

Relación espacial entre las declaratorias de desastre y la vulnerabilidad en México[☆]

Spatial relationship between disaster declarations and vulnerability in Mexico

Diego Díaz-Barriga Yáñez^a, José Antonio Ávalos Lozano^{*b}, José de Jesús Izaguirre Hernández^b

^aUniversidad Autónoma de San Luis Potosí, Programa Multidisciplinario de Posgrados en Ciencias Ambientales, San Luis Potosí, San Luis Potosí, México.

^bUniversidad Autónoma de San Luis Potosí, Laboratorio Nacional de Variabilidad Climática, Teledetección y Evaluación de Riesgos, San Luis Potosí, San Luis Potosí, México.

Resumen

Este estudio analiza las relaciones espaciales entre las “declaraciones de desastres” y la vulnerabilidad en México en el periodo 2000-2020, utilizando datos históricos oficiales del CENAPRED sobre declaratorias de desastres y niveles de pobreza del CONEVAL. A través de herramientas estadísticas y de regresión espacial, se evaluaron las relaciones entre la vulnerabilidad y la frecuencia de eventos que sobrepasen las capacidades de un gobierno local para atenderlos; no se evalúa la frecuencia de exposición a una amenaza dado que, las declaratorias no documentan todos las amenazas que se materializan, sino solo las que producen mayores impactos. Los desastres considerados fueron exclusivamente los: geológicos, hidrometeorológicos y climáticos (sequías). La aportación fundamental es la elaboración de mapas de vulnerabilidad, a nivel municipal, que identifican áreas prioritarias para la atención y gestión. Los resultados muestran que la exposición es el principal factor asociado a los desastres, pero las condiciones de vulnerabilidad amplifican significativamente los impactos y condicionan la recuperación. Los hallazgos evidencian profundas desigualdades territoriales y subrayan la importancia de integrar estos análisis para diseñar estrategias focalizadas, considerando las particularidades locales y promoviendo una gestión de riesgos más equitativa y eficiente.

Palabras clave: Gestión de riesgos, vulnerabilidad, desigualdades territoriales, declaratoria de desastres, ordenamiento territorial, análisis histórico de desastres.

Abstract

This study analyzes the spatial relationships between "disaster declarations" and vulnerability in Mexico in the period 2000-2020, using official historical data from CENAPRED on disaster declarations and poverty levels from CONEVAL. Through statistical and spatial regression tools, the relationships between vulnerability and the frequency of events that exceed the capacities of a local government to address them were evaluated; The frequency of exposure to a threat is not evaluated, since the declarations do not document all the threats that materialize, but only those that produce the greatest impacts. The disasters considered were exclusively geological, hydrometeorological and climatic (droughts). The fundamental contribution is the preparation of vulnerability maps, at the municipal level, which identify priority areas for attention and management. The results show that exposure is the main factor associated with disasters, but conditions of vulnerability significantly amplify impacts and condition recovery. The findings highlight deep territorial inequalities and underscore the importance of integrating these analyses to design targeted strategies, considering local particularities and promoting more equitable and efficient risk management.

Keywords: Risk management, vulnerability, territorial inequalities, disaster declarations, territorial planning, historical disaster analysis.

[☆] © D. Díaz-Barriga Yáñez, J. A. Ávalos Lozano and J. J. Izaguirre Hernández. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>), which permits non-commercial sharing of the work and adaptations,

provided the original work is properly cited and the new creations are licensed under identical terms.

*E-mail address: antonio.avalos@uaslp.mx

1. Introducción

La conceptualización del riesgo por fenómenos geológicos, hidrometeorológicos y climáticos ha sufrido importantes modificaciones a través del tiempo, la aproximación clásica consideraba la probabilidad de sufrir algún daño atribuido directa y únicamente a factores o eventos externos: tormentas, terremotos, sequías, etc. Empero de ello, es a finales de 1990 a raíz de haberse llevado a cabo estudios profundos sobre eventos desastrosos, particularmente en países de menor desarrollo relativo, y de observar la génesis de éstos vinculados con las actividades humanas, es que se desplegaron modelos alternativos para el estudio del riesgo y de los desastres que tenían como eje el análisis de la vulnerabilidad (García, 2005, Cardona et al., 2012). De tal forma que actualmente se considera al riesgo como: daño o pérdida probables sobre las estructuras funcionales del sistema territorial, resultado de la interacción entre su vulnerabilidad y la exposición a los agentes perturbadores en un espacio y tiempo (Congreso de la Unión, 2012).

Podemos entonces rescatar tres grandes elementos del riesgo: vulnerabilidad, exposición y agente perturbador. De estos, son la exposición y la vulnerabilidad los que dependen de forma directa e inmediata de las acciones humanas, es por ello que han sido el principal centro de estudio de las últimas décadas, debido a que un buen control sobre estos elementos permite la reducción o eliminación del riesgo, al mismo tiempo que su mala gestión o falta de consideración permite magnificar o construir el riesgo. Tal como lo mencionó Kofi Annan (UN/ISDR, 2003), “los desastres de hoy en día son a menudo generados por, o al menos exacerbados por, actividades humanas. Ordenamiento territorial ineficiente; manejo ambiental; y falta de mecanismos regulatorios incrementan el riesgo y exacerbaban la magnitud de los desastres.”

Si bien actualmente México cuenta con instrumentos para la gestión de riesgos, estos suelen subyacer bajo planificaciones físicas del territorio, subvalorando elementos y procesos que no necesariamente tienen valores de relevancia para el mercado, generados normalmente mediante metodologías tecnocráticas (Massiris, 2003; Méndez, 1999; Rodríguez, 2020; Boisier, 1999). Entendiendo al territorio como un sistema complejo, son los propósitos los que ordenan y articulan a los distintos elementos. Propósitos establecidos normalmente por grupos hegemónicos bajo racionalidades de ganancias, externalizando los costos financieros, sociales y ambientales. Ante ello es importante entonces exponer las desigualdades territoriales que han llevado a magnificar los desastres en sitios con mayor vulnerabilidad y exposición en México, al mismo tiempo que se impulsan instrumentos normativos desde el Estado para garantizar que el ordenamiento territorial no dependa únicamente de propósitos de ganancia.

Una excepción interesante son los procedimientos de elaboración de declaratorias de desastres; el Estado Mexicano considera, de forma fundamental, la condición de vulnerabilidad social de las poblaciones antes de su reconocimiento formal. El presente trabajo busca evaluar, entre otros objetivos, la medida

en que se apega la reglamentación de las declaratorias de desastres a las actuales políticas públicas de gestión de riesgos. Bajo las anteriores premisas, los objetivos del presente trabajo fueron los siguientes:

- Dilucidar la relación entre vulnerabilidad y declaración de desastres desde el 2000 hasta el 2020 en México a nivel municipal;
- Proponer desde la evidencia una nueva forma de entender la ocurrencia de desastres en el país;
- Identificar áreas prioritarias en los que se materializan los distintos tipos de agentes perturbadores;
- Contribuir a diseñar políticas de gestión integral del riesgo, en línea con las perspectivas latinoamericanas sobre gestión del riesgo y desarrollo territorial (Blaikie et al., 2004; Lavell, 2009).

2. Metodología

La metodología se diseñó a partir de herramientas estadísticas y espaciales para evaluar la relación entre la declaración de desastres y la vulnerabilidad en México. La segmentación temporal de las declaraciones de desastres permite capturar la frecuencia en la materialización de eventos que sobrepasan las capacidades de un gobierno local para atenderlos, y, por consiguiente, la vulnerabilidad de los diferentes municipios a diferentes agentes; estos análisis son la base de una regionalización de la vulnerabilidad en el territorio mexicano a nivel municipal. Para ello la metodología se dividió en 5 etapas descritas a continuación.

2.1. Recopilación de Datos

Las declaratorias de desastres a nivel municipal se recopilaron directamente del Sistema de Consulta de Declaratorias del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED, s.f.) para el periodo de estudio (2000-2020). Se seleccionó esta base de datos por su confiabilidad y cobertura geográfica detallada, abarcando eventos registrados de manera oficial en cada municipio, es importante mencionar que la declaración de desastres es el acto mediante el cual la Secretaría de Gobernación reconoce la presencia de un agente perturbador severo en determinados municipios o delegaciones de una o más entidades federativas, cuyos daños rebasan la capacidad financiera y operativa local para su atención, para efectos de poder acceder a recursos del instrumento financiero de atención a desastres según lo establecido por el Congreso de la Unión (2012), en la Ley General de Protección civil.

Por otra parte, se obtuvieron los grados de pobreza a nivel municipal del Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL, s.f.), se seleccionaron dichos cálculos debido a que desde el 2008 el CONEVAL empezó la medición multidimensional de la pobreza abarcando 8 indicadores: ingreso, rezago educativo, acceso a servicios de salud,

acceso a la seguridad social, acceso a la alimentación, calidad y espacios de la vivienda, acceso a servicios básicos en la vivienda y grado de cohesión social. Por lo que es la medición con datos oficiales más cercana a describir las condiciones de vulnerabilidad en extensión nacional a escala municipal. Esta medición se realiza cada cinco años por lo que se seleccionaron las temporalidades de 2010, 2015 y 2020, mismas a las que fueron ajustados los datos de las declaratorias de desastre. Por lo que los periodos de análisis quedaron distribuidos de 2000-2010, 2011-2015, 2016-2020 y 2000-2020, tomando como valor del periodo el del año de corte, es decir, los valores de 2000-2010 corresponden al reportando en el 2010 y así sucesivamente.

2.2. Preparación de las bases de datos

Las declaratorias de desastres se clasificaron en tres categorías principales: geológicas (deslave y sismo), hidrometeorológicas (baja temperatura, helada, nevada, ciclón, lluvia, viento, granizada, inundación y tornado) y climáticas (sequías). En este análisis, las sequías se trataron como un grupo separado de otros desastres hidrometeorológicos, debido a sus características específicas en cuanto a duración, impacto y vulnerabilidad asociada, así como a la distinta distribución geográfica de las zonas afectadas (CENAPRED, s.f.). Una vez obtenidos los datos por municipio por tipo de declaratoria de desastre y por periodo se calcularon las frecuencias específicas para cada municipio y se asociaron los datos de grados de pobreza. Las bases de datos se transformaron a .shp y .gdb para su posterior tratamiento espacial.

2.3. Análisis espacial

Se realizaron 3 procesos distintos con el objetivo de analizar los patrones y relaciones espaciales de los desastres en función de variables de exposición y vulnerabilidad, a continuación, se detallan:

- Mapas de Distribución: Se generaron mapas de distribución geográfica utilizando el marco geoestadístico municipal del censo de población y vivienda 2020 mediante el software ArcMap 10.4.1 para cada tipo de desastre y temporalidad.
- Índice de Moran Global: para determinar si los eventos están espacialmente agrupados y, en su caso, si existen áreas con patrones significativos que se repiten a lo largo del tiempo, se desarrollaron dentro del software ArcMap 10.4.1. (Anselin, 1995)
- Modelos de Regresión Espacial: Se aplicaron dos modelos de regresión espacial, el modelo de retardo espacial (Spatial Lag Model, SLM) y el modelo de error espacial (Spatial Error Model, SEM). Estos modelos permitieron determinar qué variable independiente (pobreza o exposición) tenía mayor influencia en la ocurrencia de desastres (variable dependiente), controlando el efecto espacial que podría influir en la frecuencia y tipo de eventos, para poder realizar estos análisis se construyeron matrices

de pesos espaciales de tipo contigüidad de “Queen”, los modelos y las matrices se realizaron dentro del software GeoDa 1.22, según los métodos descritos por Anselin & Rey (2014).

2.4. Análisis de Pobreza y Frecuencia de Desastres

Los datos se agruparon por cantidad de declaratorias de desastres según el grado de pobreza. Esta agrupación buscó aislar o reducir el efecto de la exposición, permitiendo evaluar en qué medida la vulnerabilidad influye directamente en la declaración de desastres.

2.5. Determinación de Clústeres

Por último, se realizó un análisis para identificar e integrar áreas geográficas prioritarias para la atención y evaluación integral del riesgo. Para ello se utilizaron los datos de frecuencias de declaratorias de desastres (como indicador de exposición a eventos que rebasan la capacidad de atención de un gobierno local, una forma de vulnerabilidad social), grado de pobreza (como indicador de vulnerabilidad) y población total (como ajuste de la magnitud del impacto). Se realizó un análisis de clúster mediante un índice integrado de las variables normalizadas mediante el factor z. Para construir el índice se asignaron pesos específicos basados en los resultados de las etapas 2.3 y 2.4 (tabla 2.1).

3. Resultados

3.1. Análisis espacial

En los mapas de distribución de frecuencias de las declaratorias de desastres (figuras 1 – 3) se observa una agrupación espacial para los tres tipos de declaraciones de desastres, siendo más evidente para los desastres geológicos los cuales se agrupan especialmente al sur del país, aunque se reconoce que existe un sesgo hacia el peligro sísmico, es claro que las declaratorias de desastres en su mayoría son por sismo, de forma insignificante por inestabilidad de laderas. Ciertamente es muy complicado hacer declaratorias por deslizamiento, por su dependencia a otros fenómenos como la lluvia, los sismos o los cambios en los usos de la tierra y la pérdida de la cobertura vegetal; por lo que tienden a quedar comprendidos dentro de las declaratorias de sismos o lluvias intensas. Es evidente que los deslizamientos no podrían presentarse aun en el caso de sismos y lluvias intensas si no existieran las condiciones que los favorecen; por consiguiente es importante modificar la forma en que estos fenómenos son analizados, en el presente caso es difícil presentar los datos debido a que las fuentes son las declaratorias.

Los desastres hidrometeorológicos fueron los que tuvieron una distribución más amplia a nivel nacional, aun así, se identifican ciertas agrupaciones espaciales particularmente en los municipios que tienen una mayor frecuencia de declaraciones de desastres, todos los municipios de altas frecuencias menos los correspondientes al estado de Nuevo León pertenecen a estados costeros. Para el caso de las sequías estas se presentan

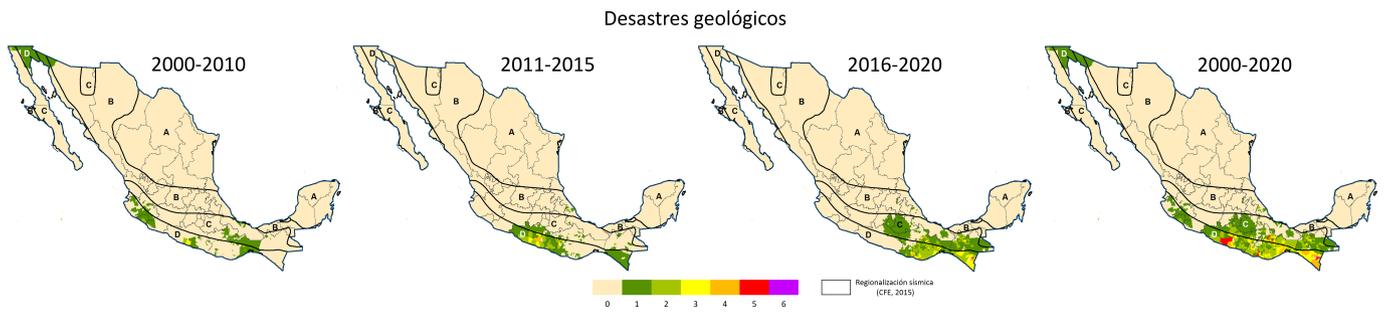


Figura 1. Distribución de desastres geológicos (Elaborado a partir de información de <http://www.atlascnacionalderiesgos.gob.mx/apps/Declaratorias/>). / Figure 1. Distribution of geological disasters.

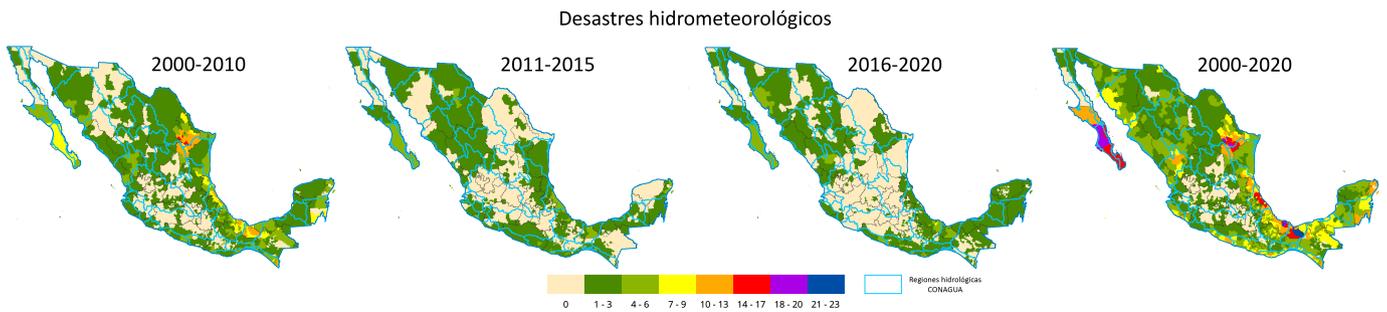


Figura 2. Distribución de desastres hidrometeorológicos (Elaborado a partir de información de <http://www.atlascnacionalderiesgos.gob.mx/apps/Declaratorias/>). / Figure 2. Distribution of hydrometeorological disasters.

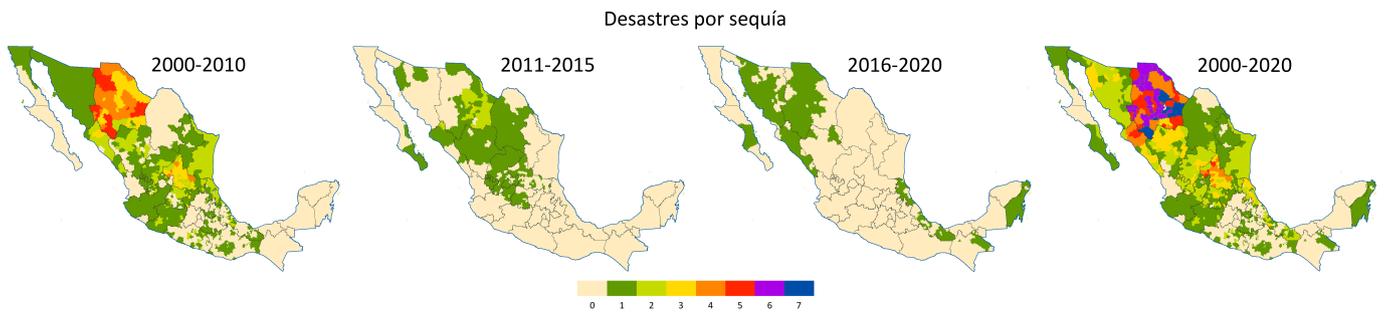


Figura 3. Distribución de desastres por sequías (Elaborado a partir de información de <http://www.atlascnacionalderiesgos.gob.mx/apps/Declaratorias/>). / Figure 3. Distribution of drought-related disasters.

con mucha mayor frecuencia al norte del país y también sugieren una agrupación espacial para los municipios con mayor cantidad de declaraciones de desastres, resaltan los municipios de la península de Yucatán y algunos otros dispersos de Chiapas, Guerrero y Tabasco por ser de los pocos que presentaron sequías por lo menos en uno de los periodos de evaluación.

Para determinar estadísticamente si efectivamente existe una autocorrelación espacial se obtuvieron los índices de Moran para los 12 escenarios planteados, los resultados se presentan en la tabla 2.

El Índice de Moran calculado refleja una fuerte autocorrelación espacial en todos los eventos analizados, indicando patrones significativos de concentración geográfica. Los valores altos de Moran sugieren que las regiones vecinas tienden a experimentar desastres similares, lo cual podría estar resaltando

desigualdades territoriales en términos de vulnerabilidad y, en segundo lugar, de exposición. Los eventos geológicos obtuvieron valores que marcan una fuerte correlación espacial (2000-2020= 0.799 $p < 0.001$, $Z = 65.225$), reflejando concentración en el Eje Volcánico Transversal y zonas sísmicas del sur, el periodo 2015-2020 señala mayor concentración espacial en eventos sísmicos recientes. Para los eventos hidrometeorológicos el índice obtuvo valores altos (2000-2020 = 0.802, $p < 0.001$, $Z = 65.540$), con mayor concentración en regiones costeras como Veracruz y Tabasco. El valor más pequeño fue para el periodo 2015-2020 (Moran=0.660), valor que sigue en el rango de fuerte correlación espacial. De igual forma el Índice de Moran para las sequías para el periodo completo de estudio es de 0.819 ($p < 0.001$, $Z = 66.981$), evidenciando una fuerte concentración espacial de eventos en el norte del país, el valor más bajo del

índice fue para el periodo 2015-2020 (Moran = 0.649), aun así, la concentración sigue siendo elevada.

Estos resultados confirman la existencia de patrones espaciales en los tres tipos de eventos, lo que justifica el uso de modelos de regresión espacial para determinar si estos patrones se explican en mayor medida por la exposición o por las condiciones de vulnerabilidad. Los resultados se presentan en la tabla 3.

Para el caso de los eventos Geológicos el ρ muestra una dependencia espacial creciente, desde 0.088 en 2000-2010 hasta 0.638 en 2016-2020, alcanzando 0.714 en el análisis total. Esto sugiere una fuerte influencia de la ubicación geográfica en la ocurrencia de eventos geológicos (exposición). El λ es significativo en todos los años, con valores crecientes (de 0.234 a 0.733). Esto confirma la existencia de errores espaciales no capturados en el SLM. El coeficiente del grado de pobreza no es significativo para la mayoría de los años, esto implica que la pobreza no tiene un impacto claro en los eventos geológicos.

Para las declaratorias de desastre por eventos hidrometeorológicos el ρ es alto en todos los años, destacando 0.796 en 2000-2010 y 0.837 en 2000-2020. Esto refleja una fuerte influencia de la ubicación en la ocurrencia de estos eventos. El λ es significativo y alto lo que muestra que hay variables no consideradas. El coeficiente del grado de pobreza es significativo en casi todos los periodos, con un impacto negativo muy moderado, por lo que estos no datos no implican causalidad.

Para el caso de las sequías el retardo espacial es muy alto para el periodo completo (0.830), reflejando una fuerte dependencia espacial. El error espacial es significativo en todos los periodos ($p < 0.001$), con valores altos como 0.826 en 2000-2010 y 0.848 en 2000-2020. El coeficiente del grado de pobreza no es significativo en ningún año y en ningún modelo ($p > 0.05$), sugiriendo que la pobreza no está directamente asociada con la ocurrencia de desastres por sequías. Para el periodo 2016-2020 todos los municipios que presentaron declaratorias de desastre por sequía fueron de únicamente una, por lo que no hubo variación de los datos y por lo tanto no fue posible realizar el análisis correspondiente.

En general la dependencia espacial (ρ y λ) es fuerte en los tres tipos de eventos, indicando patrones espaciales claros relacionados con las características geográficas de estas amenazas. Por otra parte, estos modelos no encontraron significativa la relación de grado de pobreza con la frecuencia de desastres, en cambio sugieren que existen variables no evaluadas que podrían estar explicando mejor la incidencia de desastres en los municipios. Los resultados sugieren que dichas variables no consideradas corresponden directamente a factores de exposición, ya que la alta correlación espacial de los datos indica precisamente que se determina en mayor medida la incidencia de desastres por la ubicación geográfica que por otros factores de vulnerabilidad.

3.2. Declaración de desastres vs pobreza

Ahora bien, en municipios igualmente expuestos es importante evaluar el impacto de la vulnerabilidad como un factor de

riesgo con el objetivo demostrar o descartar su rol en la magnificación de los eventos que concluyen en declaratorias de desastres, para ello se agruparon las frecuencias de desastres por grado de pobreza, los resultados se presentan en las figuras 4 a 6.

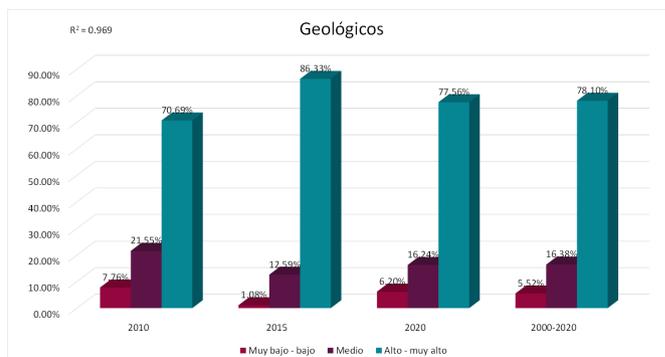


Figura 4. Porcentaje de declaratorias de desastres geológicos por grado de pobreza. / Figure 4. Percentage of geological disaster declarations by poverty level.

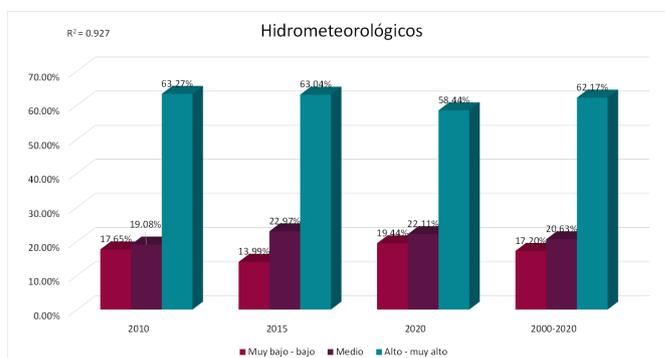


Figura 5. Porcentaje de declaratorias de desastres hidrometeorológicos por grado de pobreza. / Figure 5. Percentage of hydrometeorological disaster declarations by poverty level.

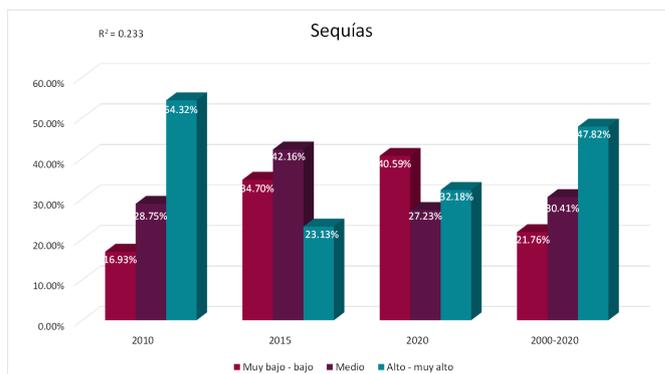


Figura 6. Porcentaje de declaratorias de desastres por sequía por grado de pobreza. / Figure 6. Percentage of drought disaster declarations by poverty level.

Tabla 1. Pesos de las variables para los distintos índices compuestos para la definición de clústeres. / Table 1. Weights of variables for the different composite indices used in cluster definition.

Tipo de desastre	Pesos por variable		
	Frecuencia de desastres	Grado de pobreza	Población total
Geológicos	0.5	0.3	0.2
Hidrometeorológicos	0.6	0.3	0.1
Sequías	0.7	0.2	0.1

Tabla 2. Índices de Moran para los tres tipos de declaratorias de desastres. Nota sobre los valores de referencia: los valores de Moran entre 0.5 y 1 representan una fuerte autocorrelación positiva (zonas cercanas tienen valores similares), cuando se acerca a 0 no hay autocorrelación (los valores son distribuidos aleatoriamente), valores entre -0.5 y -1 representan una fuerte autocorrelación negativa (zonas vecinas tienen valores opuestos). Los valores P (<0.05) y Z (>1.96 en magnitud) validan si la autocorrelación es estadísticamente significativa o aleatoria. / Table 2. Moran's Index for the three types of disaster declarations.

Tipo de evento	Índice de Moran											
	2010			2015			2020			2000-2020		
	Moran	P	Z	Moran	P	Z	Moran	P	Z	Moran	P	Z
Sequía	0.769	0.000	62.852	0.718	0.000	58.769	0.649	0.000	53.095	0.819	0.000	66.981
Hidrometeorológico	0.779	0.000	63.663	0.718	0.000	58.642	0.660	0.000	53.914	0.802	0.000	65.540
Geológico	0.653	0.000	53.428	0.652	0.000	53.465	0.841	0.000	68.675	0.799	0.000	65.255

Tabla 3. Resultados de los modelos de retardo y error espaciales. Nota sobre valores de referencia: Retardo espacial (ρ): Mide la influencia espacial; valores cercanos a 1 muestran una fuerte dependencia espacial. Error espacial (λ): Indica si la dependencia espacial en los errores es significativa, valores cercanos a 1 muestran una fuerte dependencia espacial. Coeficiente del grado de pobreza: Representa la relación entre la pobreza y el evento analizado, ajustando el retardo o error espacial, valores entre 0.05 y 0.1 muestran un impacto considerable de la pobreza sobre la frecuencia (a mayor pobreza mayor frecuencia), valores cercanos a 0 muestran relaciones débiles o nulas, valores entre -0.05 y -0.1 muestran un impacto considerable negativo (a mayor pobreza menor frecuencia). Los valores P (<0.05) validan si la autocorrelación es estadísticamente significativa. Pseudo R²: Valores mayores a 0.5 indican un buen ajuste del modelo. / Table 3. Results of spatial lag and error models.

Desastre	Fecha	Modelo de Rezago Espacial					Modelo de Error Espacial				
		Retardo Espacial (ρ)	Valor P	Coeficiente de grado de pobreza	Valor P para coef de pobreza	Pseudo R ²	Coef de Error Espacial (λ)	Valor P para λ	Coeficiente de grado de pobreza	Valor P para coef de pobreza	Pseudo R ²
Geológicos	2010	0.088	0.00	-0.012	0.382	0.029	0.234	0.00	-0.006	0.678	0.057
	2015	0.341	0.00	-0.093	0.017	0.203	0.483	0.00	-0.120	0.008	0.267
	2020	0.638	0.00	-0.010	0.611	0.440	0.666	0.00	-0.057	0.031	0.455
	Total	0.714	0.00	0.007	0.732	0.537	0.733	0.00	-0.031	0.304	0.543
Hidrometeorológicos	2010	0.796	0.00	-0.073	0.027	0.671	0.802	0.00	-0.150	0.004	0.672
	2015	0.667	0.00	-0.038	0.052	0.498	0.694	0.00	-0.086	0.005	0.511
	2020	0.611	0.00	-0.034	0.048	0.398	0.642	0.00	-0.049	0.080	0.408
	Total	0.837	0.00	-0.078	0.033	0.719	0.841	0.00	-0.250	0.000	0.721
Sequías	2010	0.802	0.00	-0.003	0.791	0.706	0.826	0.00	-0.013	0.916	0.722
	2015	0.366	0.00	-0.017	0.352	0.181	0.552	0.00	-0.013	0.528	0.280
	2020	Error	Error	Error	Error	Error	Error	Error	Error	Error	Error
	Total	0.830	0.00	-0.024	0.110	0.751	0.848	0.00	-0.014	0.594	0.758

La información analizada muestra una clara relación entre el grado de pobreza municipal y la frecuencia de declaratorias de desastres en México entre 2000 y 2020. Los datos reflejan que los municipios con grados de pobreza alta y muy alta concentran la mayoría de las declaratorias en eventos geológicos (78.1 %), hidrometeorológicos (62.17 %) y sequías (47.82 %) evidenciando una interacción significativa entre la vulnerabilidad y la declaración de desastres. Aunado a esto las altas correlaciones sugieren que la pobreza es un factor crítico para explicar la distribución de declaratorias, aunque matizado por las características de la exposición. Esta tendencia pone de manifiesto desigualdades territoriales profundas, donde los municipios más pobres no solo enfrentan mayores dificultades para prevenir los desastres, sino que también dependen más de la intervención de la federación a través de declaratorias de desastre.

A pesar de que los eventos geológicos e hidrometeorológicos abarcan municipios con menor pobreza relativa tal como la Ciudad de México o la Zona Metropolitana de Nuevo León, estos presentan el mayor porcentaje de declaratorias de desastres en municipios con pobreza alta y muy alta. Lo que subraya el rol de la vulnerabilidad ante dichos eventos.

El caso de las sequías muestra un comportamiento distinto al de los otros tipos de desastres. Aunque los municipios con pobreza alta y muy alta concentran el 47.82 % de las declaratorias, hay una participación considerable de municipios con pobreza baja o muy baja (21.76 %) y media (30.41 %). En donde incluso dentro del periodo 2016-2020 fueron los municipios con bajo y muy bajo grado de pobreza los que tuvieron un mayor porcentaje (40.59 %). Este patrón podría deberse a que las declaratorias por sequías se encuentran más relacionadas con impactos económicos, particularmente en municipios con actividades agrícolas de gran escala o con una mayor capacidad institucional para reportar afectaciones económicas. Además, los bajos coeficientes de determinación y correlación en las sequías (0.483 y 0.233, respectivamente) refuerzan la idea de que la pobreza es menos relevante para explicar la distribución de declaratorias en este tipo de eventos, lo que direcciona de forma distinta las políticas necesarias para la gestión integral del riesgo en dichos territorios.

3.3. Clústeres de actuación

Para poder representar el carácter multidimensional del riesgo a nivel municipal se calcularon clústeres de prioridad en donde se agrupan municipios con condiciones de riesgo similar (exposición + vulnerabilidad + magnitud), esto permite tener una visión sistémica e integral de sitios de atención prioritaria por los distintos tipos de riesgo a nivel nacional bajo una escala municipal, estos clústeres representan los mapas finales del presente trabajo en donde se condensa e integra toda la información obtenida en etapas posteriores. Las láminas siguientes muestran los mapas, resultado final del presente trabajo.

4. Conclusiones

El mayor aporte de este trabajo es la identificación de patrones espaciales con cobertura nacional a escala municipal con información histórica que permite entender la construcción del riesgo en torno a los elementos bajo control humano: vulnerabilidad y exposición. Entre estos, la exposición destaca como el principal factor asociado a la ocurrencia de desastres, sin embargo, es evidente la relación que las declaraciones de desastres tienen con la vulnerabilidad y la marginación; dado que, en municipios igualmente expuestos la información analizada muestra una relación significativa entre el nivel de pobreza municipal y la frecuencia de declaratorias de desastres. Los datos reflejan que los municipios con grados de pobreza alta y muy alta concentran la mayoría de las declaratorias en eventos geológicos, hidrometeorológicos y climáticos, estableciendo una interacción significativa entre la vulnerabilidad y la declaración de desastres. Las altas correlaciones indican que la pobreza es un factor crítico para explicar la distribución de declaratorias, aunque matizado por las características de la exposición. Este hallazgo es crucial para la localización de recursos en programas específicos, dado que los municipios con altos grados de pobreza son vulnerables, y enfrentan un nivel de riesgo mayor debido a su vulnerabilidad social, aunque diferencias en la exposición, también podría provocar niveles muy altos de riesgo en aquellos municipios menos pobres, pero altamente expuestos, tal como lo plantea Bankoff (2003).

Los resultados subrayan el carácter multidimensional del riesgo de desastres: aunque la exposición geográfica constituye el principal determinante, las condiciones socioeconómicas de los municipios amplifican significativamente los impactos y condicionan su capacidad de recuperación. Los modelos de regresión espacial utilizados también sugieren la existencia de variables no consideradas, como: la capacidad institucional de los gobiernos locales (municipales) para la gestión del riesgo, además de las dinámicas económicas, productivas y de ordenamiento territorial y ecológico, que influyen directamente en la ocurrencia de declaratorias de desastres. Esto refuerza la importancia de atender la vulnerabilidad como un componente fundamental de las declaratorias de desastres, que en México son la principal herramienta para obtener recursos federales ante impactos que superan las capacidades locales en todas las etapas de la gestión del riesgo: preparación, mitigación, respuesta y recuperación.

Estos hallazgos permiten diferenciar municipios en términos de riesgo y no únicamente de peligro, ofreciendo una perspectiva más comprehensiva que otras regionalizaciones existentes. Por ejemplo, algunos municipios clasificados con peligro sísmico medio según la Regionalización Sísmica de la Comisión Federal de Electricidad (CFE, 2015), presentan condiciones que los posicionan como zonas prioritarias dentro del análisis presentando en este trabajo, esta divergencia sucede en gran medida debido a que este tipo de regionalizaciones tienden a considerar únicamente criterios de peligrosidad física, sin incorporar otro tipo de factores. En consecuencia, la revaloriza-

ción realizada en este estudio tiene implicaciones críticas para el desarrollo de políticas públicas y en la implementación de herramientas de primer nivel como la NOM-006-SEDATU-2024 (SEDATU, 2024) que establece zonas no urbanizables o habitables mediante distintos análisis de riesgos, cabe destacar que resultados preliminares de este trabajo fueron utilizados en la formulación de dicha norma lo que demuestra la aplicabilidad del análisis realizado. Sin embargo, para que estas herramientas sean efectivas, es esencial complementarlas con recursos y apoyos adecuados de modo que no se conviertan en instrumentos inaplicables. Pues aun cuando este tipo de normativa es necesaria, pueden resultar demasiado estrictas frente a las limitadas capacidades locales, lo que podría derivar en un incremento del desarrollo de asentamientos informales, generando consecuencias imprevistas, afectando a las poblaciones en mayor grado de pobreza (Deininger, 2003 y Gencer, 2013).

Por otro lado, aunque el este análisis se realizó a escala municipal utilizando datos multivariados sobre vulnerabilidad, es crucial considerar las desigualdades internas dentro de los municipios. Estas brechas territoriales y socioeconómicas condicionan la materialización de los desastres, la respuesta ante los mismos y la recuperación. Para avanzar hacia una gestión integral del riesgo, es necesario identificar carencias locales específicas, como la falta de infraestructura, capacidades institucionales limitadas y desactualización de información crítica. Derivado de este trabajo, ya se encuentra en desarrollo un análisis más detallado a nivel localidad, ajustado a las particularidades de cada regionalización de riesgo, con el objetivo de diseñar estrategias más ajustadas a las particularidades locales. Una fuente importante de información son las declaratorias de desastres, las cuales, como se ha demostrado en el presente trabajo guardan una estrecha relación con la distribución de la vulnerabilidad social.

Por último, se reconocen algunas carencias en el análisis, como la utilización de una sola base de datos (CENAPRED), que únicamente considera los desastres “importantes en función de la vulnerabilidad social”, aunque sí es una aportación relevante a nivel municipal pues nos permite identificar asimetrías en la resiliencia, capacidad de respuesta y recuperación. En lo futuro se considera recomendable utilizar otras bases de datos disponibles y diferentes métodos de análisis multivariado para evitar sesgos en la determinación de los resultados.

Software

Se utilizaron dos sistemas de información geográfica para el desarrollo de los modelos estadísticos y elaboración de los mapas incluyendo los detalles gráficos:

- GeoDa 1.22. - es una herramienta de software gratuita y de código abierto que funciona como una introducción a la ciencia de datos espaciales. Está diseñada para facilitar nuevos conocimientos a partir del análisis de datos mediante la exploración y el modelado de patrones espaciales. Fue desarrollada por el Dr. Luc Anselin y su

equipo. El programa ofrece una interfaz gráfica fácil de usar para métodos de análisis exploratorio de datos espaciales (ESDA), como estadísticas de autocorrelación espacial para datos agregados (varios miles de registros) y análisis básico de regresión espacial para datos de puntos y polígonos (decenas de miles de registros), tomado directamente de: <https://geodacenter.github.io/>

- ArcMap 10.4.1 es el componente principal de la suite de programas de procesamiento geoespacial ArcGIS de Esri. Se utiliza principalmente para visualizar, editar, crear y analizar datos geoespaciales. ArcMap permite al usuario explorar los datos dentro de un conjunto, simbolizar las características según corresponda y crear mapas.

Datos

Se comparten los datos de los clústeres finales que determinan las zonas prioritarias de atención en formato .shp

Agradecimientos y financiamiento

El presente proyecto se desarrolló dentro de las actividades del Laboratorio Nacional de Variabilidad Climática, Teledetección y Evaluación de Riesgos de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí, México. Es el resultado del esfuerzo colectivo de todas las personas que permiten desarrollar las actividades académicas incluyendo: personal técnico, alumnos, practicantes, personal de limpieza, personal administrativo y profesores investigadores.

ZONAS DE ATENCIÓN PRIORITARIA POR RIESGOS GEOLÓGICOS EN MÉXICO

-  Zonas prioritarias a 99% de confianza
-  Zonas prioritarias a 90% de confianza
-  Valores de correlación espacial no significativas
-  Zonas no prioritarias a 90% de confianza
-  Zonas no prioritarias a 99% de confianza
-  Límites municipales
-  Límites estatales

Proyección: Proyección Cónica Conforme de Lambert
Esferoid: WGS 1984
Datum: WGS 1984
Precisión: ±3 metros

Fuente: Elaborado mediante análisis de clusters de los índices integrados con información de CENAPRED (2000-2020) y CONEVAL (2010-2020)

Autores: Diego Díaz-Barriga Yáñez (a), José Antonio Ávalos Lozano (b), José de Jesús Izaguirre Hernández (b).

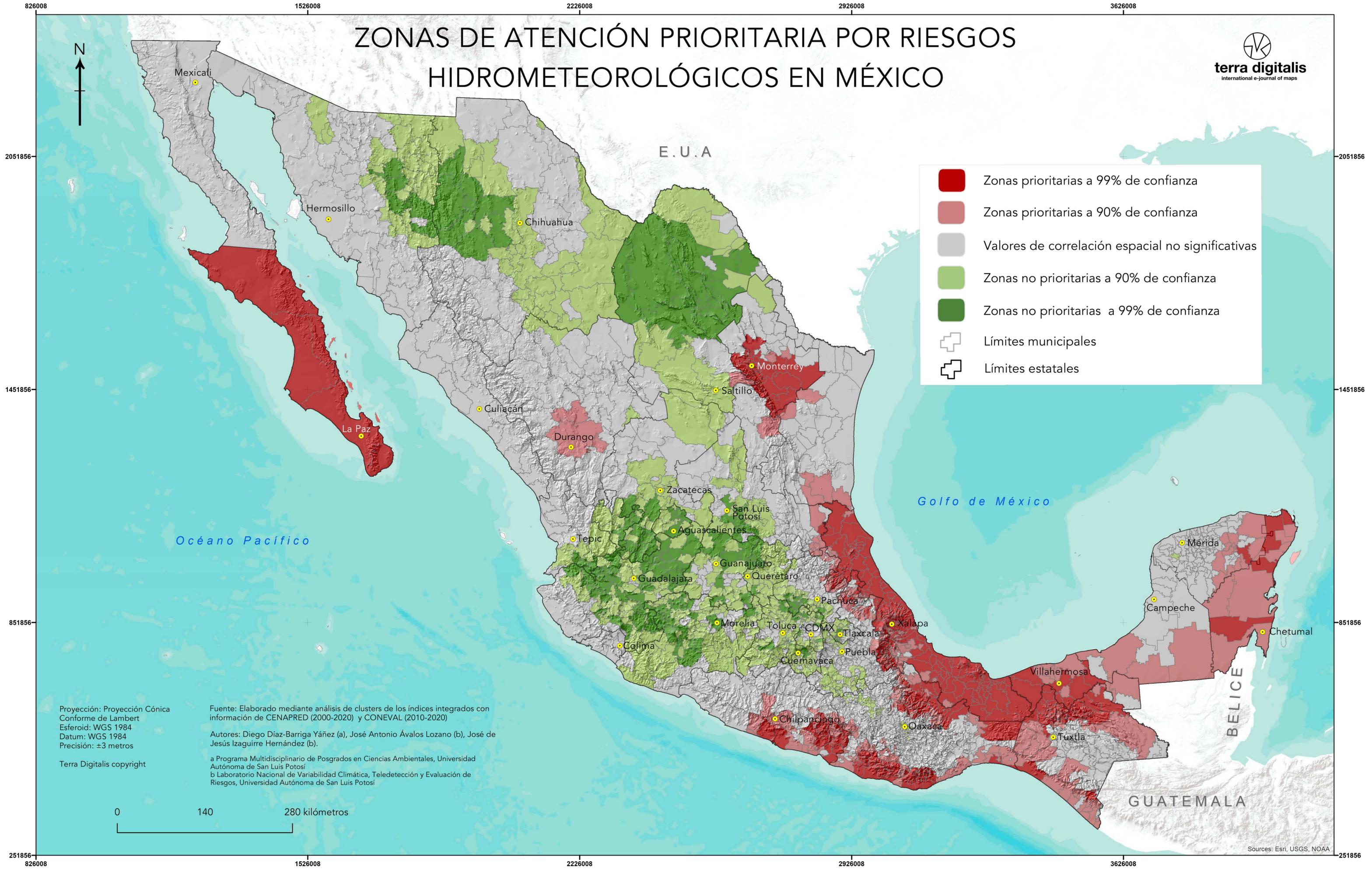
a Programa Multidisciplinario de Posgrados en Ciencias Ambientales, Universidad Autónoma de San Luis Potosí
b Laboratorio Nacional de Variabilidad Climática, Teledetección y Evaluación de Riesgos, Universidad Autónoma de San Luis Potosí

Terra Digitalis copyright

0 140 280 kilómetros

ZONAS DE ATENCIÓN PRIORITARIA POR RIESGOS HIDROMETEOROLÓGICOS EN MÉXICO

- Zonas prioritarias a 99% de confianza
- Zonas prioritarias a 90% de confianza
- Valores de correlación espacial no significativas
- Zonas no prioritarias a 90% de confianza
- Zonas no prioritarias a 99% de confianza
- Límites municipales
- Límites estatales



Proyección: Proyección Cónica
Conforme de Lambert
Esferoid: WGS 1984
Datum: WGS 1984
Precisión: ±3 metros

Terra Digitalis copyright

Fuente: Elaborado mediante análisis de clusters de los índices integrados con información de CENAPRED (2000-2020) y CONEVAL (2010-2020)

Autores: Diego Díaz-Barriga Yáñez (a), José Antonio Ávalos Lozano (b), José de Jesús Izaguirre Hernández (b).

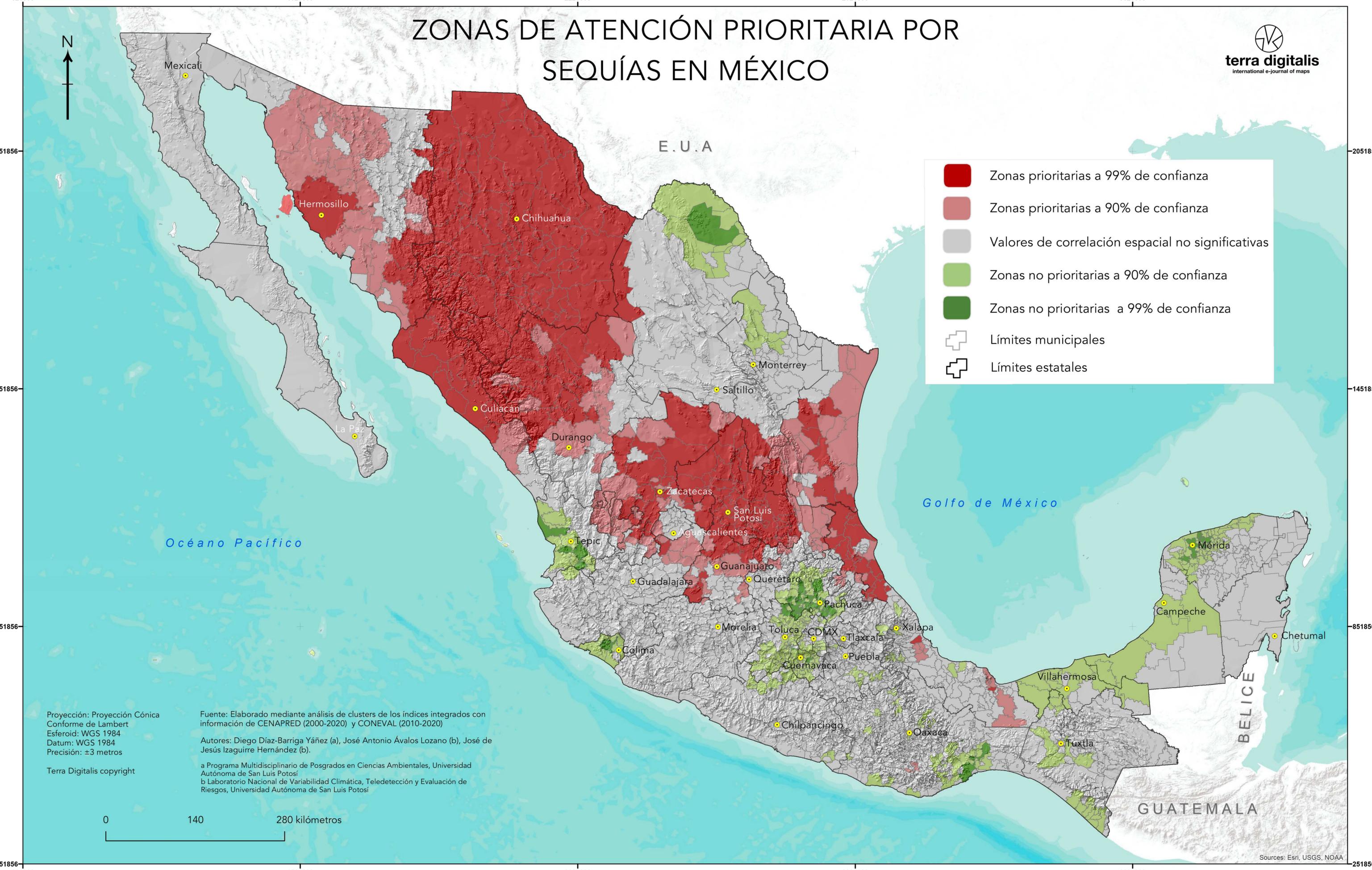
a Programa Multidisciplinario de Posgrados en Ciencias Ambientales, Universidad Autónoma de San Luis Potosí
b Laboratorio Nacional de Variabilidad Climática, Teledetección y Evaluación de Riesgos, Universidad Autónoma de San Luis Potosí

0 140 280 kilómetros

ZONAS DE ATENCIÓN PRIORITARIA POR SEQUÍAS EN MÉXICO



- Zonas prioritarias a 99% de confianza
- Zonas prioritarias a 90% de confianza
- Valores de correlación espacial no significativas
- Zonas no prioritarias a 90% de confianza
- Zonas no prioritarias a 99% de confianza
- Límites municipales
- Límites estatales



Proyección: Proyección Cónica Conforme de Lambert
Esferoid: WGS 1984
Datum: WGS 1984
Precisión: ±3 metros

Terra Digitalis copyright

Fuente: Elaborado mediante análisis de clusters de los índices integrados con información de CENAPRED (2000-2020) y CONEVAL (2010-2020)

Autores: Diego Díaz-Barriga Yáñez (a), José Antonio Ávalos Lozano (b), José de Jesús Izaguirre Hernández (b).

a Programa Multidisciplinario de Posgrados en Ciencias Ambientales, Universidad Autónoma de San Luis Potosí
b Laboratorio Nacional de Variabilidad Climática, Teledetección y Evaluación de Riesgos, Universidad Autónoma de San Luis Potosí



Referencias

- Anselin, L., 1995. Local Indicators of Spatial Association—LISA. *Geographical Analysis* 27 (2), 93–115, <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1995.tb00338.x>.
- Anselin, L., Rey, S. J., 2014. *Modern Spatial Econometrics in Practice: A Guide to GeoDa, GeoDaSpace and PySAL*. GeoDa Press LLC.
- Bankoff, G., 2003. Vulnerability as a Measure of Change in Society. *International Journal of Mass Emergencies & Disasters* 21 (2), 5–30, <https://doi.org/10.1177/028072700302100201>.
- Blaikie, P., Cannon, T., Davis, I., Wisner, B., 2004. *At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters*, 2nd Edición. Routledge, <https://doi.org/10.4324/9780203714775>.
- Boisier, S., 1999. Teorías y metáforas sobre el desarrollo territorial. Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- Cardona, O. D., Aalst, M. K. V., Birkmann, J., Fordham, M., Gregor, G. M., Rosa, P., Pulwarty, R. S., Schipper, E. L. F., Sinh, B. T., Décamps, H., Keim, M., Davis, I., Ebi, K. L., Lavell, A., Mechler, R., Murray, V., Pelling, M., Pohl, J., Smith, A. O., Thomalla, F., 2012. Determinants of risk: Exposure and vulnerability. En: *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, pp. 65–108, <https://doi.org/10.1017/CB09781139177245.005>.
- Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), s.f. Sistema de Consulta de Declaratorias. Consultado el 7 de enero de 2025 en <http://www.atlasonacionalderiesgos.gob.mx/apps/Declaratorias/>.
- Comisión Federal de Electricidad, 2015. Capítulo de diseño por sismo (mdoc-cfe-2015). En: *Manual de diseño de obras civiles: Sección C – Estructuras, Tema 1: Criterios generales de análisis y diseño*. Comisión Federal de Electricidad.
- Congreso de la Unión, 2012. Ley General de Protección Civil. En *Diario Oficial de la Federación*, 6 de junio de 2012. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5249857&fecha=06/06/2012.
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CO-NEVAL), s.f. Pobreza a nivel municipio 2010–2020. Consultado el 7 de enero de 2025 en <https://www.coneval.org.mx/Medicion/Paginas/Pobreza-municipio-2010-2020.aspx>.
- Deininger, K., 2003. *Land Policies for Growth and Poverty Reduction*. A World Bank Policy Research Report. World Bank and Oxford University Press.
- García Acosta, V., 2005. El riesgo como construcción social y la construcción social de riesgos. *Desacatos. Revista de Ciencias Sociales* (19), 11–24, <https://doi.org/10.29340/19.1042>.
- Gencer, E. A., 2013. The interplay between urban development, vulnerability, and risk management. En: Gencer, E. A. (Ed.), *Disaster Risk Reduction and Climate Change Adaptation: Case Studies from South and Southeast Asia*. Springer, pp. 43–62, https://doi.org/10.1007/978-3-642-29470-9_2.
- Lavell, A., 2009. Disaster Risk Management: A Perspective from Latin America. En: Wisner, B., Gaillard, J. C., Kelman, I. (Eds.), *Handbook of Hazards and Disaster Risk Reduction*. Routledge, pp. 89–106.
- Massiris, C. A., 2003. *Políticas latinoamericanas de ordenamiento territorial: realidades y desafíos*. [Tesis doctoral, Universidad Nacional Autónoma de México].
- Méndez Vergara, E., 1999. Criterios claves para el ordenamiento territorial-ambiental. *Espacio y Desarrollo* 11, 5–19.
- Rodríguez, N., 2020. Marcos legislativos, racionalidades político-económicas y ordenamiento territorial: La desarticulación sectorial y multinivel en México. *Revista de Geografía Norte Grande* 77, 11–29, <https://doi.org/10.4067/S0718-34022020000300011>.
- Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU), 2024. NOM-006-SEDATU-2024: Ordenamiento Territorial y Riesgos Naturales. Consultado el 8 de enero de 2025 en *Diario Oficial de la Federación* https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5737045&fecha=23/08/2024.
- UN/ISDR, 2003. Disaster reduction and sustainable development: A background paper for the World Summit on Sustainable Development. Consultado el 8 de agosto de 2024 en: <http://www.unisdr.org>.

This article accompanies the following material:Static map: [10.22201/igg.25940694e.2025.1.124.38](https://doi.org/10.22201/igg.25940694e.2025.1.124.38)Interactive map: [10.22201/igg.25940694e.2025.1.124.39](https://doi.org/10.22201/igg.25940694e.2025.1.124.39)