de Riesgos, Municipios de Matamoros y Valle Hermoso”, Ciudad Victoria, Servicio Geológico Mexicano, Gobierno del Estado de Tamaulipas, <<https://tinyurl.com/y6dmkuav>>, 14 de enero de 2019.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) (2014), “Datos KMZ abiertos, Cobertura Nacional de frontera agrícola Serie II. México, Frontera Agrícola Región Noreste”, Ciudad de México, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, <<http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos.php>>, 30 de septiembre de 2019.

Tovar Cabañas, Rodrigo y Vázquez Espinosa, Shany Arely (2017), “Análisis geoestadístico de las muertes por neoplasia en la población de 55 y más años en los municipios del Estado de Veracruz”, *Universalud*, 13 (25), Xalapa, Universidad Veracruzana, pp. 49-58, <<https://www.uv.mx/msp/files/2014/04/Universalud-25.pdf>>, 24 de octubre de 2018.

USDA (United States Department of Agriculture) (2017), “Cost estimating guide for road construction”, Washington D. C., United



States Department of Agriculture, <[https://www.fs.usda.gov/Internet/FSE\\_DOCUMENTS/stelprdb5279284.pdf](https://www.fs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb5279284.pdf)>, 8 de marzo de 2019.

UT (University of Texas at Austin), (1984), *Geologic Atlas of Texas*, Austin, The Bureau, <[http://www.fs.usda.gov/Internet/FSE\\_DOCUMENTS/stelprdb5279284.pdf](http://www.fs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb5279284.pdf)>, 14 de enero de 2019.

Veyret, Yvette; Laganier, Richard and Boissière, Aurélie (2013), *Atlas des risques en France: Prévenir les catastrophes naturelles et technologiques*, Paris, Autrement.

Webster, Jody; Clague, David; Riker-Coleman, Kristin; Gallup, Christina; Braga, Juan; Potts, Donald; Moore, James; Winterer, Edward and Paull, Charles (2004), “Drowning of the –150 m Reef off Hawaii, A Casualty of Global Meltwater Pulse 1A?”, *Geology*, 32 (3), McLean, Geological Society of America, pp. 249-252, doi. org/10.1130/G20170.1

Zavala-Hidalgo, Jorge; De Buen Kalman, Rebeca; Romero-Centeno, Rosario y Hernández Maguey, Felipe (2010), “Tendencias del nivel del mar en las costas mexicanas”, en Alfonso Botello, Susana Villanueva-Fragoso, Jorge Gutiérrez y José Luis Rojas Galaviz (eds.), *Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el cambio climático*, Campeche, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales-Instituto Nacional de Ecología-Universidad Nacional Autónoma de México/Instituto de Ciencias del Mar y Limnología-Universidad Autónoma de Campeche, pp. 249-268.

*Recibido:* 29 de noviembre de 2019.

*Reenviado:* 14 de octubre de 2020.

*Aceptado:* 8 de diciembre de 2020.

**Rodrigo Tovar Cabañas.** Es doctor en Geografía por la Universidad Nacional Autónoma de México. Actualmente es profesor-investigador del Instituto Interdisciplinario de Investigación en la Universidad de Xalapa A. C., y profesor en la Facultad de Economía de la Universidad Veracruzana. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores, nivel I. Su línea de investigación actual es geografía económica, medio ambiente y desastres. Entre sus últimas publicaciones destacan, en coautoría: “Classification of Aquifers in the Mina Field, Nuevo Leon, Using Geographic Informa-



tion Systems”, *Tecnología y Ciencias del Agua*, 10 (3), Jiutepec, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, pp. 96-121 (2019); “Mortality Due to Meteorological Disasters in Mexico during 2000-2015”, *Environment and Natural Resources Research*, 9 (3), Canadian Center of Science and Education, pp. 101-116 (2019); “Vulnerabilidad socioeconómica al incremento del nivel del mar en Tampico, Tamaulipas”, *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 4 (8), Tamaulipas, pp. 1005-1023 (2018); “Profesionalización y especialización en las comisiones ‘ambientales’ del Congreso de la Unión en México, 1988-2017”, *Revista Legislativa de Estudios Sociales y de Opinión Pública*, Ciudad de México, Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública, 11 (22), pp. 11-42 (2018).

**María de Jesús Ávila Sánchez.** Doctora en Ciencias Sociales por la Universidad de Leiden en los Países Bajos, Holanda. Profesora-investigadora en el Instituto de Investigaciones Sociales de la Universidad Autónoma de Nuevo León, México. Miembro de Sistema Nacional de Investigadores nivel I. Sus líneas de investigación son el análisis demográfico de los jóvenes, migración interna e internacional, con énfasis en la inmigración de centroamericanos en frontera sur de México y el desarrollo sustentable. Últimas publicaciones, en coautoría: “Tejedoras, bordadoras y armadoras en Yucatán: nuevas y antiguas clases trabajo en casa”, *Íconos. Revista de Ciencias Sociales*, núm. 65, Quito, Flacso Ecuador, pp. 155-178 (2019); “Mil millones de árboles de navidad aserrados, el saldo de un sincretismo religioso”, *Revista de la Sociedad Latinoamericana y Caribeña de Historia Ambiental*, 8 (2), La Paz, Baja California, Historia Ambiental Latinoamericana y Caribeña, pp. 210-233 (2018); “La muerte materna en Chiapas: un diagnóstico desde las estadísticas vitales”, *PoblaciónES*, 1 (1), Nuevo León, Universidad Autónoma de Nuevo León, pp. 15-26 (2002).

**Rocío del Carmen Vargas Castilleja.** Doctora en Medioambiente por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Actualmente es profesora-investigadora de tiempo completo en el posgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Miembro de Sistema Nacional de Investigadores, nivel C. Sus líneas de investigación: cambio climático, recursos hídricos y sustentabilidad. Publicaciones recientes: “El recurso hídrico ante el cambio climático, distrito de riego del río Soto La Marina”, *Revista Ingeniería Agrícola*, 9 (1), La Habana, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, pp. 23-29 (2019); “Modelo de requerimiento hídrico en un distrito de riego en México: incorporando escenarios de cambio climático”, *Biotechnia. Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*, 21 (2), Hermosillo, Universidad de Sonora, pp. 129-136 (2019); “Análisis del requerimiento hídrico en un distrito

de riego de Tamaulipas, México”, *Revista Ingeniería Agrícola*, 9 (2) La Habana, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, pp. 3-13 (2019).

**Julio Cesar Rolón-Aguilar.** Doctor en Medio Ambiente por la Universidad de Sevilla. Actualmente es profesor-investigador de tiempo completo en el posgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Sus líneas de investigación: vulnerabilidad y desarrollo sustentable. Entre sus más recientes publicaciones, en coautoría: “El recurso hídrico ante el cambio climático, distrito de riego del río Soto La Marina”, *Revista Ingeniería Agrícola*, 9 (1), La Habana, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, pp. 23-29 (2019). “Modelo de requerimiento hídrico en un distrito de riego en México: incorporando escenarios de cambio climático”, *Biotechnia. Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*, 21 (2), Hermosillo, Universidad de Sonora, pp. 129-136 (2019).