

Evaluación de la sensibilidad, asociada a factores sociodemográficos y económicos, de una zona rural expuesta a los impactos de la variabilidad y el cambio climático en México

Assessment of the sensitivity, associated with sociodemographic and economic factors, of a rural area exposed to the impacts of variability and climate change in Mexico

Ramiro Ahumada-Cervantes*¹, Luis Carlos González-Márquez¹, Paúl Adaid García-López¹, Dulcelina Cota-Montes¹

¹Departamento de Ingeniería y Tecnología, Unidad Regional Guasave de la Universidad Autónoma de Occidente. Avenida Universidad S/n, Fraccionamiento Villa Universidad, Guasave, Sinaloa, México. C.P. 81048. *Correo electrónico: ramiroac2002@yahoo.com.mx

*Autor de correspondencia

Resumen

El cambio climático es una variación del clima atribuido principalmente a las actividades humanas; dicho cambio afecta ecosistemas, medios de vida, infraestructura, entre otros. Por esta razón, el objetivo del presente estudio fue evaluar la sensibilidad de áreas rurales expuestas a la variabilidad y el cambio climático utilizando un conjunto de indicadores al nivel de área geoestadística básica (AGEB). Este método se aplicó como caso de estudio en Guasave, Sinaloa, México. Se utilizaron 15 indicadores distribuidos en cuatro grupos de variables con igual peso. La información necesaria para cuantificar los indicadores se obtuvo del censo de población y vivienda 2010 y mediante la aplicación de encuestas en hogares. Los resultados muestran que 13 AGEB necesitan atención debido a su nivel de sensibilidad, la cual está asociada a una alta dependencia de actividades primarias. A partir de estos resultados, se plantean acciones para mejorar la capacidad adaptativa de la región.

Palabras clave: Adaptación; cambio climático; indicadores; sensibilidad; vulnerabilidad.

Abstract

Climate change is a variation of climate mainly attributed to human activities; this change affects ecosystems, livelihoods, infrastructure, among others. In this way, the objective of the present study was to assess the sensitivity of rural areas exposed to climate variability and climate change using a set of indicators at the *área geoestadística básica* (AGEB) level. This method was applied as a case study in Guasave, Sinaloa, Mexico. A total of 15 indicators distributed in four groups of variables with equal weight were used. The information needed to quantify the indicators was obtained from the 2010 population and housing census and through the application of household surveys. The results show that 13 AGEB need attention due to their sensitivity level, which is associated with a high dependence on primary activities. Based on these results, actions are proposed to improve the adaptive capacity of the region.

Keywords: Adaptation; climate change; indicators; sensitivity; vulnerability.

Recibido: 25 de febrero de 2020

Aceptado: 30 de abril de 2020

Publicado: 20 de mayo de 2020

Como citar: Ahumada-Cervantes, R., González-Márquez, L. C., García-López, P. A., & Cota-Montes, D. (2020). Evaluación de la sensibilidad, asociada a factores sociodemográficos y económicos, de una zona rural expuesta a los impactos de la variabilidad y el cambio climático en México. *Acta Universitaria* 30, e2831. doi. <http://doi.org/10.15174.au.2020.2831>

Introducción

El cambio climático es una variación en los patrones climáticos atribuidos en gran medida a la influencia humana. Actividades como la quema de combustibles fósiles, la agricultura, la ganadería, la deforestación, algunos procesos industriales, entre otras, generan el aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI). Las emisiones de GEI en la actualidad son las más altas de la historia, contribuyendo al calentamiento en el sistema climático. De esta manera, se altera la composición de la atmósfera global y se suma a la variabilidad natural del clima. Los efectos de este fenómeno contribuyen en la disminución de los volúmenes de nieve, en el aumento del nivel del mar, en la modificación en los regímenes de precipitación, en el incremento de la frecuencia e intensidad de los fenómenos climáticos extremos, entre otros (*Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2014*).

Estos cambios biofísicos, en correspondencia con las condiciones socioeconómicas de cada población, interactúan para producir diferentes impactos en las comunidades (Ahumada-Cervantes & García-López, 2018; Bennett, Blythe, Tyler & Ban, 2016; Tuler, Agyeman, Da Silva, LoRusso & Kay, 2008). En este sentido, las comunidades expuestas a los impactos del cambio climático son vulnerables, no solo por las presiones naturales, sino que están fuertemente influenciadas por su situación social, económica y política (Ahumada-Cervantes, González-Márquez & Rodríguez-Gallegos, 2018; Flores & Valdivia, 2011; Soares & García, 2014).

Un caso particular son las zonas rurales, ya que están expuestas y son sensibles a los impactos del cambio climático, los grupos poblacionales con mayores carencias se distribuyen generalmente en estas zonas (Ahumada-Cervantes *et al.*, 2017; IPCC, 2014). De acuerdo con el quinto informe de evaluación del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2014), los principales efectos del cambio climático en zonas rurales se refieren al impacto directo de fenómenos extremos, la disminución de la disponibilidad y el suministro de agua, la inseguridad alimentaria y la disminución de los ingresos agrícolas. Se prevé que el cambio climático afecte el bienestar de los pobladores de zonas rurales, principalmente aquellos que dependen de actividades primarias sensibles a este fenómeno. Como ejemplos de actividades sensibles se pueden mencionar el caso de la agricultura en regiones tropicales y templadas que, en ausencia de adaptación, podría disminuir su rendimiento con aumentos locales de temperatura por encima de los 2 °C (IPCC, 2014); los recursos pesqueros serán afectados por los cambios en temperatura y acidificación del océano, aunado a una mayor exposición de los pescadores a las inclemencias climáticas en la búsqueda de estos recursos (Bennett *et al.*, 2016; Colburn *et al.*, 2016; Nanlohy, Bambang, Ambariyanto & Hutabarat, 2015).

Desde esta perspectiva, se manejan los términos exposición y sensibilidad que, asociados a un tercer término llamado capacidad adaptativa, integran lo que se conoce como vulnerabilidad (Bele, Tiani, Somorin & Sonwa, 2013; McCarthy, Canziani, Leary, Dokken & White, 2001; Monterroso, Conde, Gay, Gómez & López, 2014; Pandey & Jha, 2012). De acuerdo con IPCC (2007). La vulnerabilidad al cambio climático es el grado en que los sistemas son capaces o incapaces de abordar los impactos negativos del cambio climático. El IPCC (2014) la define como la propensión o predisposición a ser afectado negativamente; el concepto comprende elementos como la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la falta de capacidad de respuesta y adaptación. Para Soares & Murillo-Licea (2013) la vulnerabilidad se utiliza para predecir y entender la existencia de impactos diferenciados en los distintos grupos de una sociedad, por cuanto las características internas de los elementos expuestos a las amenazas los hacen propensos a sufrir daños al ser impactados por estas.

Muchos investigadores han evaluado la vulnerabilidad por medio de índices con el uso de variables biofísicas y socioeconómicas traducidas en indicadores de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa (Ahumada-Cervantes *et al.*, 2017; Barman, Chatterjee & Kumar, 2016; Bele *et al.*, 2013; Hatfield *et al.*, 2018; Heltberg & Bonch-Osmolovskiy, 2011; Malik, Awan & Khan, 2012; Monterroso *et al.*, 2014; Moreno & Becken 2009; Ojeda, Iñiguez & González, 2010; Panthi *et al.*, 2016). Este método supone que la vulnerabilidad de un sistema o grupo de personas aumenta con la exposición y la sensibilidad y, en cambio, disminuye con la capacidad adaptativa. La exposición se refiere a la presencia de personas, medios de subsistencia, especies o ecosistemas, entre otros, en lugares que podrían verse afectados negativamente por el cambio climático (IPCC, 2014). La sensibilidad es la susceptibilidad al daño de los bienes y medios de vida expuestos a los riesgos provocados por el cambio climático (Heltberg & Bonch-Osmolovskiy, 2011). La capacidad adaptativa se refiere a la habilidad de la población para adaptarse a las condiciones cambiantes generadas por el cambio climático (Malik *et al.*, 2012).

Retomando el concepto de adaptación, en el contexto del cambio climático, el IPCC (2014) la define como "el proceso de ajuste al clima real o proyectado y sus efectos. En los sistemas humanos, la adaptación trata de moderar o evitar los daños o aprovechar las oportunidades beneficiosas". De acuerdo con la Ley General de Cambio Climático de México, "La adaptación se define como las medidas y ajustes en sistemas humanos o naturales, como respuesta a estímulos climáticos, proyectadas o reales o sus efectos, que pueden moderar el daño o aprovechar sus efectos beneficiosos" (Diario Oficial de la Federación [DOF], 2012). Es importante mencionar que la adaptación debe tener como objetivo la reducción de los impactos y la exploración de nuevas posibilidades provocadas por el cambio climático (Moreno & Becken, 2009).

Como ya se discutió, la sensibilidad es un elemento de vulnerabilidad que normalmente se ha estudiado en ese contexto y, esporádicamente, de forma independiente. Sin embargo, derivado de la gran cantidad de investigaciones que señalan a la sensibilidad como uno de los factores que más aporta a la vulnerabilidad de los sistemas o grupos de personas, surge la inquietud de estudiar este componente de manera individual. Algunas definiciones del término sensibilidad encontradas en la literatura se refieren a el grado en que un sistema se ve afectado, ya sea de manera adversa o beneficiosa, por la variabilidad o el cambio climático (IPCC, 2007); los factores estructurales que aumentan o disminuyen el impacto de la exposición (Bele *et al.*, 2013); el grado en que un sistema de subsistencia es afectado o responde a estímulos climáticos (Islam, Sallu, Hubacek & Paavola, 2014); el grado en que un sistema se ve afectado, o su capacidad para responder a un estímulo climático (Monterroso *et al.*, 2014); y las características que determinan cómo un sistema se ve afectado por los cambios en las variables climáticas (Bouroncle *et al.*, 2017). En este sentido, las definiciones coinciden en la respuesta o afectación que pueda tener el sistema en cuestión ante el cambio climático, dependiendo de las condiciones sociodemográficas y económicas reinantes en ese momento, ya que son las que determinan el que un sistema o una población sea sensible o no.

Diversos investigadores han encontrado variables relacionadas con la sensibilidad como factores determinantes de la vulnerabilidad de grupos poblacionales al cambio climático; entre ellos se pueden mencionar a Heltberg & Bonch-Osmolovskiy (2011), quienes señalan que la inseguridad alimentaria y la alta dependencia de la agricultura son las variables que más influyen en la vulnerabilidad de Tajikistan; Malik *et al.* (2012) encontraron que las condiciones socioeconómicas imperantes en Pakistán son determinantes en su vulnerabilidad; para Islam *et al.* (2014), la variable más importante es la alta dependencia de las actividades pesqueras en la costa de Bangladesh; Monterroso *et al.* (2014) reportan que las variables relacionadas con cuestiones demográficas, de salud y agrícolas son las más determinantes en México; y para Ahumada-Cervantes *et al.* (2017), variables como la densidad de población rural y la falta de servicios en los hogares son determinantes de la vulnerabilidad local en México.

Como se indicó líneas arriba, la sensibilidad frecuentemente es un elemento determinante de la vulnerabilidad. Sin embargo, normalmente no se ha estudiado de manera independiente. Ante esta situación y considerando que las áreas rurales son de las más vulnerables ante los impactos del cambio climático, debido a su alta sensibilidad, el objetivo del presente estudio fue evaluar la sensibilidad de áreas rurales expuestas a la variabilidad y el cambio climático con la ayuda de un conjunto de indicadores y utilizando como unidad de análisis el AGEB. Dicho estudio se desarrolló en el área rural del municipio de Guasave, Sinaloa, cuyos medios de vida dependen fuertemente de actividades primarias como la agricultura, la pesca y la ganadería. Derivado de los resultados, y de manera general, se proponen algunas acciones enfocadas en fortalecer ciertos aspectos poblacionales con el propósito de disminuir la sensibilidad de la región de estudio ante la variabilidad y el cambio climático.

Materiales y Métodos

Área de estudio

El estudio se realizó en la zona rural del municipio de Guasave, localizado entre los paralelos 25° 11' y 25° 50' N y los meridianos 108° 10' y 109° 02' O en el Norte del estado de Sinaloa, México. El municipio cuenta con una población total de aproximadamente 286 mil habitantes; de los cuales el 62.8% vive en comunidades urbanas. Asimismo, en dicho municipio existen 704 comunidades rurales que albergan una población de aproximadamente 106 mil habitantes (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2010a). La población económicamente activa (PEA) representa el 29% de la población total. El 43.3% de esta población se dedica al sector primario, especialmente las actividades agrícolas y pesqueras, siguiendo en orden de importancia los servicios, el comercio y la industria (H. Ayuntamiento de Guasave, 2019). Como observación de la realidad actual de la región, es importante mencionar que en la mayoría de las comunidades rurales existen profesionistas que ejercen su profesión y que no dependen de las actividades primarias o que su fuente de ingreso principal no proviene de estas. De igual manera, se ejercen otras ocupaciones que pueden ser dependientes o no de las actividades primarias.

En relación con los datos climáticos, y a manera de evidenciar la exposición del área de estudio ante el cambio y la variabilidad climática, a continuación se describen las condiciones climáticas reinantes en el periodo 1986-2015: la temperatura media anual es de 25.5 °C y la precipitación en promedio anual es de 424 mm; se han presentado cuatro ciclones tropicales con influencia directa o indirecta en la región, dos eventos anuales de lluvias extremas y 16 días (promedio anual) con temperaturas superiores a los 40 °C y 1.5 días (promedio anual) con temperaturas menores a los 4 °C (Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California [CICESE], 2019). Como observación, es importante mencionar la helada que se presentó en 2011, que ocasionó severos daños en las actividades agropecuarias y pesqueras.

Las proyecciones de cambio climático para la región de estudio indican aumentos de temperatura de entre 0.99 °C y 1.33 °C para el futuro cercano (2015-2039) y de entre 2.2 °C y 4.2 °C para el futuro lejano (2075-2099). En el caso de la precipitación, se proyecta una disminución de entre 11% y 25% para el futuro cercano y de entre 11% y 29% para el futuro lejano (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático [INECC], 2015).

Descripción de la escala espacial

La escala espacial utilizada en el presente estudio es el AGEB, que es una región geográfica definida con el propósito de referenciar la información de los censos de población en México. En muchos países es la unidad más pequeña para registrar este tipo de datos y adopta nombres como distrito censal, área censal,

tramo censal, entre otros (Domínguez-Berjón, Borrell, López & Pastor, 2005). Esta escala ha sido utilizada en México para evaluar la vulnerabilidad agrícola al cambio climático (Ahumada-Cervantes *et al.*, 2017) y para medir la vulnerabilidad de niños a los peligros del cambio climático (Collins *et al.*, 2013).

El AGEB forma parte del Marco Geoestadístico Nacional que maneja el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en México y se refiere a la extensión territorial correspondiente a la subdivisión de los municipios. Dependiendo de sus características, se clasifican en dos tipos: AGEB urbana y AGEB rural. En el presente estudio se trabajó exclusivamente con AGEB rurales. Estas AGEB se distribuyen en el área rural, su extensión territorial es variable y el uso del suelo es agropecuario o forestal; dentro de sus límites se ubican localidades rurales y extensiones naturales como pantanos, lagos, desiertos y otros; estas áreas son delimitadas por ríos, arroyos, vías de ferrocarril, líneas de conducción eléctrica y carreteras. El INEGI tiene asignada una clave para cada AGEB compuesta por tres números, un guion y un número que va del 0 al 9 o la letra A (INEGI, 2010b).

Para representar las AGEB en el territorio municipal se utilizó el Marco Geoestadístico Nacional del INEGI con el nivel de desagregación de AGEB rural. Dicha información se procesó utilizando el *Software* ArcGIS 10.6 y de esta manera se encontró que son 20 AGEB las que albergan población rural en el municipio en cuestión (figura 1). Se eligió trabajar con esta escala con el fin de conocer a mayor detalle las áreas rurales y grupos poblacionales con mayor sensibilidad a nivel local en Guasave y de esta manera poder recomendar acciones de adaptación al cambio climático dirigidas a dichas áreas y grupos.

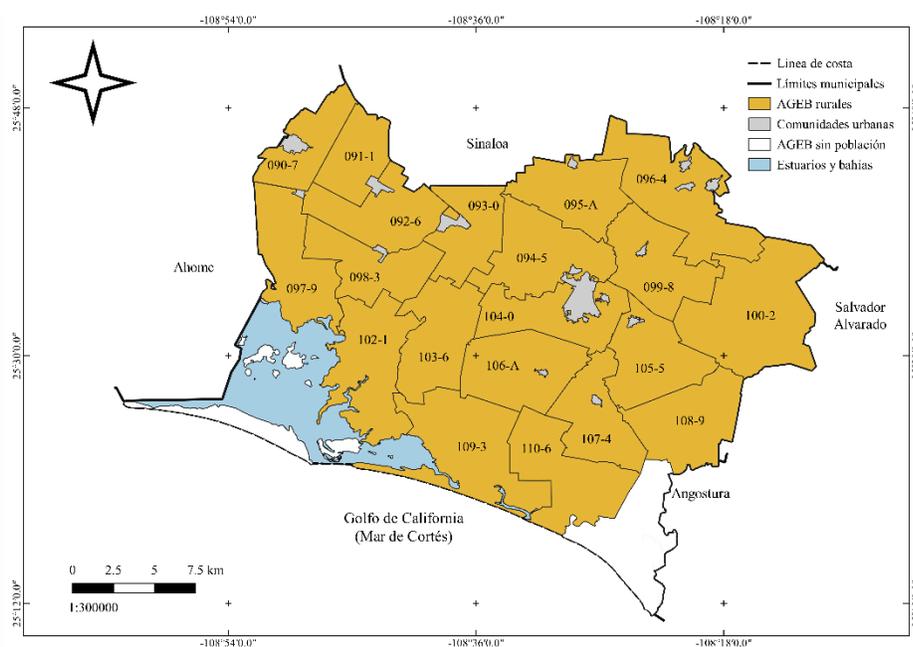


Figura 1. Distribución de las AGEB rurales en el municipio de Guasave.
Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2017).

Selección y cuantificación de indicadores

Para la estimación de la sensibilidad se utilizó una metodología basada en indicadores. Los indicadores de manera agregada o ponderada normalmente pueden generar índices (Scholes, Biggs, Palm & Duraiappah, 2013); para el caso de la presente investigación, constituye un índice de sensibilidad de un grupo poblacional ante el cambio climático.

En la selección de indicadores se buscó que estos fueran aplicables para la región de estudio al nivel de AGEB rural, sencillos de entender y que la información para su cuantificación se obtuviera fácilmente. La mayoría de los indicadores se seleccionaron a partir de estudios previos (Ahumada-Cervantes *et al.*, 2017; Islam *et al.*, 2014; Monterroso *et al.*, 2014; Pandey & Jha, 2012), así como de la experiencia propia en el tema. De esta manera, se utilizaron 15 indicadores en total, agrupados en cuatro componentes (Equipamiento y Servicios, Poblacional, Educativo y Económico-Productivo).

Para el componente de Equipamiento y Servicios se utilizaron cuatro indicadores, estos son: precariedad de la vivienda (Es1), porcentaje de población sin acceso a los servicios públicos de salud (Es2), distancia a los servicios (Es3) y uso doméstico de la tecnología (Es4). El componente Poblacional incluye los indicadores: porcentaje de hogares con jefatura mayor de 50 años (P1), porcentaje de hogares con jefatura femenina (P2), porcentaje de población menor de seis años (P3), porcentaje de población mayor de 60 años (P4) y porcentaje de población indígena (P5). Los indicadores que constituyen el componente Educativo son: tasa de analfabetismo (E1) y porcentaje de población de 6 a 14 años que no asiste a la escuela (E2). Finalmente, los indicadores correspondientes al componente Económico-Productivo se refieren a: población desocupada (Ep1), porcentaje de hogares con ingresos provenientes de actividades primarias (Ep2), porcentaje de ingresos relacionados con actividades primarias (Ep3) y promedio de actividades generadoras de ingresos (Ep4).

Un total de cinco indicadores (P3, P4, P5, E1 y E2) se cuantificaron a partir del Censo de Población y Vivienda 2010 (INEGI, 2010a), que es el censo más actualizado disponible en México. El resto de los indicadores (Es1, Es2, Es3, Es4, P1, P2, Ep1, Ep2, Ep3 y Ep4) se cuantificó a partir de información primaria generada a través de la aplicación de encuestas en hogares.

En relación con la encuesta, el tamaño de muestra se determinó de manera proporcional por AGEB tomando en cuenta el total de viviendas habitadas, para ello se utilizó la fórmula para la determinación de la muestra cuando el universo es finito (Ecuación 1). En este sentido, se aplicaron en total 2217 cuestionarios en el periodo septiembre 2018 a mayo 2019. Los cuestionarios se aplicaron a personas mayores de edad, uno por vivienda seleccionada al azar. En su aplicación participaron alumnos e investigadores colaboradores en el proyecto, con previa capacitación.

$$n = \frac{N \times Z^2 \times p \times q}{d^2 \times (N-1) + Z^2 \times p \times q} \quad (1)$$

donde n es el tamaño de muestra, N es el tamaño de la población, Z es el nivel de confianza (95%, $\alpha = 0.05$), p es la probabilidad de éxito (0.9), q es la probabilidad de fracaso ($q = 1-p$) y d es el error admitido (5%).

Es importante mencionar que, para esta evaluación, los indicadores se cuantificaron a partir de información actual, sin hacer proyecciones a futuro, por lo que el índice obtenido nos informa sobre la sensibilidad de la población en un momento dado, en el caso hipotético de ser afectada por alguna amenaza climática. Por esta razón, anteriormente se mencionaron las amenazas climáticas que afectan la región con el propósito de evidenciar su exposición a este tipo de fenómenos.

Índice de sensibilidad a la variabilidad y el cambio climático

Para obtener el índice de sensibilidad se calculó el promedio aritmético no ponderado de los cuatro componentes (Ecuación 2). Para ello, después de normalizar los valores con el propósito de hacerlos comparables entre sí, cada uno de los componentes se obtuvo sumando algebraicamente los indicadores correspondientes. De esta manera, se utilizó la Ecuación 3 para calcular el componente de Equipamiento y

Servicios, la Ecuación 4 para el componente Poblacional, la Ecuación 5 para el componente Educativo y la Ecuación 6 para el componente Económico-Productivo.

$$\text{Sensibilidad} = \frac{\text{Equipamiento y Servicios} + \text{Poblacional} + \text{Educativo} + \text{Económico-Productivo}}{4} \quad (2)$$

$$\text{Equipamiento y servicios} = \frac{Es1 + Es2 + Es3 + (1-Es4)}{4} \quad (3)$$

$$\text{Poblacional} = \frac{P1 + P2 + P3 + P4 + P5}{5} \quad (4)$$

$$\text{Educativo} = \frac{E1 + E2}{2} \quad (5)$$

$$\text{Económico - Productivo} = \frac{Ep1 + Ep2 + Ep3 + (1-Ep4)}{4} \quad (6)$$

Es importante mencionar que los indicadores *uso doméstico de la tecnología* (Es4) y *promedio de actividades generadoras de ingresos* (Ep4) son inversos a la sensibilidad. Por esta razón, Es4 se resta a 1 en la Ecuación 3 y se hace lo mismo con Ep4 en la Ecuación 6.

Una vez generado el índice de sensibilidad, se asignó el valor obtenido a cada AGEB, lo que permitió la jerarquización del nivel de sensibilidad. Los valores, después de normalizarlos en una escala de 0 a 5, se dividieron en cinco intervalos para asignarles un indicador cualitativo de sensibilidad. De esta manera, las AGEB cuyo índice corresponde a valores entre 0 y 1 se les clasificó con sensibilidad muy baja, a valores entre 1.01 y 2 les corresponde sensibilidad baja, valores entre 2.01 y 3 equivalen a sensibilidad moderada, valores entre 3.01 y 4 se traducen en sensibilidad alta y finalmente, a las AGEB con valores mayores a 4 se asignaron con sensibilidad muy alta. Con esta información fue posible elaborar un mapa de distribución de la sensibilidad en la región de estudio.

Análisis estadístico

Con el propósito de determinar la relación que guarda cada uno de los indicadores, así como los componentes con la sensibilidad e identificar el aporte de cada uno de ellos, se calculó el coeficiente de correlación lineal de Pearson. De igual manera, se utilizó la prueba de *t* de Student para corroborar la significancia de esta relación.

Para este fin, se consideraron dos posibles hipótesis:

1. H₀: Ambas variables no están relacionadas.

2. H₁: Ambas variables están relacionadas.

Los valores obtenidos de *t* se compararon con el valor de tablas ($\alpha = 0.05$ y N-2 grados de libertad). De esta manera, las variables cuyo valor de *t-calculado* fue mayor al valor crítico de 2.101 (*t-tablas*) fueron consideradas significativas en relación con la sensibilidad.

Resultados y discusión

Índice de sensibilidad a la variabilidad y el cambio climático

Se encontró que 13 AGEB tienen algún grado crítico de sensibilidad a la variabilidad y el cambio climático (muy alta, alta y moderada). Tres presentaron sensibilidad muy alta (090-7, 103-6 y 108-9), cinco tuvieron sensibilidad alta (092-6, 095-A, 098-3, 109-3 y 110-6) y cinco mostraron sensibilidad moderada (091-1, 093-0, 096-4, 097-9 y 102-1). Las siete AGEB restantes, al presentar sensibilidad baja o muy baja, no se les consideró en situación crítica (figura 2). Considerando la población rural del municipio al año 2010 (INEGI, 2010a), aproximadamente el 40% de esta población se distribuye en AGEB que requieren atención por su nivel de sensibilidad. En un estudio previo realizado a la misma escala espacial, Ahumada-Cervantes *et al.* (2017) reportan que las AGEB 102-1, 096-4 y 095-A son las más sensibles en cuestiones agrícolas al cambio climático en el municipio de Guasave. La coincidencia entre ambos estudios corresponde en solo tres AGEB; sin embargo, es importante mencionar que estos investigadores evaluaron la vulnerabilidad agrícola con indicadores enfocados en este sistema, por lo que ambos estudios solo coinciden en cinco indicadores para medir la sensibilidad.

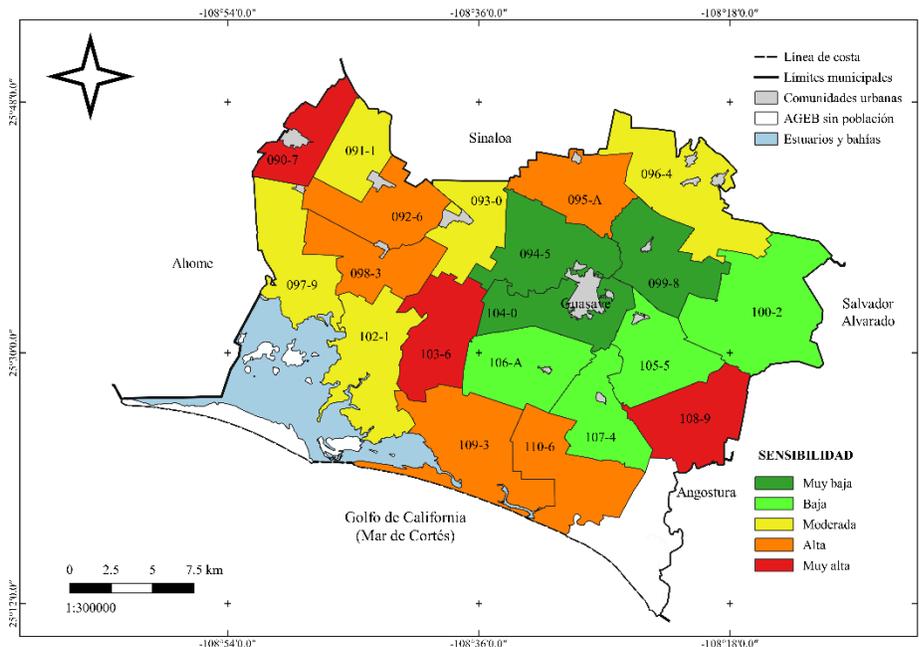


Figura 2. Distribución espacial de la sensibilidad a la variabilidad y el cambio climático de la población rural en el municipio.
Fuente: Elaboración propia.

La sensibilidad a la variabilidad y el cambio climático en la región de estudio es explicada principalmente por los componentes Económico-Productivo y Educativo. Dichos componentes mostraron coeficientes de correlación significativos con la sensibilidad ($\alpha = 0.05$) con valores de 0.87 y 0.45, respectivamente. En relación con el componente de Equipamiento y Servicios, el coeficiente de correlación es de 0.33 y para el poblacional es prácticamente cero. Entre los investigadores que han encontrado alta influencia de factores Económico-Productivos en la sensibilidad, se pueden mencionar a Heltberg & Bonch-Osmolovskiy (2011) en Tajikistán; Black, Kniveton & Schmidt-Verkerk (2011) en Ghana; Islam *et al.* (2014) en la costa de Bangladesh; De Loyola, Cutter & Emrich (2016) en Brasil; y Ahumada-Cervantes *et al.*

(2017) en México. Con respecto a la influencia de factores educativos en la sensibilidad, esta ha sido reportada por Heltberg & Bonch-Osmolovskiy (2011) en Tajikistán.

Analizando el aporte de los componentes que más influyen en la sensibilidad al cambio climático, se tiene que, de las 10 AGEB con los valores más altos para el componente Económico-Productivo (090-7, 110-6, 109-3, 108-9, 091-1, 092-6, 102-1, 097-9, 103-6 y 095-A), todas tienen algún nivel de sensibilidad que requiere atención. En relación con el componente Educativo, de las 10 AGEB con los valores más altos, ocho requieren atención (098-3, 090-7, 103-6, 095-A, 093-0, 096-4, 108-9 y 110-6) (tabla 1).

Tabla 1. Valores normalizados de los componentes que presentaron correlación significativa con la sensibilidad a la variabilidad y el cambio climático.

AGEB	Educativo	Económico-Productivo	Nivel de sensibilidad
090-7	0.71	1	Muy alta
091-1	0.13	0.74	Media
092-6	0.16	0.73	Alta
093-0	0.43	0.52	Media
094-5	0.31	0	Muy baja
095-A	0.5	0.59	Alta
096-4	0.24	0.56	Media
097-9	0	0.68	Media
098-3	1	0.48	Alta
099-8	0.19	0.3	Muy baja
100-2	0.23	0.4	Baja
102-1	0.12	0.7	Media
103-6	0.55	0.67	Muy alta
104-0	0.2	0.15	Muy baja
105-5	0.17	0.23	Baja
106-A	0.12	0.42	Baja
107-4	0.09	0.5	Baja
108-9	0.21	0.84	Muy alta
109-3	0.18	0.88	Alta
110-6	0.21	0.94	Alta

Fuente: Elaboración propia.

El indicador poblacional que se correlacionó más estrechamente con la sensibilidad es *porcentaje de población indígena* (P5), con un valor de 0.40. Sin embargo, no se consideró estadísticamente significativo. Las AGEB que reportan los valores más altos para este indicador son 110-6, 098-3, 103-6 y 093-0, con porcentajes mayores a 4.0, pero menores a 13.0. Con respecto al componente Educativo, el único indicador individual que presenta un coeficiente de correlación significativo con la sensibilidad es *tasa de analfabetismo* (E1) con un valor de 0.49; las AGEB más afectadas por este indicador son 090-7, 095-A, 103-6, 098-3 y 093-0, con porcentajes de analfabetismo mayores a 9.0, pero menores a 17.0. En relación con el componente Económico-Productivo, los indicadores *porcentaje de hogares con ingresos provenientes de actividades primarias* (Ep2) y *porcentaje de ingresos relacionados con actividades*

primarias (Ep3) mostraron una correlación significativa con la sensibilidad, con valores de 0.88 y 0.90. De las 13 AGEB que requieren atención, con excepción de la 093-0 y la 096-4, todas presentaron valores por arriba de la media (69.2%) para el indicador Ep2. De igual manera, con excepción de la 093-0, todas las AGEB con nivel crítico de sensibilidad a la variabilidad y el cambio climático presentaron valores mayores a la media (64.2%) para el indicador Ep3 (tabla 2). Finalmente, ningún indicador correspondiente al componente de Equipamiento y Servicios mostró gran influencia en la sensibilidad, probablemente porque el equipamiento y los servicios se distribuyen de manera homogénea en la región de estudio.

Tabla 2. Valores de los indicadores críticos para las AGEB que requieren atención por su nivel de sensibilidad a la variabilidad y el cambio climático.

AGEB sensibles	Indicadores críticos			
	P5 (%)	E1 (%)	Ep2 (%)	Ep3 (%)
090-7	0	16.9	84.1	91.6
091-1	0.83	7	74	72.7
092-6	1.6	7.5	75.8	73.6
093-0	4.3	9.4	68.2	62.1
095-A	1.7	13.5	72.4	65
096-4	0.13	8.7	65.2	65.4
097-9	0.2	5.3	79.2	64.5
098-3	6.5	12.9	70.7	65.5
102-1	1.8	5.9	76.3	69.5
103-6	5.1	13.3	76.9	70.1
108-9	0.3	5.9	81.5	78.8
109-3	1.1	6.6	85.2	77.6
110-6	12.6	8.3	84.9	85.3
Media	2.01	8.6	69.2	64.2

Fuente: Elaboración propia.

En este orden de ideas, de los 15 indicadores utilizados, solamente tres presentaron correlación significativa con la sensibilidad: *porcentaje de ingresos relacionados con actividades primarias*, *porcentaje de hogares con ingresos provenientes de actividades primarias* y *tasa de analfabetismo*. Autores como Heltberg & Bonch-Osmolovskiy (2011), Black et al. (2011), Islam et al. (2014), De Loyola et al. (2016) y Ahumada-Cervantes et al. (2017) demostraron en sus investigaciones que una alta dependencia de actividades primarias genera mayor sensibilidad al cambio climático. A su vez, para Heltberg & Bonch-Osmolovskiy (2011) el bajo nivel educativo fue una variable determinante de la sensibilidad. Analizando la figura 2, se puede observar que las AGEB ubicadas alrededor de la ciudad de Guasave (cabecera municipal) son las menos sensibles al cambio climático, lo cual se debe a que sus pobladores tienen mayor diversidad de actividades productivas a su alcance, por la cercanía con esta ciudad. De esta manera, sus ingresos dependen menos de actividades primarias vulnerables al cambio climático.

Es probable que las condiciones de la región de estudio no sean tan críticas como las que se presentan en otras zonas rurales del país. Sin embargo, el hecho de que se tenga una dependencia alta de actividades primarias, aun y cuando estas actividades actualmente dejen buenos ingresos a los productores

locales, al presentarse el impacto por algún evento extremo relacionado con el clima, puede volver crítica la situación para aquellos hogares cuyo principal ingreso depende de este tipo de actividades. Por esta razón, es importante la aplicación de este tipo de metodologías que pueden servir para tomar medidas y anticiparse a los impactos de la variabilidad y el cambio climático.

Recomendaciones para disminuir la sensibilidad en AGEB que requieren atención

A continuación, se recomiendan algunas acciones útiles que podrían implementarse en el área (tabla 3). Esto con el propósito de ejemplificar la utilidad de este tipo de metodologías, ya que dictamina la principal problemática que existe en la región, conociendo las variables y las áreas más críticas en las que se debe actuar. Es importante mencionar que es una propuesta muy general y que están pensadas en el contexto local de la región de estudio. Asimismo, se requiere mayor análisis y la participación de la población para determinar si pueden ser llevadas a la implementación y la manera de hacerlo.

Las acciones propuestas se enfocan en la mejora de las condiciones socioeconómicas para, de esta manera, fortalecer los indicadores identificados como críticos en aquellas AGEB que requieren atención. De esta forma, se podría lograr disminuir la sensibilidad a la variabilidad y el cambio climático en esta región, como lo indican Heltberg & Bonch-Osmolovskiy (2011) y Malik *et al.* (2012). Algunas de las acciones propuestas también han sido recomendadas por autores como Byjesh, Kumar & Aggarwal (2010); Ojeda, Sifuentes, Rojano & Íñiguez (2012); Eyshi, Gaiser, Siebert & Ewert (2015); y Ahumada-Cervantes, Velázquez-Angulo & Ahumada-Cervantes (2018).

Tabla 3. Acciones recomendadas por AGEB que requiere atención.

Acciones de adaptación	AGEB de aplicación
Fomento de la asistencia escolar y permanencia	090-7, 093-0, 095-A, 098-3 103-6 y 108-9
Implementación de programas de educación para adultos	090-7, 093-0, 095-A, 096-4, 098-3 y 103-6
Diversificación de actividades productivas	090-7, 091-1, 092-6, 093-0, 095-A, 096-4, 097-9, 098-3, 102-1, 103-6, 108-9, 109-3 y 110-6
Fomento de programas sociales	093-0, 098-3 y 103-6
Fomento de apoyos gubernamentales para el emprendimiento	090-7, 091-1, 092-6, 093-0, 095-A, 096-4, 097-9, 098-3, 102-1, 103-6, 108-9, 109-3 y 110-6
Uso de cultivos con baja demanda de agua y resistentes a bajas y altas temperaturas	090-7, 091-1, 092-6, 095-A, 096-4, 097-9, 098-3, 102-1, 103-6, 108-9, 109-3 y 110-6
Contratación de seguros agrícolas	090-7, 091-1, 092-6, 095-A, 096-4, 097-9, 098-3, 102-1, 103-6, 108-9, 109-3 y 110-6
Fomento de programas de apoyo para actividades primarias	090-7, 091-1, 092-6, 095-A, 096-4, 097-9, 098-3, 102-1, 103-6, 108-9, 109-3 y 110-6

Fuente: Elaboración propia.

El fomento de la asistencia escolar y permanencia, así como la implementación de programas de educación para adultos van enfocados en mejorar las condiciones educativas de la población y con ello su

capacidad de adaptación. La diversificación de actividades productivas, el fomento de programas sociales y el fomento de apoyos gubernamentales para el emprendimiento son importantes para ampliar las opciones de sustento y que la población ya no sea tan dependiente de las actividades primarias, para de esta manera mejorar su condición económica.

El uso de cultivos con baja demanda de agua y resistentes a bajas y altas temperaturas y la contratación de seguros agrícolas se recomiendan para brindar mayor certidumbre a la actividad agrícola en condiciones de cambio climático. En este sentido, es importante aclarar que Guasave es un municipio netamente agrícola, ya que aproximadamente el 87% de su superficie es dedicada a esta actividad (INEGI, 2009), por lo que una de las prioridades es mejorar la capacidad de adaptación de este sector. Con relación al fomento de programas de apoyo para actividades primarias, se puede mencionar que los apoyos gubernamentales son esenciales para este tipo de actividades.

Los distintos ámbitos de gobierno en México operan programas que se traducen en apoyos de diversos tipos, pero en muchas ocasiones estos apoyos no benefician a quienes más los necesitan, simplemente porque se desconoce su existencia o la forma de acceder a ellos. De igual manera, según Ibararán, Lucatello & Mendivil (2015), la Ley General de Cambio Climático establece que los recursos para el desarrollo de acciones de adaptación en México deben ser prioritarios; sin embargo, los mismos autores señalan que aún no se han desarrollado acciones específicas para financiar este tipo de proyectos y existe poca información para determinar el estado en el que se encuentra el apoyo financiero para este rubro. En este sentido, en el país todavía falta mucho por hacer en materia de adaptación al cambio climático.

Conclusiones

Se desarrolló un índice para evaluar la sensibilidad al cambio climático en áreas rurales utilizando un conjunto de indicadores aplicables a pequeña escala. Este índice se aplicó con éxito a nivel de AGEB rural en un municipio cuyos medios de vida dependen fuertemente de actividades primarias como la agricultura, la pesca y la ganadería. El índice desarrollado puede trasladarse a otras regiones del país y del mundo, siempre y cuando las variables que se utilicen sean representativas de las condiciones locales de cada región.

Es importante resaltar la combinación de dos métodos para obtener la información necesaria para cuantificar las variables. Se utilizó una base de datos existente (Censo de Población y Vivienda 2010) y también se incorporaron los conocimientos locales mediante la aplicación de encuestas en hogares. Como resultado de la aplicación del índice, se encontró que 13 de 20 AGEB necesitan atención debido a su nivel de sensibilidad al cambio climático y que el 40% de la población rural del municipio se distribuye en estas AGEB. La sensibilidad al cambio climático en la región de estudio está determinada principalmente por factores Económico-Productivos y Educativos. De los 15 indicadores utilizados, los de mayor influencia en la sensibilidad son: *porcentaje de ingresos relacionados con actividades primarias*, *porcentaje de hogares con ingresos provenientes de actividades primarias* y *tasa de analfabetismo*. Los resultados obtenidos resultaron útiles como base para el diseño acciones encaminadas hacia la mejora de las condiciones socioeconómicas y a la disminución del riesgo de actividades primarias expuestas a factores climáticos.

Agradecimientos

A la Secretaría de Educación Pública (SEP) que, a través del Programa para el Desarrollo Profesional Docente, para el tipo Superior (PRODEP), aportó el financiamiento del proyecto.

Referencias

- Ahumada-Cervantes, R., Velázquez-Angulo, G., Rodríguez-Gallegos, H. B., Flores-Tavizón, E., Félix-Gastélum, R., Romero-González, J., & Granados-Olivas, A. (2017). An indicator tool for assessing local vulnerability to climate change in the Mexican agricultural sector. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 22(1), 137-152. doi: <https://doi.org/10.1007/s11027-015-9670-z>
- Ahumada-Cervantes, R., & García-López, P. A. (2018). Conocimiento y percepción acerca del cambio climático en comunidades costeras del municipio de Guasave, Sinaloa, México. *Investigación y Ciencia*, 26(75), 38-45. <https://www.redalyc.org/jatsRepo/674/67457300005/67457300005.pdf>
- Ahumada-Cervantes R., González-Márquez, L. C., & Rodríguez-Gallegos, H. B. (2018). Conocimiento y percepción acerca del cambio climático en la población rural de Guasave, Sinaloa. *Revista Latinoamericana el Ambiente y las Ciencias* 9(21), 1303–1318. [http://emas.siu.buap.mx/portal_pprd/work/sites/rlac/resources/LocalContent/86/2/9\(21\)-93.pdf](http://emas.siu.buap.mx/portal_pprd/work/sites/rlac/resources/LocalContent/86/2/9(21)-93.pdf)
- Ahumada-Cervantes, R., Velázquez-Angulo, G., & Ahumada-Cervantes, B. (2018). Adaptación del sector agrícola ante el cambio climático: Propuesta de medidas a escala espacial fina en Guasave, Sinaloa, México. *Acta Universitaria*, 28(1), 46-56. doi: <http://dx.doi.org/10.15174/au.2018.1351>
- Barman, N. K., Chatterjee, S., & Kumar, A. (2016). Estimate the coastal vulnerability in the Balasore Coast of India: A statistical approach. *Modeling Earth Systems and Environment*, 2(20), 1-10. doi: <https://doi.org/10.1007/s40808-015-0074-6>
- Bele, M. Y., Tiani, A. M., Somorin, O. A., & Sonwa, D. J. (2013). Exploring vulnerability and adaptation to climate change of communities in the forest zone of Cameroon. *Climatic Change*, 119, 875–889. doi: <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0738-z>
- Bennett, N. J., Blythe, J., Tyler, S., & Ban, N. C. (2016). Communities and change in the anthropocene: Understanding social-ecological vulnerability and planning adaptations to multiple interacting exposures. *Regional Environmental Change*, 16, 907-926. doi: <https://doi.org/10.1007/s10113-015-0839-5>
- Byjesh, K., Kumar, S., & Aggarwal, P. (2010). Simulating impacts, potential, adaptation and vulnerability of maize to climate change in India. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 15, 413-431. doi: <https://doi.org/10.1007/s11027-010-9224-3>
- Black, R., Kniveton, D., & Schmidt-Verkerk, K. (2011). Migration and climate change: Towards an integrated assessment of sensitivity. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 43(2), 431-450. doi: <https://doi.org/10.1068/a43154>
- Bouroncle, C., Imbach, P., Rodríguez-Sánchez, B., Medellín, C., Martínez-Valle, A., & Läderach, P. (2017). Mapping climate change adaptive capacity and vulnerability of smallholder agricultural livelihoods in Central America: Ranking and descriptive approaches to support adaptation strategies. *Climatic Change*, 141, 123–137. doi: <https://doi.org/10.1007/s10584-016-1792-0>
- Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE). (2019). *Compuestos diarios en malla del CLICOM*. Recuperado el 07 de enero de 2019 de <http://clicom-mex.cicese.mx/malla/index.php>
- Colburn, L. L., Jepson, M., Weng, C., Seara, T., Weiss, J., & Hare, J. A. (2016). Indicators of climate change and social vulnerability in fishing dependent communities along the Eastern and Gulf Coasts of the United States. *Marine Policy*, 74, 323-333. doi: <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.04.030>
- Collins, T. W., Grineski, S. E., Ford, P., Aldouri, R., Romo, M., Velázquez-Angulo, G., Fitzgerald, R., & Lu, D. (2013). Mapping vulnerability to climate change-related hazards: Children at risk in a US–Mexico border metropolis. *Population and Environment*, 34, 313-337. doi: <https://doi.org/10.1007/s11111-012-0170-8>
- De Loyola, B. M., Cutter, S. L., & Emrich, C. T. (2016). Social vulnerability to natural hazards in Brazil. *International Journal of Disaster Risk Science*, 7, 111-112. doi: <https://doi.org/10.1007/s13753-016-0090-9>
- Diario Oficial de la Federación (DOF). (2012). Ley General de Cambio Climático. México. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGCC_130718.pdf

- Domínguez-Berjón, M. F., Borrell, C., López, R., & Pastor, V. (2005). Mortality and socioeconomic deprivation in census tracts of an urban setting in Southern Europe. *Journal of Urban Health*, 82, 225-236. doi: <https://doi.org/10.1093/jurban/jti047>
- Eyshi, E., Gaiser, T., Siebert, S., & Ewert, F. (2015). Adaptation of crop production to climate change by crop substitution. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 20, 1155-1174. doi: <https://doi.org/10.1007/s11027-013-9528-1>
- Flores, A., & Valdivia, G. (2011). Las percepciones de la población rural campesina de la Microcuenca Mollebamba sobre la incidencia del cambio climático en su forma de vida. Serie Investigación, Nro. 5. Cusco: Centro Bartolomé de las Casas, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación. Perú.
- H. Ayuntamiento de Guasave. (2019). *Información de Guasave*. Recuperado el 06 de enero de 2019 de <http://guasave.gob.mx/s/informacion-de-guasave-2/>
- Hatfield, J. L., Antle, J., Garrett, K. A., Izaurralde, R. C., Mader, T., Marshall, E., Nearing, M., Robertson, G. P., & Ziska, L. (2018). Indicators of climate change in agricultural systems. *Climatic Change*, 1-14. doi: <https://doi.org/10.1007/s10584-018-2222-2>
- Heltberg, R., & Bonch-Osmolovskiy, M. (2011). Mapping vulnerability to climate change. *Policy Research Working Paper*, 5554, 1-18. <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/3324/WPS5554.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ibarrarán, M. G., Lucatello, S., & Mendivil A. (2015). Opciones y financiamiento para la adaptación. En C. Gay, A. Cos & C. T. Peña (Eds.). *Reporte Mexicano de Cambio Climático: Impactos, vulnerabilidad y adaptación* (pp. 241-255). México, D. F.: Universidad Nacional Autónoma de México. http://www.pincc.unam.mx/libro_reportemex/Reporte_Mexicano_grupo2.pdf
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). (2015). Actualización y divulgación de los nuevos escenarios de cambio climático aplicados a México para fortalecer las capacidades nacionales. Recuperado el 15 de noviembre de 2018 de <https://www.gob.mx/inecc/documentos/actualizacion-y-divulgacion-de-los-nuevos-escenarios-de-cambio-climatico-aplicados-a-mexico-para-fortalecer-las-capacidades-nacionales>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2009). *Censo agropecuario 2007, VIII censo agrícola, ganadero y forestal*. Aguascalientes México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2010a). *Censo de Población y Vivienda 2010, principales resultados por localidad*. Recuperado el 15 de noviembre de 2018 de http://www.inegi.org.mx/sistemas/consulta_resultados/
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2010b). *Manual de cartografía geoestadística*. Aguascalientes México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- Instituto de Estadística y Geografía (INEGI). (2017). *Marco Geoestadístico*. Recuperado el 25 de julio de 2017 de <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463142683>
- Intergovernmental Panel on Climate change (IPCC). (2007). Summary for policymakers. En M. L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden & C. E. Hanson (Eds.), *Climate change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of working group II to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 7-22). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Intergovernmental Panel on Climate change (IPCC). (2014). Summary for policymakers. En C. Field, V. Barros, J. Dokken, K. Mach, M. Mastrandrea, T. Bilir, M. Chatterjee, K. Ebi, Y. Estrada, R. Genova, B. Girma, E. Kissel, A. Levy, S. MacCracken, P. Mastrandrea & L. White (Eds.). *Climate change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability* (pp.1-32). New York, NY: Cambridge University Press.
- Islam, M. M., Sallu, S., Hubacek, K., & Paavola, J. (2014). Vulnerability of fishery-based livelihoods to the impacts of climate variability and change: Insights from coastal Bangladesh. *Regional Environmental Change*, 14, 281-294. doi: <https://doi.org/10.1007/s10113-013-0487-6>
- Malik, S. M., Awan, H., & Khan, N. (2012). Mapping vulnerability to climate change and its repercussions on human health in Pakistan. *Globalization and Health*, 8(31), 1-10. doi: <https://doi.org/10.1186/1744-8603-8-31>

- McCarthy, J., Canziani, O., Leary, N., Dokken, D., & White, K. (2001). *Climate change 2001: Impacts, adaptation and vulnerability*. Cambridge University Press. Cambridge, UK.
- Monterroso, A., Conde, C., Gay, C., Gómez, D., & López, J. (2014). Two methods to assess vulnerability to climate change in the Mexican agricultural sector. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 19, 445–461. doi: <https://doi.org/10.1007/s11027-012-9442-y>
- Moreno, A., & Becken, S. (2009). A climate change vulnerability assessment methodology for coastal tourism. *Journal of Sustainable Tourism*, 17(4), 473–488. doi: <https://doi.org/10.1080/09669580802651681>
- Nanlohy, H., Bambang, A. N., Ambariyanto, & Hutabarat, S. (2015). Coastal communities knowledge level on climate change as a consideration in mangrove ecosystems management in the Kotania Bay, West Seram Regency. *Procedia Environmental Sciences*, 23, 57-163. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2015.01.024>
- Ojeda, W., Iñiguez, M., & González, J. M. (2010). Vulnerabilidad de la agricultura de riego de México ante el Cambio Climático. En C. Patiño & P. Martínez (Eds.), *Atlas de vulnerabilidad hídrica en México ante el cambio climático. Efectos del cambio climático en los recursos hídricos de México, vol. III* (pp. 115-142). Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Ojeda, W., Sifuentes, E., Rojano, A., & Iñiguez, M. (2012). Adaptación de la agricultura de riego ante el cambio climático. En F. Polioptro, C. Martínez & C. Patiño (Eds.), *Adaptación al cambio climático: Efectos del cambio climático en los recursos hídricos de México: volumen IV* (pp. 65-113). Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Pandey, R., & Jha, S. (2012). Climate vulnerability index—measure of climate change vulnerability to communities: A case of rural Lower Himalaya, India. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 17, 487–506. doi: <https://doi.org/10.1007/s11027-011-9338-2>
- Panthi, J., Aryal, S., Dahal, P., Bhandari, P., Krakauer, N. Y., & Prasad, V. (2016). Livelihood vulnerability approach to assessing climate change impacts on mixed agro-livestock smallholders around the Gandaki River Basin in Nepal. *Regional Environmental Change*, 16, 1121–1132. doi: <https://doi.org/10.1007/s10113-015-0833-y>
- Scholes, R., Biggs, R., Palm, C., & Duraiappah, A. (2013). Assessing state and trends in ecosystem services and human well-being. In: *A manual for assessment practitioners*. <https://www.stockholmresilience.org/publications/artiklar/2011-01-28-assessing-state-and-trends-in-ecosystem-services-and-human-well-being.html>
- Soares, D., & García, A. (2014). Percepciones campesinas indígenas acerca del cambio climático en la cuenca de Jovel, Chiapas–México. *Cuadernos de Antropología Social* (39), 63-89. doi: <https://doi.org/10.34096/cas.i39.1286>
- Soares, D., & Murillo-Licea, D. (2013). Gestión de riesgo de desastres, género y cambio climático. Percepciones sociales en Yucatán, México. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 10(72), 181-199. <https://www.redalyc.org/pdf/117/11729823008.pdf>
- Tuler, S., Agyeman, J., Da Silva, P., LoRusso, K. R., & Kay, R. (2008). Assessing vulnerabilities: Integrating information about driving forces that affect risks and resilience in fishing communities. *Human Ecology Review*, 15(2), 171-184. <https://www.jstor.org/stable/24707601?seq=1>