



## **VULNERABILIDAD ECONÓMICA ANTE AMENAZAS NATURALES. CASO CULIACÁN, SINALOA**

**Humberto Guerrero Rojo.** hgrojo\_29@hotmail.com  
**Yazmín Paola Íñiguez Ayón.** arq.yazminpaola@gmail.com  
**Natalia Correa Delval.** natalia.correa@uas.edu.mx  
Facultad de Arquitectura. Universidad Autónoma de Sinaloa  
(UAS). Culiacán, Sinaloa

### RESUMEN

En los últimos años, la atención a los desastres naturales, se ha centrado en el análisis de las vulnerabilidades, considerando que las posibilidades de intervenir en un fenómeno natural son casi nulas. De aquí que, el objetivo de la presente investigación es evaluar la vulnerabilidad de la ciudad de Culiacán, Sinaloa ante amenazas naturales, considerando principalmente los aspectos económicos de su población. Se determina evaluar la vulnerabilidad mediante un análisis de componentes principales (ACP) del método factorial aplicaciones con el SPSS. El análisis implica la participación de 14 variables que expresan la vulnerabilidad económica, seleccionadas directamente de la base de datos del censo de población y vivienda 2010. El concepto de vulnerabilidad se concibe de forma holística para evitar una simplificación de la complejidad que este fenómeno implica. Los resultados que cuantifican la vulnerabilidad, se exponen mediante un mapa georreferenciado a nivel AGEB, que categoriza los niveles de vulnerabilidad; muy bajo, bajo, medio y alto de vulnerabilidad. A partir de los resultados obtenidos, se identifican las zonas de mayor vulnerabilidad, lo que permite destacar que sólo aproximadamente el 20 % de la ciudad, se vuelve vulnerable en niveles de vulnerabilidad media y alta.

**PALABRAS CLAVE:** Vulnerabilidad económica; amenaza natural; análisis de componentes principales (ACP).

## **ECONOMIC VULNERABILITY TO NATURAL HAZARDS. CASE CULIACÁN, SINALOA**

### ABSTRACT

In recent years, the attention to natural disasters has focused on the analysis of vulnerabilities, considering that the possibilities to intervene in a natural phenomenon are almost nil. Hence, the objective of this research is to evaluate the vulnerability of the city of Culiacán, Sinaloa to natural threats, considering mainly the economic aspects of its population. It is determined to evaluate the vulnerability through an analysis of principal components (PCA) of the factorial method with SPSS applications. The analysis implies the participation of 14 variables that express the economic vulnerability, selected directly from the 2010 population and housing census database. The concept of vulnerability is conceived holistically to avoid a simplification of the complexity that this phenomenon implies. The results that quantify vulnerability are exposed by means of a georeferenced map at the AGEB level, which categorizes the



levels of vulnerability; very low, low, medium and high. From the results obtained areas of greatest vulnerability are identified, allowing to highlight that only approximately 20 % of the city becomes vulnerable at medium and high vulnerability levels.

**KEYWORDS:** Economic vulnerability, natural hazard, principal component analysis (PCA).

## INTRODUCCIÓN

La vulnerabilidad de los asentamientos humanos está íntimamente ligada a los procesos sociales que se desarrollan en el mismo lugar y, está también relacionada con la fragilidad, la susceptibilidad o la falta de resiliencia de los elementos expuestos ante amenazas de diferente índole (Cardona, 2002). Es en los países en desarrollo, según Cardona (2002) es donde se percibe un incremento de la vulnerabilidad ocasionado por factores como el rápido e incontrolable crecimiento urbano y el deterioro ambiental, ocasionando la pérdida de la calidad de vida, la destrucción de los recursos naturales, del paisaje y la diversidad genética y cultural. Por su parte, Rodríguez de Acosta (2002) menciona que el crecimiento poblacional y los procesos de urbanización, las tendencias en la ocupación del territorio, el proceso de empobrecimiento de importantes segmentos de la población, la utilización de sistemas organizacionales inadecuados y la presión sobre los recursos naturales, han hecho aumentar en forma continua la vulnerabilidad de la población frente a una amplia diversidad de fenómenos de origen natural.

Según un informe de la Organización de las Naciones Unidas, la mayor parte del crecimiento urbano se está produciendo en los países en desarrollo (ONU-Habitat, 2016). Por otra parte, la oficial de asuntos de población Lina Bassarsky señala que “la urbanización va a continuar y lo va a hacer más rápido en los países de ingresos bajos y medios” (Noticias ONU, 2018), implicando prestar atención a aspectos como el alojamiento, el transporte, la energía, los servicios educativos y sanitarios o el empleo para poder satisfacer las necesidades de los ciudadanos. Por su parte, el Banco Mundial comenta que una vez que se construye una ciudad, su estructura física y patrones del uso del suelo pueden permanecer durante generaciones, dando lugar a una expansión insostenible (Banco Mundial [BM], 2020), ejerciendo presión sobre la tierra y los recursos naturales, lo que produce resultados indeseables como; zonas vulnerables, impacto negativo en el medio ambiente y un desequilibrio ecológico. En palabras propias, al respecto se puede comentar que cuando se desarrolla una rápida urbanización en las ciudades se producen algunas insuficiencias como la poca planificación urbana, provocando por un lado fragilidades físicas en su estructura como una mayor exposición territorial ante fenómenos naturales.

El estudio de los desastres ha evolucionado a través de los años, tiempo atrás, el análisis de riesgo de desastre se enfocaba mayormente en la peligrosidad natural, después como lo señala Cantos (2008) se ha pasado del estudio detallado de la peligrosidad natural a la valoración de la vulnerabilidad que lleva implícita dichos peligros, de manera que ahora, el análisis físico de los procesos de riesgo se completa con el estudio de las variables social y económica de los territorios en riesgo. Por su parte, Ruiz Rivera (2012) comenta que los avances teóricos apuntan al problema de refinar los conceptos y métodos para el estudio de las causas o efectos de la vulnerabilidad. De aquí, lo relevante del presente estudio de investigación, que aborda la importancia de un análisis de vulnerabilidad, aún más sobresaliente al tratarse de una de las dimensiones de la vulnerabilidad que poco ha sido estudiada. Al respecto, Cardona (1993) señala lo importante de realizar un análisis de vulnerabilidad al comentar que se trata de un proceso, por el cual, se determina la predisposición a la pérdida de un elemento o grupo de elementos ante un peligro específico,



mientras que por otro lado, Navarro et al. (2020) mencionan que en un análisis de riesgo, a los procesos sociales tanto materiales como inmateriales que hacen que se produzca el desastre se les conoce como vulnerabilidad, mientras que, al conjunto de procesos naturales se les engloba dentro de la peligrosidad.

Para fines del estudio, la definición del concepto de vulnerabilidad con mayor referente es la que expone la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastre (UNISDR), donde se menciona que el *nivel de vulnerabilidad* de los habitantes ante el efecto potencial de una amenaza natural deriva de las características de las personas o grupos en términos de pobreza, así como de las condiciones sociales, culturales y económicas que influye en su *capacidad* para anticipar, hacer frente, resistir y recuperarse de los efectos adversos de la amenaza (Blaikie et al., 1994; UNISDR, 2017). Desde la perspectiva de un modelo de desarrollo, el trabajo se sustenta en la formulación de dos modelos conceptuales para analizar la vulnerabilidad, el primero examina la evolución de las condiciones inseguras específicas en términos de presiones dinámicas como son la urbanización y la degradación ambiental y, en términos de causas de fondo inmersas en la economía política (Blakie et al., 1994, p. 96), el segundo modelo parte del concepto de acceso, desde una familia, comunidad o sociedad dada, a los recursos que permiten seguridad frente a determinadas amenazas (Cardona, 2001, p. 105). Por parte de la metodología aplicada en el estudio son referentes los trabajos de Bohórquez (2013) y Navarro et al. (2020), el primero realiza una evaluación de la vulnerabilidad social ante amenazas naturales en Manzanillo (Colima), logrando una aportación de método (metodológica), el segundo realiza un análisis de la vulnerabilidad social a los riesgos naturales mediante técnicas estadísticas multivariantes, en estas investigaciones se demuestra que el Análisis de Componentes Principales (ACP), es una de las metodologías más adecuada para en el estudio de la vulnerabilidad, puesto que logra el mayor acercamiento a un enfoque holístico en el objetivo de valorar la vulnerabilidad ante amenazas naturales.

El objetivo principal de la investigación es identificar mediante niveles de vulnerabilidad económica, las áreas más vulnerables de la ciudad de Culiacán ante el efecto materializado de una amenaza natural, considerando principalmente indicadores derivados de la falta de recursos económicos, con base a determinada consideración, puede pensarse que la ciudad es poco vulnerable porque se tienen indicios de un buen desarrollo económico regional, más sin embargo, un resultado así, no implicaría que la investigación deje de ser importante, sino al contrario, los resultados serían muy significativos puesto que las zonas identificadas como vulnerables, estarían bajo verdaderamente una condición de debilidad y fragilidad, que una vez materializado el daño por alguna amenaza natural, su calidad de vida se vería realmente perjudicada. Por último, se menciona que el presente trabajo se desarrolla bajo la siguiente estructura; primeramente, se plantea un marco conceptual para el estudio de la vulnerabilidad económica, luego, se describe la metodología empleada en el tratamiento y análisis de los datos utilizados, por consiguiente, se realiza una discusión de los resultados obtenidos tanto del análisis de reducción de la dimensionalidad como del análisis de información geoespacial, cerrando con la presentación de las conclusiones del estudio de investigación.

## MARCO CONCEPTUAL PARA EL ESTUDIO DE LA VULNERABILIDAD

Dentro del marco de acción de Hyogo (2005), la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNISDR, por sus siglas en inglés) ha conceptualizado la vulnerabilidad como “las condiciones determinadas por factores o procesos físicos, sociales, económicos y ambientales que aumentan la susceptibilidad y exposición de una comunidad al impacto de amenazas” UNISDR (2015). Dos años después, la UNISDR presenta una terminología sobre el riesgo de desastre en la que define a la vulnerabilidad como el nivel de vulnerabilidad de los habitantes ante el efecto potencial de una amenaza



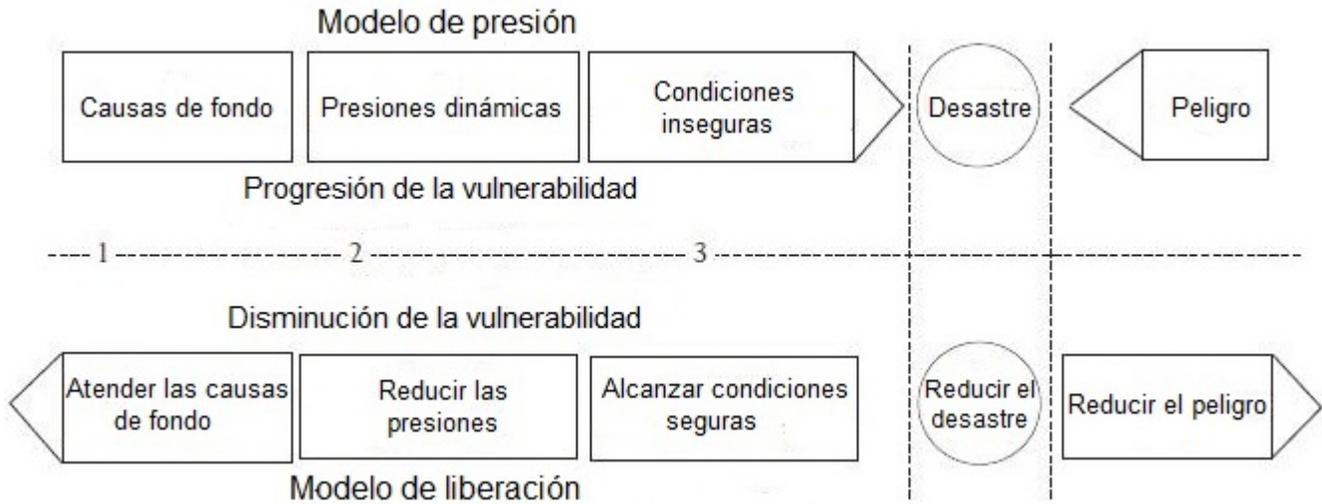
natural, deriva de las características de las personas o grupos en términos de pobreza, así como de las condiciones sociales, culturales y económicas que influye en su capacidad para anticipar, hacer frente, resistir y recuperarse de los efectos adversos de la amenaza (Blaikie et al., 1994; UNISDR, 2017), definición que se indicó como referente del estudio de la investigación desde la introducción de este trabajo. Por su parte, Wisner et al. (2004) definen la vulnerabilidad como “las características de una persona o grupo y su situación, que influencia su capacidad de anticipar, lidiar, resistir y recuperarse del impacto de una amenaza” (p. 11), implicando una combinación de factores que determinan el grado hasta el cual, la vida y la subsistencia de alguien quedan en riesgo por un evento distinto e identificable de la naturaleza o de la sociedad.

Los factores físicos, ambientales, económicos, sociales, etc., que permiten a las localidades identificar ya sea la mayor o menor probabilidad de quedar expuesta ante un desastre, son un conjunto de elementos observables que pueden ser de diverso origen y, que generalmente, siempre tienen una estrecha relación o vínculo (Falconí, 2016), es decir, no se presentan de manera aislada, sino por el contrario, son factores interdependientes. Cuando estos elementos se separan por su naturaleza de origen, se identifica su pertenencia en dimensiones particulares que precisan los tipos de vulnerabilidad (es decir, distintas vulnerabilidades), como, por ejemplo; la vulnerabilidad social, económica, física, cultural, entre otras. Estos ángulos particulares para analizar el fenómeno global de vulnerabilidad fueron definidos por Wilches-Chaux (1993), quien al respecto de la vulnerabilidad en estudio comenta que existe una relación indirecta entre los ingresos y el impacto de los fenómenos físicos extremos, siendo la pobreza un fenómeno socioeconómico que aumenta el riesgo de desastre. Según Wilches-Chaux (1993) “la vulnerabilidad económica a nivel local e individual se expresa en desempleo, insuficiencia de ingresos, inestabilidad laboral, dificultad o imposibilidad total de acceso a los servicios formales de educación, de recreación y de salud” (p. 16). También, Falconí (2016) hace mención de los distintos factores que originan la vulnerabilidad, comentando que los factores económicos refieren a la ausencia o poca disponibilidad de recursos económicos de los miembros de una localidad, como la mala utilización de los recursos disponibles para una correcta gestión del riesgo, siendo la pobreza una de las mayores causas de la vulnerabilidad. A partir de las definiciones que se han expuesto, como de los modelos conceptuales referentes para la medición de la vulnerabilidad, que a continuación se describen, se tiene al final del apartado la definición básica con la que se parte para la evaluación de la vulnerabilidad.

El planteamiento causa-efecto del problema de la vulnerabilidad parte del modelo “pressure and release model” (PAR, por sus siglas en inglés). Este modelo fue elaborado por Blaikie et al. (1994) y ampliado por Wisner et al. (2004). El modelo asume que los desastres surgen de la intersección de dos fuerzas opuestas, por un lado, la presión que ejercen los fenómenos naturales potencialmente peligrosos y, por el otro, las presiones ejercidas por las interacciones de los procesos que generan vulnerabilidad. Los primeros son procesos naturales que actúan recurrentemente en el territorio, mientras que, las segundas son manifestaciones de la vulnerabilidad en los procesos de evolución de los asentamientos humanos (Ley García y Calderón Aragón, 2008). Entonces, se puede precisar que el origen de estas fuerzas es distinto, aunque, por otra parte, se sabe que pueden converger en un tiempo y espacio geográfico determinado, provocando el desencadenamiento del desastre, como se indica en el modelo de presión de la Figura 1.



FIGURA 1. MODELO DE PRESIÓN Y LIBERACIÓN



Fuente: Actualizado de Ley García y Calderón Aragón, (2008). Modificado de Blaikie et al. (1994)

El modelo de presión y liberación atiende dos comportamientos opuestos, uno trata de la *progresión de la vulnerabilidad* y, el otro, trata de la *disminución de la vulnerabilidad*. Este trabajo, como el propio modelo PAR hace énfasis en el modelo de presión o progresión de la vulnerabilidad, específicamente en su último componente, las condiciones inseguras, puesto que se intenta evaluar las zonas vulnerables que reúnen condiciones inseguras por la falta de recursos económicos en la población. El modelo de presión de Wisner et al. (2004) se basa fundamentalmente en factores económicos y políticos, tomados en cuenta en sus tres componentes; causas de fondo, presiones dinámicas y condiciones inseguras:

- Causas de fondo. Se refieren a los procesos estructurales que generan condiciones de desigualdad en el acceso a satisfactores clave. La desigualdad en procesos económicos, demográficos y políticos, sería un ejemplo significativo.
- Presiones dinámicas. Son la traducción de esas condiciones estructurales en fenómenos como; migración, urbanización, degradación ambiental o corrupción, etc.
- Condiciones inseguras. Se generan por las presiones dinámicas en la dimensión más concreta de la vida cotidiana de las personas, siendo las que responden directamente a las presiones generadas por las amenazas. Como ejemplo, se tienen, los barrios en condiciones de pobreza, excluidos, segregados y rezagados.

Las presiones dinámicas pueden entenderse como procesos globales de desarrollo y de transformación que materializan condiciones de vulnerabilidad en una comunidad, en consecuencia, aumentan la posibilidad en el riesgo de desastre. Por tanto, debe de proclamarse principalmente por parte de instituciones de gobierno y educativas, la pertinencia en la atención a estos problemas dinámicos. Precisamente, estas presiones dinámicas del modelo PAR son el fundamento del modelo con enfoque holístico de Cardona (2001), que también es referente en la presente investigación. Esto se comenta, a partir de lo que se plantea por parte del modelo de Cardona (2001), que parte de aceptar la hipótesis de que existe una alta relación entre las carencias producidas por el desarrollo y la vulnerabilidad. Este



planteamiento intenta integrar el contenido de las lecturas de las ciencias físicas y sociales, con la finalidad de tener una visión más completa de los factores que originan la vulnerabilidad, teniendo en cuenta, los aspectos de resistencia física ante los fenómenos naturales y los aspectos prevaletentes de autoprotección individual y colectiva (Cardona, 2001). Según el modelo con enfoque holístico, son tres los factores que originan la vulnerabilidad, definidos como:

- Fragilidad física o exposición. Condición de susceptibilidad que tiene el asentamiento humano de ser afectado por estar en el área de influencia de los fenómenos peligrosos y por su fragilidad física ante los mismos.
- La fragilidad social. Corresponde a la predisposición que surge como resultado de la marginalidad y segregación social de un asentamiento humano y de sus condiciones de desventaja y debilidad relativa por factores socioeconómicos.
- Falta de resiliencia. Expresa las limitaciones de acceso y movilización de recursos del asentamiento humano, su incapacidad de respuesta y sus deficiencias para absorber el impacto (Cardona, 2001).

Una vez expuestas las definiciones de vulnerabilidad más apropiadas en el estudio de la investigación, como también, explicados los modelos principales en el análisis de la misma, se entiende a la vulnerabilidad económica de una comunidad ante el posible efecto de una amenaza natural, como el nivel de fragilidad en su sistema físico-social que deriva de la falta de recursos económicos, a partir de la falta de empleo, la insuficiencia de ingresos e inestabilidad laboral, que disminuye su capacidad de anticipar y resistir el impacto, como de recuperarse del mismo y, que a la vez, aumentan su exposición a dicho efecto de impacto. Se concluye, entonces, que la pobreza de una comunidad es una de las causas más significativas de su vulnerabilidad, caracterizándose por la falta de recursos económicos que impiden una completa y correcta gestión de riesgo de desastre.

También, de lo expuesto en este marco conceptual, puede considerarse a la vulnerabilidad ante amenazas naturales como un fenómeno complejo multidimensional, por el simple hecho, que se produce en gran medida mediante fenómenos sociales, implicando la relación entre diversos aspectos de dimensionalidad como puede ser; el estatus socioeconómico, el grupo étnico, el género, la edad, la educación, la salud, discapacidades, la estructura familiar, las redes sociales, etc. Según Navarro et al (2020) la vulnerabilidad aumenta cuando estos aspectos característicos, se interrelacionan entre sí, pues considerar sólo uno ellos, no lograría ser suficiente para estar frente a una aproximación de vulnerabilidad, en cambio, la confluencia de varias de estas características en un espacio determinado puede ser decisiva en la evaluación de la vulnerabilidad. De los aspectos mencionados, se derivan características que se traducen en variables concretas y, que pueden ser medidas de forma cuantitativa para el análisis de la vulnerabilidad, precisamente, son variables de naturaleza cuantitativa las que se utilizan en el análisis de estudio de esta investigación. Por parte última de este apartado, se menciona que, Cardona (2001) considera que los aspectos físicos como edificaciones e infraestructuras constituyen la dimensión “dura” de la vulnerabilidad, mientras que, por la otra parte, los aspectos sociales conforman la dimensión “blanda” de la misma. Al separar estas dimensiones fácilmente se podrían identificar las unidades de medida en un análisis, lo que significa de alguna manera que estas dimensiones intervienen directamente en la valoración de la vulnerabilidad.



## METODOLOGÍA

El análisis de la vulnerabilidad implica la consideración de un conjunto numeroso de variables características en sus dimensiones, requiriendo una metodología adecuada y/o apropiada para su estudio. En este sentido, se ha aplicado una metodología basada en una de las técnicas estadísticas multivariantes más utilizadas, es decir, el método de análisis de componentes principales (ACP), método que se explica a detalle más adelante, como también se explica en un apartado siguiente, la selección del conjunto de variables que participan en el análisis y los resultados obtenidos que permiten identificar las áreas urbanas con la mayor vulnerabilidad económica de la ciudad de Culiacán, Sinaloa.

## CASO DE ESTUDIO

Geográficamente, la ciudad de Culiacán, Sinaloa, se ubica en la región centro del Estado de Sinaloa, en un valle a faldas de la Sierra Madre Occidental en la confluencia de los ríos Tamazula y Humaya, donde se unen para formar el Río Culiacán. La ciudad de Culiacán forma parte del noroeste de México ocupando sólo una parte del municipio de Culiacán. Las coordenadas correspondientes son: 24°48'15" N (Latitud Norte) y 107°25'52" O (Longitud Oeste), con una altitud de 54 metros sobre el nivel del mar (INEGI, 2009b). De acuerdo al Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), la ciudad cuenta con una mancha urbana de 65 km<sup>2</sup>, siendo la más extensa del estado de Sinaloa (INEGI, 2010). Con base a los resultados del producto generado por el Censo de Población y Vivienda 2010, se tiene una población de 675,773 habitantes (329,608 hombres y 346,165 mujeres), por lo que, resulta una densidad poblacional de 10396.5 hab/km<sup>2</sup> y, un concentrando de 78.7 % de la población urbana total del Municipio. La Figura 2, muestra la ubicación geográfica de la ciudad de Culiacán, Sinaloa.

FIGURA 2. LOCALIZACIÓN DE LA CIUDAD DE CULIACÁN, SINALOA, MÉXICO



Fuente: INEGI (2021)



Para el 2014, según la Delegación Federal de Sinaloa entre las principales actividades económicas en la ciudad de Culiacán se encuentra el comercio, los servicios inmobiliarios y de alquiler, agricultura y ganadería, construcción, industria alimentaria, entre algunas otras, contando en el rubro de infraestructura productiva con importantes parques industriales como; parque industrial El Trébol, Canacintra I y II, La primavera, entre otros. La ciudad de Culiacán es la capital del Estado de Sinaloa, estado que se considera líder nacional de la industria alimentaria, siendo, por tanto, el sector industrial alimentario uno de los sectores con mayor influencia en la economía de la ciudad, que se deriva de la gran producción agrícola que tiene el Estado de Sinaloa y el municipio de Culiacán. El municipio de Culiacán se considera líder en la producción de Maíz y de hortalizas, tales como; tomate, pepino, chile, etc. Otra actividad importante que rodea a la ciudad de Culiacán es la ganadería para la producción de carne y leche, lo que la convierte en un centro de comercialización de estos productos, colocándola en un liderazgo nacional en la industria ganadera, siendo SuKarne la empresa sede más significativa en producción de carne a nivel estatal y nacional. El sector empresarial en el giro de la comercialización y construcción, también está presente en la economía de la ciudad, puesto que alberga empresas como Coppel, Casa Ley, Homex, entre otras. Con base a lo expuesto, puede reconocerse que la ciudad de Culiacán contribuye en gran medida en la economía del municipio y del estado.

#### *ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (ACP). APLICACIONES CON SPSS*

Como se menciona en el marco conceptual, cuando se estudia la vulnerabilidad se trata con variables interdependientes, es, por tanto, que se ha optado por un análisis de componentes principales (PCA, por sus siglas en inglés). El análisis de componentes principales (Pearson, 1901) es una técnica de análisis de la interdependencia que no distinguen entre variables dependientes e independientes, sino que, les asigna una importancia equivalente, siendo su objetivo identificar que variables están relacionadas, como lo están y el porqué de la relación. Esta técnica pertenece al método descriptivo de los métodos multivariantes, donde los datos utilizados deben ser variables cuantitativas o métricas. El método estadístico multivariante analiza simultáneamente conjuntos de datos multivariantes, en el sentido de que hay varias variables medidas para cada entidad estudiada. Su razón de ser, radica en un mejor entendimiento del fenómeno objeto de estudio, obteniendo información que los métodos estadísticos univariantes y bivariantes son incapaces de conseguir. Los métodos descriptivos pertenecen al método multivariante con orientación en la reducción de la dimensionalidad, donde se deduce que, a partir de observar un conjunto de variables cuantitativas sobre una muestra razonable, parte de esa información que se recolecta puede ser redundante o excesiva, en consecuencia, los métodos de reducción de la dimensión como el ACP tratan de eliminarla. Como resultado del ACP donde participan muchas variables observadas se obtiene un número reducido de variables ficticias o variables en otras dimensiones, capaces de representar al conjunto de variables originales. A continuación, se presenta una reestructuración resumida del modelo matemático expuesto por Pérez López (2004), que fundamenta el método de ACP.

El análisis en componentes principales es una técnica multivariante que persigue reducir la dimensión de una tabla de datos excesivamente grande por el elevado número de variables que contiene  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , para quedarse con unas cuantas variables denominadas componentes principales ( $C_1, C_2, \dots, C_p$ ), que son una combinación de las iniciales, perfectamente calculables y, que sinteticen la mayor parte de la información contenida en sus datos. Las componentes principales se representan mediante modelos matemáticos lineales, como se indica:

$$C_1 = a_{11}x_1 + a_{21}x_2 + \dots + a_{n1}x_n$$



⋮

$$C_p = a_{1p}x_1 + a_{2p}x_2 + \dots + a_{np}x_n$$

Dónde: el sub-índice n, representa el número de variables y, el subíndice p, el número de componentes.  
Por lo tanto:

$C_1, C_2, \dots, C_p$ : son los componentes principales.

$x_1, x_2, \dots, x_n$ : son las variables iniciales que participan en el análisis.

$a_{np}$ : es el peso de la variable n en el componente p.

Inicialmente, se tienen tantas componentes como variables, es decir, los p componentes es igual a las n variables. Después, sólo se retienen los j componentes principales que explican un porcentaje alto de la variabilidad de las i variables iniciales, es, por tanto, que muy posiblemente, el valor de j sea menor al de i. Los componentes deben ser suficientes para resumir la mayor parte de la información contenida en las variables originales. Así mismo, cada variable original podrá expresarse en función de las componentes principales, de modo que, la varianza de cada variable original se explica completamente por los componentes cuya combinación lineal la determinan.

$$x_1 = r_{11}C_1 + r_{12}C_2 + \dots + r_{1j}C_j$$

⋮

$$x_n = r_{i1}C_1 + r_{i2}C_2 + \dots + r_{ij}C_j$$

Dónde: el sub-índice i, representa el número de variables originales ( $i = n$ ) y, el subíndice j, representa el número de componentes retenidos ( $j < p$ ). Cada componente principal  $C_j$ , se asocia con el valor propio j-ésimo (en magnitud) de la matriz ( $a_{ij}$ ).

i: es el número de componentes retenidos

j: es el número de variables originales

$r_{ij}$ : es el coeficiente de correlación entre la variable  $x_i$  y el componente  $C_j$ . Se calcula como:  $r_{ij} = \sqrt{\tau_j} a_{ij}$

$a_{ij}$ : es el peso de la variable i en el componente j.

$\tau_j$ : es el valor propio del componente j.

Como conclusión, se tiene que el ACP es una técnica estadística de reducción de datos que, a partir de un conjunto numeroso de variables, permite encontrar grupos homogéneos de variables que representan una nueva dimensión. Estos grupos se forman con las variables que, entre sí, tienen un alto factor de correlación, procurando inicialmente que unos grupos sean independientes de otros. Su propósito último, consiste en buscar el número mínimo de dimensiones (factores) capaces de explicar la mayor variabilidad de información contenida en los datos.

La herramienta utilizada para el análisis de reducción de la dimensionalidad es el software SPSS. El proceso completo de análisis factorial por el SPSS consta de cuatro fases características: el cálculo de una matriz capaz de expresar la variabilidad conjunta de todas las variables, la extracción del número óptimo de factores, la rotación de la solución para facilitar su interpretación y la estimación de las puntuaciones



de los sujetos en las nuevas dimensiones. Para ejecutar correctamente un análisis factorial es necesario tomar algunas decisiones en cada una de las fases, es decir, se tienen que seleccionar algunas especificaciones para personalizar la ejecución del procedimiento y, así, obtener la solución más adecuada. Los estadísticos que se presentan mediante tablas y gráficas, en el apartado de la discusión de resultados, son producto de cada una de las fases del análisis factorial.

Para localizar y visualizar geográficamente la distribución de las áreas vulnerables de la ciudad de Culiacán, se recurre al uso de la herramienta del software QGIS. Según, Mancomún (2018) QGIS es un sistema de información geográfica de software libre, liberado bajo la licencia GPL. Los SIG, también conocidos como GIS (del inglés, *Geographic Information System*) son sistemas que nos permiten capturar, visualizar, analizar, modificar y compartir información geográfica (Mancomún, 2018). Por otro lado, Garay y Agüero (2016) mencionan que, la finalidad de un SIG es resolver problemas complejos de planificación y gestión, por lo que, se emplean en diversos ámbitos, como lo son; el urbanismo, la ordenación del territorio, el desarrollo sostenible, la gestión de recursos, la logística, el transporte, entre otros (Mancomún, 2018). La naturaleza integradora del SIG característico como parte de los resultados de este trabajo de investigación, se compone principalmente por cinco de los elementos básicos que pueden constituir a cualquier sistema SIG, estos son:

- Dato: materia prima necesaria para el trabajo en un SIG. Conjunto de datos numéricos como las variables participantes.
- Métodos: conjunto de formulaciones y metodologías a aplicar sobre los datos, para lograr estos datos en arreglos útiles. Análisis de componentes principales.
- Datos geográficos: contienen la información esencial del SIG, es decir, la información geoespacial que da existencia al SIG. Conjunto de datos vectoriales de las AGEBs, se encuentran en formato shape.
- Software: aplicación informática que pueda trabajar con los datos e implemente los métodos anteriores. Software SPSS.
- SIG. Interacción de los objetos geográficos y los datos en arreglos útiles. Creación y visualización de cartografía o mapa de vulnerabilidad de la ciudad de Culiacán.

Como resumen, se tiene que, el mapa SIG de la ciudad de Culiacán, contendría información económica y socioeconómica, de manera que, con el mismo se podrá consultar cuáles son las áreas geográficas con mayor vulnerabilidad, de este modo, el mapa SIG obtenido, se convierte en una herramienta que puede ser tomada en cuenta para llevar a cabo estudios de ordenación del territorio, como en la toma de decisiones en políticas públicas.

### *SELECCIÓN DE LAS VARIABLES*

Para la selección de las variables, se sirve de la información generada con base a los resultados del Censo de Población y Vivienda 2010, realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Esta base de datos expone una selección de indicadores relacionados directamente con las características sociodemográficas de la población y las viviendas de las localidades urbanas del país. La información se desagrega territorialmente a nivel de área geostatística básica (AGEB). El desplegado de la información contiene 190 indicadores para las 373 AGEBs que componen la localidad urbana de la ciudad de Culiacán, Sinaloa. Del conjunto de indicadores, se seleccionó un sub-conjunto de 14 variables características que atienden la definición de la vulnerabilidad económica ante amenazas naturales expuesta en el marco conceptual de este trabajo, es decir, variables representativas para cuantificar este tipo de vulnerabilidad.



La aproximación a la vulnerabilidad económica en este estudio, se considera bajo un enfoque multi-amenaza, enfoque señalado en los trabajos de referencia de Blaikie et al. (1994) y Cutter et al. (2003), dicho enfoque considera de manera implícita la peligrosidad natural en el análisis de la vulnerabilidad, sin tener que especificar una amenaza en particular, como los terremotos o inundaciones. La Tabla 1, contiene el conjunto de variables analizadas en el estudio.

TABLA 1. CONJUNTO DE VARIABLES ANALIZADAS

<i>Variables</i>	<i>Unidad</i>	<i>Mnemónico</i>
Población nacida en otra entidad.	Personas	PNACOE
Población de 3 años y más que habla alguna lengua indígena y no habla español.	Personas	P3HLINHE
Población de 6 a 11 años que no asiste a la escuela.	Personas	P6A11_NOA
Población de 15 años y más analfabeta.	Personas	P15YM_AN
Población de 15 años y más sin escolaridad.	Personas	P15YM_SE
Población no económicamente activa.	Personas	PE_INAC
Población desocupada.	Personas	PDESOCUP
Población sin derechohabiencia a servicios de salud.	Personas	PSINDER
Viviendas particulares deshabitadas.	Viviendas	VIVPAR_DES
Viviendas particulares habitadas con piso de tierra.	Viviendas	VPH_PISOTI
Viviendas particulares habitadas con un dormitorio.	Viviendas	VPH_1DOR
Viviendas particulares habitadas con un sólo cuarto.	Viviendas	VPH_1CUART
Viviendas particulares habitadas que no disponen de luz eléctrica.	Viviendas	VPH_S_ELEC
Viviendas particulares habitadas que no disponen de agua entubada en el ámbito de la vivienda.	Viviendas	VPH_AGUAFV
Viviendas particulares habitadas que no disponen de drenaje.	Viviendas	VPH_NODREN
Viviendas particulares habitadas sin ningún bien.	Viviendas	VPH_SNBIEN

Fuente. Elaboración propia, empleando la base de datos del Censo de Población y Vivienda 2010.

Es importante comentar que, al inicio del análisis se consideró un conjunto de variables candidatas, las cuáles, se sometieron a un primer procesamiento que puede denominarse como solución inicial, a través de cuál, se pudo identificar que una de las variables tenía una varianza igual a cero y, que, algunas otras



no se correlacionaban. Por lo que, dichas variables fueron eliminadas, llegando al conjunto de variables de la Tabla 1. Estas variables son las que se someterían al análisis final, asegurando por la actualización considerada, la correlacionalidad entre ellas. Una vez atendida esta primera parte del análisis, se asegura que el modelo factorial es adecuado y pertinente para explicar los datos analizados, esta adecuación y pertinencia se maneja mediante los estadísticos KMO y prueba de esfericidad de Bartlett. Los valores de estos estadísticos, se presentan en el siguiente apartado, como también en ese mismo apartado, se exponen las discusiones de los resultados del análisis de reducción de la dimensionalidad como de la información geoespacial obtenida.

## DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la prueba de esfericidad de Bartlett, se obtuvo un nivel de significación (Sig.) igual a cero, por lo que, se rechaza la hipótesis nula de esfericidad y, se asegura que, el modelo factorial es adecuado para explicar los datos utilizados. Se obtiene un valor del índice KMO igual a 0.786, por lo que, se considera aceptable la adecuación de los datos a un modelo de análisis factorial (pertinencia del análisis con los datos utilizados). La Tabla 2, contiene los valores que resultan para los estadísticos que se mencionan.

TABLA 2. PRUEBA DE KMO Y BARTLETT

<i>Pruebas estadísticas</i>		<i>Medida</i>
Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adecuación de muestreo		.786
Prueba de esfericidad de Bartlett	Aprox. Chi-cuadrado	1142.706
	Gl	91
	Sig.	.000

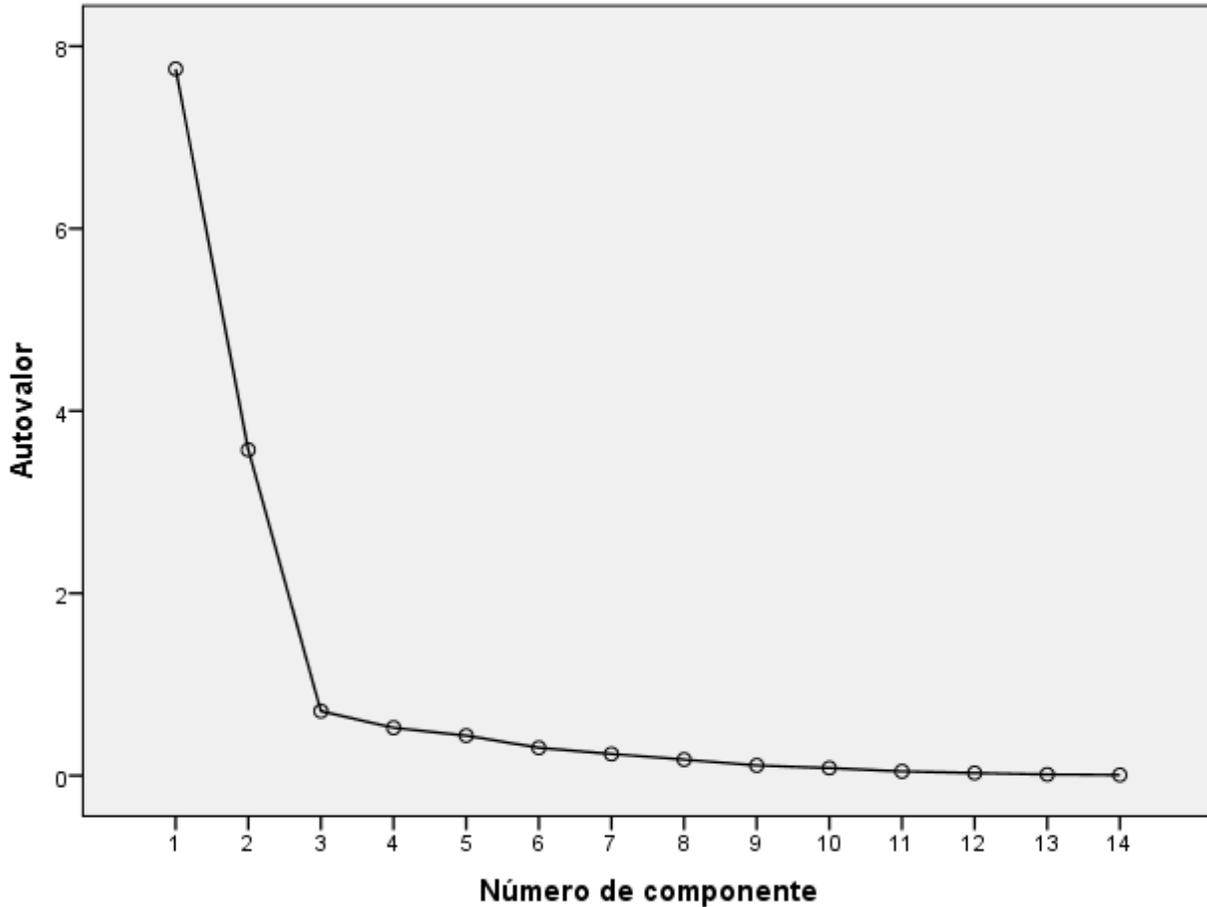
Fuente: Elaboración propia, empleando SPSS.

La matriz varianzas-covarianzas es de dimensiones de 14 x 14 considerando el número de variables que participan en el análisis, de manera que, se tiene la posibilidad de extraer hasta 14 componentes independientes. Se probó el análisis con una solución factorial rotada mediante el método ortogonal varimax con normalización Kaiser. Es verdad que la rotación mejora la interpretación de la solución factorial con base a la extracción inicial en la que no se encuentra seleccionado ningún método de rotación, más, sin embargo, con esta solución rotada, se disminuye el porcentaje de varianza explicada, por lo que, finalmente, se tiene una extracción aplicando el método de componentes principales con solución factorial no rotada. Teniendo en cuenta que el procedimiento extrae el número de componentes que tienen autovalores mayores que uno, se tiene una extracción de dos componentes, pudiéndose identificar esta parte, en el gráfico de sedimentación de la Figura 3, donde se presentan las magnitudes de autovalor de cada componente, es decir, el gráfico muestra la varianza explicada por cada uno de los factores.

FIGURA 3. GRÁFICO DE SEDIMENTACIÓN



**Gráfico de sedimentación**



Fuente: Elaboración propia, empleando SPSS.

Los componentes extraídos cumplen con el objetivo de reducir el número de dimensiones necesarias para explicar la mayor variabilidad de los datos iniciales. El primer componente consigue explicar un 55.36 % de la varianza de los datos originales, mientras que, el segundo componente un 25.517 %, por lo que, los factores explican el 80.877 % de la varianza total. En la Tabla 3, se encuentra la *solución factorial* propiamente dicha. La tabla contiene las correlaciones entre las variables originales y cada uno de los factores extraídos, ha dichos valores de correlación, se les denomina saturaciones relativas.

**TABLA 3. MATRIZ DE COMPONENTES**

<i>Variables</i>	<i>Componente</i>	
	<i>1</i>	<i>2</i>
PNACOE	.797	-.525
P6A11_NOA	.857	.032
P15YM_AN	.856	-.229



P15YM_SE	.847	-.317
PE_INAC	.713	-.614
PDESOCUP	.739	-.509
PSINDER	.806	-.522
VPH_PISOTI	.666	.614
VPH_IDOR	.899	-.100
VPH_1CUART	.726	.643
VPH_S_ELEC	.772	.324
VPH_AGUAFV	.437	.642
VPH_NODREN	.552	.725
VPH_SNBIEN	.597	.625

Fuente. Elaboración propia, empleando SPSS.

Comparando las saturaciones relativas de cada variable en cada uno de los dos componentes, se puede apreciar que el primer componente está constituido por todas las variables, puesto que las saturaciones relativas son magnitudes positivas que indican una buena correlación. Este componente parece interpretar la dimensión objetivo de la investigación, es decir, la vulnerabilidad económica ante amenazas naturales de la ciudad de Culiacán. El segundo componente contiene variables que no saturan, es, por tanto, que resultan saturaciones negativas o cercanas a cero. Con base a las saturaciones significativas, se obtiene un factor que parece representar una nueva dimensión que puede nombrarse *viviendas vulnerables*. Es, por tanto que, la solución con el componente 1, donde intervienen ambas unidades de análisis, es decir, tanto personas como viviendas, determina la mejor aproximación a la vulnerabilidad del estudio.

Una vez alcanzada la solución factorial final, se obtienen las puntuaciones de los sujetos (AGEBs, en este caso) en cada uno de los factores resultantes de la extracción. Las puntuaciones factoriales se obtuvieron mediante el método de estimación de regresión, siendo el de uso más generalizado. Para el cálculo de las puntuaciones factoriales se usan los coeficientes de una matriz resultante (matriz de coeficiente de puntuación de componente). Estos coeficientes son las ponderaciones que recibe cada variable en el cálculo de las puntuaciones factoriales. Como ya se mencionó, el cálculo de las puntuaciones factoriales se realiza mediante un modelo lineal que relaciona el valor de cada variable independiente con su correspondiente coeficiente de ponderación. A continuación, se formula el modelo lineal con el que se han calculado las puntuaciones factoriales del componente que representa la vulnerabilidad económica (VE), teniendo en cuenta que, las variables reciben el nombre de  $x$ , respetando el respectivo orden en el que se encuentran en la matriz de componentes, es decir,  $x_1 = PNACOE$  y, así, sucesivamente.

$$VE = 0.115x_1 + 0.111x_2 + 0.122x_3 + 0.121x_4 + 0.114x_5 + 0.109x_6 + 0.132x_7 + 0.089x_8 \\ + 0.122x_9 + 0.1x_{10} + 0.073x_{11} + 0.054x_{12} + 0.075x_{13} + 0.081x_{14}$$

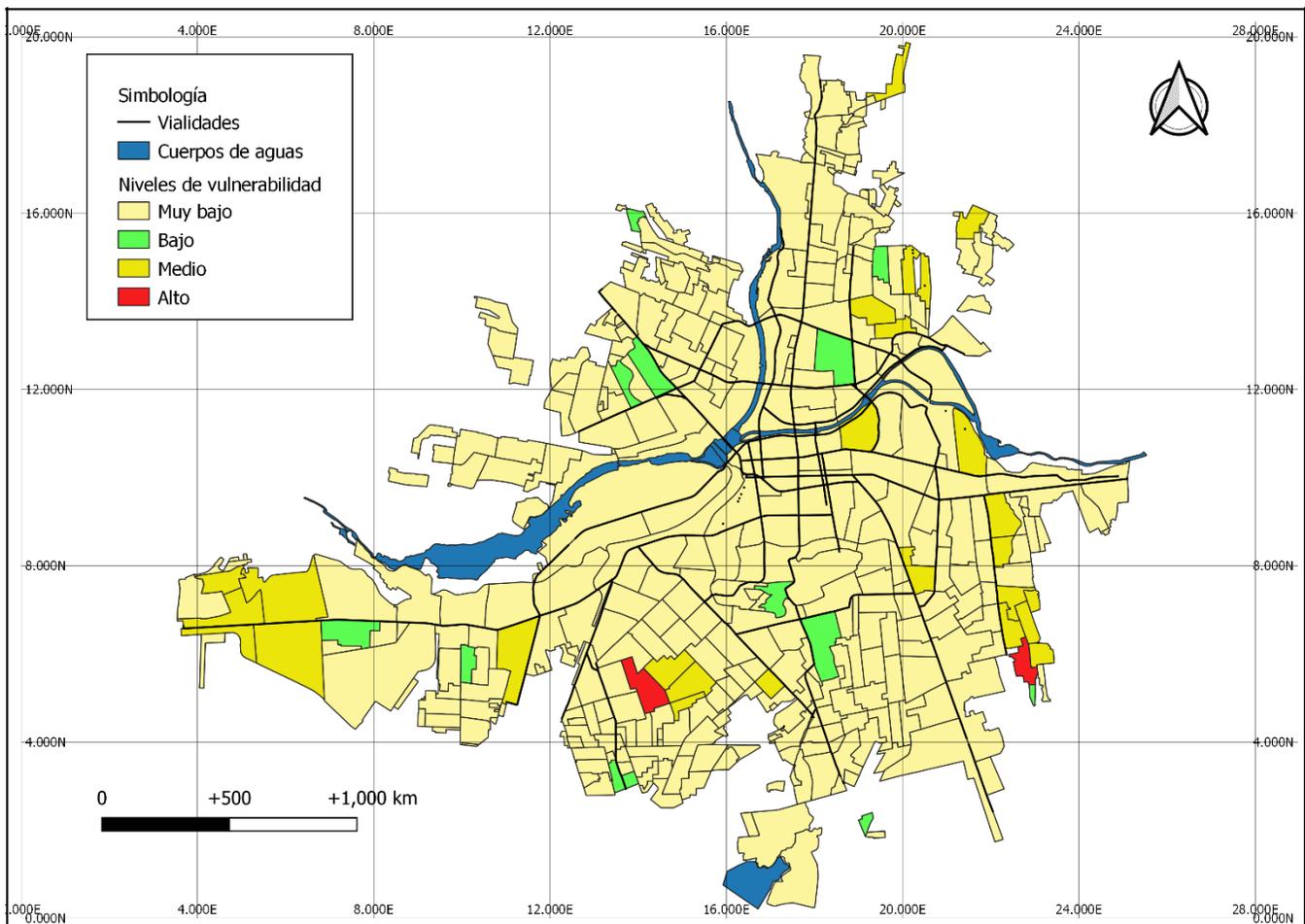
Una vez obtenidas las puntuaciones factoriales se almacenan en el editor de datos del SPSS. La media de las nuevas variables vale 0 y su desviación típica 1, lo que significa que, se pueden interpretar las puntuaciones de los sujetos como si fueran puntuaciones típicas. Las puntuaciones factoriales se encuentran en formato *diferencial*, por lo que, una puntuación de cero se corresponde con una puntuación factorial igual a la media, las puntuaciones positivas son puntuaciones mayores que la media y las



puntuaciones negativas son puntuaciones menores que la media. Para las AGEBs con valores perdidos, se decide cubrir su puntuación factorial por el valor mínimo resultante de los casos completos, con lo que, se estaría cuantificando una magnitud muy baja de vulnerabilidad.

Una vez importada al QGIS la información numérica de las puntuaciones factoriales, se obtiene el mapa SIG de vulnerabilidad que se muestra en la Figura 4. Para identificar los grupos homogéneos de AGEBs con características similares, se determinaron intervalos iguales de clase que indican los niveles de vulnerabilidad; muy bajo, bajo, medio y alto. Los límites de cada intervalo de clase, se estiman teniendo en cuenta la media de las nuevas variables con valor igual a cero, logrando así, una adecuación en la que se tienen dos clases por debajo de la media y otras dos por arriba de la misma, facilitando la identificación de AGEBs con mayor nivel de vulnerabilidad, siendo aquellas que tienen una magnitud por arriba de la media y, que se corresponden en un nivel medio y alto de vulnerabilidad, en colores amarillo y rojo, respectivamente (Figura 4), señalando con estos colores, como es común en un mapa de riesgo, una advertencia sobre la posibilidad de daño materializado ante el efecto de una amenaza natural.

Figura 4. Vulnerabilidad económica de la ciudad de Culiacán



Fuente: Elaboración propia, empleando QGIS.

Se mencionó que la solución factorial contuvo dos componentes, como también, se explica porque sólo se utilizó la información del componente 1. Al respecto de esta situación, se comenta que, a manera de



experimentación y de comparativa, también se obtuvo un mapa SIG con la información del componente 2, que vendría representando como ya se mencionó, a las viviendas vulnerables de la ciudad, una vez comparadas las cartografías, se identifica que el mapa de vulnerabilidad de la Figura 4, contiene menor área geográfica en los niveles medio y alto de vulnerabilidad, siendo menor el número de AGEBs que resultan vulnerables, esto significa que la metodología aplicada resulta ser adecuada en el estudio de la vulnerabilidad económica por obtener resultados razonables. Lo anterior se considera comprensible, por el sólo hecho que un sujeto más condicionado es menos posible. De aquí, entonces que se cumple con lo que mencionan Navarro et al. (2020), quienes llegan a la conclusión que la metodología aplicada, se muestra adecuada en el estudio de vulnerabilidades, además, siendo replicable en otras áreas de estudio en diferentes escalas.

## 5. CONCLUSIONES

La ciudad de Culiacán resultó ser poco vulnerable, considerando principalmente la distribución de recursos económicos relacionados con la pobreza de la población, sólo aproximadamente el 20 % de su espacio geográfico reúne características de pobreza. Muy posiblemente, se debe a la diversidad de fuentes de ingreso con las que cuenta la ciudad de Culiacán, por ser una ciudad agrícola-industrial, donde se generan empleos dentro de la misma ciudad como en sus alrededores. Por otra parte, otro factor que verdaderamente influye en el buen nivel económico de la ciudad es el narcotráfico, ya que esta ciudad alberga como sede a uno de los carteles más poderoso de la droga, lo que deriva en negocios como el lavado de dinero, entre otros, que generan empleos, ganancias económicas significativas, bienes y, sobre todo, riqueza. Con base a lo mencionado, la cuantificación realizada en esta investigación también trata con el nivel de pobreza o de riqueza, ya sea el caso, por la poca o mucha reunión de recursos económicos indispensables, que, aunque se sabe que entre vulnerabilidad y pobreza hay diferencia, también se sabe que en gran medida se relacionan.

Se ha dicho que la mayor parte de la ciudad cuenta con un buen nivel económico y, en consecuencia, es poco vulnerable, pero esto a la vez, es un indicativo que, las zonas con los mayores niveles de vulnerabilidad se encuentran bajo un estado crítico, ya que, aunque se encuentran rodeadas de fuentes de ingresos y de bienes económicos, no logran mejorar su nivel económico, significando entre sus habitantes comportamientos inadecuados, malas costumbres y culturas indebidas, que los vuelven muy vulnerables. Es decir, se podría tener un problema serio en la forma como propiamente llevan su vida, pues posiblemente, aparte de tener bajos ingresos, hacen mal manejo de los mismos. Pero no todos los casos, estarían bajo estas condiciones, siendo aún más significativos, porque su nivel de pobreza lo contraen de manera natural. Estos casos son el mayor de los referentes para la asignación de apoyos económicos por parte del gobierno.

Las evidencias de la propia realidad de algunas colonias urbanas como; Esthela Ortiz, Pemex, Díaz Ordaz, Vista Hermosa, Renato Vega, Viñedos, Penitenciaria, Aquiles Serdán, entre otras, demuestran la coincidencia con la conceptualidad de la vulnerabilidad económica, puesto que estas colonias reúnen condiciones inseguras tanto de estructura física como de malas prácticas socio-económicas y, pertenecen precisamente a las AGEBs más vulnerables. Y, por tanto, también, los resultados obtenidos expresan la idoneidad de la metodología aplicada con los datos utilizados y el caso de estudio analizado.



La investigación también demostró que las zonas más vulnerables se localizan mayormente en algunas zonas periféricas de la ciudad, donde precisamente proliferan los asentamientos informales, a causa de la invasión de territorio urbano por parte de personas humildes que por defecto se establecen en espacios no urbanizados de la ciudad, ciertamente, estos asentamientos se caracterizan por albergar a personas de bajos recursos económicos que habitan en viviendas construidas con materiales precarios.

Una aportación muy significativa de esta investigación, es la explicación analítica del procedimiento de análisis factorial, proceso que se vuelve complicado de comprender para muchas personas, aunque con la discusión que se realiza, donde se interpreta detalladamente la representación de los valores resultantes del análisis, se facilita entender la naturaleza del mismo. Por otra parte, la investigación es un referente que causaría interés en realizar otras investigaciones sobre el tema de vulnerabilidad, por ejemplo, el simple hecho de evaluarla en alguna otra dimensión, tomando en cuenta otras especificaciones en el ACP, logrando con esto, profundizar los conocimientos sobre dicha metodología y, extender los alcances de la misma. Es decir, entre la comparativa con nuevos resultados, se podría identificar aquellas especificaciones del ACP más adecuadas para cubrir las necesidades de distintos estudios, sin olvidar, la pertinencia entre la metodología y el caso de estudio analizado. Por la experiencia adquirida, se puede comentar al respecto de lo mencionado que, dependiendo de la amenaza que provoque la vulnerabilidad a evaluar, se tendrían representaciones más elocuentes entre métodos para llegar a la categorización de los niveles de vulnerabilidad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Blaikie, C., Davis, I. P. T., & Wisner, B. (1994). *At Risk: Nature Hazards, People Vulnerability, and Disaster*.
- Blaikie, P., Cannon, T., David, I., & Wisner, B. (1996). El entorno social, político y económico de los desastres. *Red de estudios sociales en prevención de desastres en América Latina*. Recuperado de <http://www.desenredando.org>.
- Bohórquez, J. E. T. (2013). Evaluación de la vulnerabilidad social ante amenazas naturales en Manzanillo (Colima). Un aporte de método. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*, 2013(81), 79-93.
- Cantos, J. O. (2008). Cambios en la consideración territorial, conceptual y de método de los riesgos naturales. *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, 12.
- Cardona, O. D. (1993). Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo. *Los desastres no son naturales*, 51-74.
- Cardona Arboleda, O. D. (2001). Estimación holística del riesgo sísmico utilizando sistemas dinámicos complejos. Tesis doctoral, Universitat Politècnica de Catalunya.
- Cardona, O. (2002). La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo. Una crítica y una revisión necesaria para la gestión. Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos, Universidad Nacional de Los Andes, Bogotá, Colombia. Aprobado por Resolución N 0651.



- Cantos, J. O. (2008). Cambios en la consideración territorial, conceptual y de método de los riesgos naturales. *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, 12.
- CENEPRED, P. (2014). Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales—2da Versión.
- Cutter, S. L., Boruff, B. J., & Shirley, W. L. (2003). Social vulnerability to environmental hazards. *Social science quarterly*, 84(2), 242-261.
- de Hyogo, M. D. A. (2005). Aumento de la resiliencia de las naciones y las comunidades ante los desastres.
- Falconí, E. J. (2016). *Vulnerabilidad y resiliencia socioeconómica ante los desastres naturales en el distrito de Sayán. 2016* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Federico Villarreal).
- Garay, D., & Agüero, J. (2016). Introducción a los SIG Software QGIS. *La Rioja. 4pp. Recuperado de: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_intro\\_qgis2.10\\_eea\\_la\\_rioja.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_intro_qgis2.10_eea_la_rioja.pdf)*.
- González, L. N. A. (1998). VULNERABILIDAD ECONÓMICA EN ÁREAS DE RIESGO POR AMENAZAS NATURALES: UNA APROXIMACIÓN METODOLÓGICA PARA SU ESTIMACIÓN. EL CASO DE CIUDAD CORTÉS, COSTA RICA. *Revista Geográfica de América Central*, 2(36), 121-133.
- Kaiser, H. F. (1970). A second generation little jiffy. *Psychometrika*, 35(4), 401-415.
- Ley García, J., & Calderón Aragón, G. (2008). De la vulnerabilidad a la producción del riesgo en las tres primeras décadas de la ciudad de Mexicali, 1903-1933. *Región y sociedad*, 20(41), 145-173.
- Navarro, D., Vallejo, I., & Navarro, M. (2020). Análisis de la vulnerabilidad social a los riesgos naturales mediante técnicas estadísticas multivariantes. *Investigaciones Geográficas*, (74), 29-49.
- Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres. (2015). Hacia el desarrollo sostenible: El futuro de la gestión del riesgo de desastres. Informe de evaluación global sobre la reducción del riesgo de desastres.
- Pearson, K. (1901). On lines of closes fit to system of points in space, London, E dinb. *Dublin Philos. Mag. J. Sci*, 2, 559-572.
- Pérez López, C. (2004). Técnicas de análisis multivariante de datos. *Aplicaciones con SPSS, Madrid, Universidad Complutense de Madrid*, 121-154.
- Rodríguez de Acosta, V. (2002). Riesgo sísmico y comportamiento social. In *EIRD Informa: Revista para América Latina y el Caribe* (Vol. 6, pp. 50-1). NU. Estrategia Internacional para la Reducción de los Desastres (EIRD).
- Ruiz Rivera, N. (2012). La definición y medición de la vulnerabilidad social. Un enfoque normativo. *Investigaciones geográficas*, (77), 63-74.
- UNISDR (2017). United Nations International Strategy for Disaster Reduction. Report of the openended intergovernmental expert working group on indicators and terminology relating to disaster risk reduction. Geneva: UNISDR.
- Wilches-Chaux, G. (1993). La vulnerabilidad global. *Los desastres no son naturales*, 11-44.



Wisner, B., Blaikie, P., & Cannon, T. Ian Davis. 2004. *At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters*.

Páginas web:

Banco Mundial. (2020, abril). *Desarrollo urbano*.  
<https://www.bancomundial.org/es/topic/urbandevelopment/overview#1>

INEGI, 2009b. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Culiacán, Sinaloa., Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática. Gobierno de México. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2010). «Principales resultados por localidad 2010 (ITER)». <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2010/>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2010). «Principales resultados por localidad 2020 (ITER)». Actualizado el 16 de marzo de 2021. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>

Naciones Unidas. (2018, mayo). *Las ciudades seguirán creciendo, sobre todo en los países en desarrollo*. Noticias ONU. <https://www.un.org/development/desa/es/news/population/2018-world-urbanization-prospects.html>

ONU-Habitat. (2016, julio). *Respondiendo a las principales tendencias urbanas*. <https://onuhabitat.org.mx/index.php/respondiendo-a-las-principales-tendencias-urbanas>

*QGIS: Solución de Sistema de Información Geográfica con Software Libre | Mancomún*. (2018, 7 febrero). mancomun. <https://www.mancomun.gal/es/artigo-tic/qgis-solucion-de-sistema-de-informacion-geografica-con-software-libre/>

Software:

IBMCorp Ibm, S. P. S. S. (2017). *Statistics for windows, version 25.0*. Armonk, NY: IBM Corp.

Equipo de desarrollo de QGIS (2020). *Sistema de información geográfica, versión 3.12.2*. Proyecto de Fundación Geoespacial de código abierto. Portlan, Oregón: Equipo desarrollador QGIS.