

DOI: 10.25100/eg.v0i31.15721
Espacio y Territorios



Vulnerabilidad socio energética y desigualdades territoriales en los municipios de México: un análisis espacial

Socio-energy vulnerability and territorial inequalities in Mexican municipalities: a spatial analysis

Vulnerabilidade socioenergética e desigualdades territoriais nos municípios mexicanos: uma análise espacial

Patricia Catalina Medina Pérez¹

El Colegio del Estado de Hidalgo, San Agustín Tlaxiaca, México. pmedina@elcolegiodehidalgo.edu.mx | 0000-0002-2098-6570

Carlos Alejandro Custodio González²

Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México, México. ccustodiog@ipn.mx | 0000-0001-9683-3864

Para citar este artículo: Medina, P. y Custodio, A. (2026). Vulnerabilidad socio energética y desigualdades territoriales en los municipios de México: un análisis espacial. *Entorno Geográfico*, (31), e20815721. <https://doi.org/10.25100/eg.v0i31.15721>

Resumen

El objetivo del presente trabajo es mostrar el comportamiento de la vulnerabilidad socio energética en los municipios de México. Con información del Censo de Población y Vivienda 2020, se construye un indicador que involucra características de las viviendas como: piso de tierra, de un cuarto, sin electricidad, sin acceso a bienes de la vivienda y sin acceso a

¹ Doctora en Estudios de Población por el Instituto de Ciencias Sociales y Humanidades de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo; magíster en Desarrollo Urbano Sustentable por el Colegio del Estado de Hidalgo y arquitecta por el Tecnológico Nacional de México. Enfocada en el estudio del territorio, aborda el comportamiento espacial de los fenómenos urbanos y rurales desde una perspectiva crítica y multidisciplinaria. Forma parte del Sistema Nacional de Investigadores (SNI) en la categoría Nivel I. Actualmente, es profesora investigadora en El Colegio del Estado de Hidalgo y Jefa Editora de la Revista de Estudios Regionales Nueva Época.

² Doctor en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales por la Universidad Autónoma del Estado de México; es profesor Asociado en el CIIDIR Durango del Instituto Politécnico Nacional, donde investiga gestión territorial y dinámicas rurales. Sus publicaciones abordan capital social, rururbanización y sustentabilidad socioambiental, destacando estudios sobre espacios verdes urbanos y reconfiguración agrícola en México. Forma parte del Sistema Nacional de Investigadores (SNI) en la categoría Nivel I.



Esta obra está bajo licencia internacional [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).



Correspondencia: Patricia Catalina Medina Pérez. El Colegio del Estado de Hidalgo. Parque Científico y Tecnológico del Estado de Hidalgo Edif. Tecnología en Blvr. Circuito La Concepción No. 3, Ex Hacienda de la Concepción, San Agustín Tlaxiaca, Hidalgo, México. Correo-e: pmedina@elcolegiodehidalgo.edu.mx

tecnologías de la información, jefatura femenina y dependencia demográfica. Posteriormente, mediante análisis exploratorio de datos espaciales, identifica la distribución territorial de la vulnerabilidad socio energética en los municipios de México. Los resultados permiten identificar tres agrupamientos municipales con altos niveles de vulnerabilidad socio energética, caracterizados por viviendas con limitado acceso a electricidad, bienes y tecnologías de la información, ubicados al noroeste, centro sur y suroriente de México. Por su parte, se observan agrupamientos de municipios de bajos niveles de vulnerabilidad socio energética en los estados del borde de la frontera norte, estado de Jalisco y Nuevo León. Se concluye que las condiciones de acceso a bienes y servicios básicos, son variables clave para explicar la vulnerabilidad socio energética en los municipios de México y pueden servir como base para la generación de políticas energéticas localizadas.

Palabras clave: análisis espacial, vulnerabilidad energética, vivienda y territorio.

Abstract

The objective of this study is to examine the patterns of socio-energy vulnerability in Mexico's municipalities. Using data from the 2020 Population and Housing Census, an indicator is constructed that incorporates variables related to housing characteristics, such as: dirt floors, one-room dwellings, lack of electricity, lack of access to household goods, lack of access to information technologies, female-headed households, and demographic dependency. Subsequently, using Exploratory Spatial Data Analysis, the study identifies the territorial distribution of socio-energy vulnerability across Mexico's municipalities. The results identify three sectors with high levels of socio-energy vulnerability, characterized by dwellings with limited access to electricity, household goods, and information technologies, located in the northwest, south-central, and southeast regions of Mexico. Meanwhile, clusters of low levels of socio-energy vulnerability are observed in the states along the northern border, as well as in the states of Jalisco and Nuevo León. It is concluded that conditions of access to basic goods and services are key variables in explaining socio-energy vulnerability in Mexico's municipalities and can serve as a basis for the development of localized energy policies.

Keywords: spatial analysis, energy vulnerability, housing and territory.

Resumo

O objetivo do presente trabalho é mostrar o comportamento da vulnerabilidade socioenergética nos municípios do México. Com informações do Censo de População e Habitação de 2020, constrói-se um indicador que envolve características das moradias, como: piso de terra, moradia de um único cômodo, ausência de eletricidade, falta de acesso a bens domésticos e a tecnologias da informação, chefia feminina e dependência demográfica. Posteriormente, por meio da análise exploratória de dados espaciais, identifica-se a distribuição territorial da vulnerabilidade socioenergética nos municípios do México. Os resultados permitem identificar três agrupamentos municipais com altos níveis de vulnerabilidade socioenergética, caracterizados por moradias com acesso limitado à eletricidade, bens e tecnologias da informação, localizados no noroeste, centro-sul e sudeste do México. Por sua vez, observam-se agrupamentos de municípios com baixos níveis de vulnerabilidade socioenergética nos estados da faixa de fronteira norte, no estado de Jalisco e em Nuevo León. Conclui-se que as condições de acesso a bens e serviços básicos são variáveis-chave para explicar a vulnerabilidade socioenergética nos municípios do México e podem servir de base para a formulação de políticas energéticas territorializadas.

Palavras-chave: análise espacial, vulnerabilidade energética, habitação e território.

Recibido: 21 de marzo de 2026

Evaluado: 24 de abril de 2026

Aceptado: 12 de mayo de 2026

Publicado: 3 de junio de 2026

1. Introducción

La vulnerabilidad socioenergética (VSE) es un fenómeno que alude a una compleja interacción de factores sociales, económicos y energéticos que comprometen el bienestar y la calidad de vida de las personas (Sadiqa et al., 2023; Shen et al., 2023). Se refiere a un conjunto de condiciones que conducen a situaciones de pobreza energética, las cuales no solo dependen de características socioeconómicas del hogar —como una condición estructural de carencia en el acceso a servicios energéticos básicos (Bouzarovski y Petrova, 2015), el número de integrantes o la condición de desempleo—, sino también de la infraestructura física de las viviendas, muchas veces inadecuada para garantizar eficiencia energética (Cappelli, 2023; Cox, 2023; García-Ochoa y Graizbord, 2016). La vulnerabilidad socio

energética se refiere, por tanto, a la susceptibilidad de los hogares a caer en pobreza energética debido a factores externos como el cambio climático, la ubicación, la precariedad de la vivienda o desigualdades de género, lo que atiende a una capacidad de adaptación y resiliencia de los hogares (Sánchez, 2024).

A diferencia de los países más desarrollados, en el contexto latinoamericano, la VSE puede explicarse por las características materiales de las viviendas o las desigualdades de ingreso, pero también por la localización territorial y el grado de dispersión poblacional (Cadena-Vargas, 2021). Por otro lado, en los municipios urbanos, aunque existe mayor cobertura de electricidad y servicios, la concentración poblacional y el hacinamiento generan nuevas formas de vulnerabilidad: sobrecarga de redes eléctricas, interrupciones frecuentes y desigual acceso a tecnologías modernas (Xu et al., 2024).

Así, la vulnerabilidad energética se manifiesta de manera diferenciada según el grado de urbanización y dispersión territorial. Las políticas de planificación urbana no incorporan la perspectiva energética, lo que agrava la situación de los sectores más vulnerables (Durán y Condorí, 2020a) y ponen de manifiesto la necesidad de abordarla desde un enfoque territorial y espacial (Desvallées, 2021; Lopera et al., 2023).

Diversos estudios han demostrado que la falta de acceso a servicios energéticos en la vivienda puede comprometer su funcionalidad y afectar el bienestar de sus habitantes (Bouzarovski y Petrova, 2015; Hernández et al., 2016; Liddell y Morris, 2010; Thomson y Snell, 2013) En este contexto, la relación entre el acceso a la energía y la vivienda digna resulta crucial para comprender las dinámicas actuales de justicia social (Jones y Reyes, 2023). La energía no solo permite satisfacer necesidades básicas como la iluminación, calefacción o refrigeración, sino que también constituye un elemento esencial para asegurar condiciones adecuadas de habitabilidad y bienestar (Ceglia et al., 2022; Jiglau et al., 2024).

Frente a este panorama, el presente artículo tiene como objetivo, analizar la VSE en los municipios de México. Bajo la hipótesis de que presenta un comportamiento espacial desigual, determinado por las características de las viviendas y su acceso a servicios energéticos y bienes; los municipios con mayores carencias estructurales y sociodemográficas, tienden a conformar agrupamientos con niveles más altos de VSE. El análisis del comportamiento espacial de la VSE permite identificar patrones de concentración

y dispersión que visibilizan no sólo las limitaciones físicas de las viviendas, sino también algunas dinámicas sociales y demográficas que profundizan la exclusión energética (Durán y Condorí, 2020b). De esta manera, el estudio contribuye a fundamentar políticas públicas diferenciadas, enfocadas en la reducción de las brechas territoriales. Para identificar dicho comportamiento, se construye el Indicador de vulnerabilidad socioenergética de la vivienda (IVSE), con información del Censo de Población y Vivienda (Instituto Nacional de Geografía y Estadística [INEGI], 2020); que responde a la necesidad de capturar la heterogeneidad territorial que caracteriza el territorio mexicano y responde a la necesidad de contar con la generación de políticas de desarrollo social y energético, con un acercamiento local.

Para ello, además de esta introducción, el texto se estructura en tres apartados: el primero describe las etapas del proceso metodológico; el segundo presenta los hallazgos sobre la distribución territorial de dicha vulnerabilidad; y el tercero expone las principales conclusiones del estudio.

1.1 Antecedentes y tendencias regionales en la investigación sobre vulnerabilidad energética

La producción científica en torno a la VSE ha mostrado un notable crecimiento en los últimos años, reflejo del creciente reconocimiento de la energía como un componente fundamental del bienestar y la justicia social. Este desarrollo ha respondido, en parte, a la intensificación de los debates sobre el cambio climático, las transiciones energéticas y la necesidad de garantizar un acceso equitativo a servicios energéticos sostenibles (Hearn et al., 2022). En este contexto, se ha producido una diversificación significativa en los enfoques metodológicos, los marcos teóricos y las escalas de análisis empleadas, lo que ha permitido abordar el fenómeno desde perspectivas más integrales y contextualizadas. En particular, la incorporación de métodos geoestadísticos, enfoques cualitativos y diseños mixtos ha ampliado la capacidad de la investigación para capturar tanto las dimensiones estructurales vinculadas a las condiciones materiales del acceso a la energía. Así como las vivenciales, relacionadas con las experiencias subjetivas y cotidianas de quienes enfrentan situaciones de vulnerabilidad energética.

Al observar su distribución geográfica, se identifican patrones diferenciados que responden a las prioridades analíticas, las condiciones socioeconómicas y las capacidades institucionales propias de cada región (Tabla 1). En América del Sur, se presentan contribuciones mixtas y cualitativas, y de enfoque cuantitativo centrado en la caracterización de los factores socioeconómicos y de infraestructura que inciden en la vulnerabilidad energética (Carrizo et al., 2014; Durán y Condorí, 2020; Reyes et al., 2022; Pereira et al., 2021). Esta línea de investigación se apoya en bases de datos censales, encuestas de hogares y sistemas de información geográfica para desarrollar indicadores sintéticos y mapas temáticos, para identificar patrones espaciales, zonas de mayor riesgo y establecer relaciones cuantificables entre la pobreza energética, las condiciones estructurales de las viviendas, la calidad de los servicios públicos y la configuración del entorno urbano o rural. Además, estos estudios han contribuido a visibilizar la desigualdad territorial en el acceso a servicios energéticos y a fundamentar propuestas de política pública orientadas a reducir la vulnerabilidad desde una perspectiva focalizada y territorializada.

En contraste con el enfoque predominantemente cuantitativo observado en América del Sur, en Europa la investigación sobre vulnerabilidad energética tiende a adoptar una perspectiva multidimensional e interdisciplinaria. Este enfoque reconoce que la vulnerabilidad no se limita únicamente a factores materiales, sino que involucra dimensiones subjetivas relacionadas con las experiencias cotidianas, las percepciones de inseguridad energética y las estrategias de adaptación que las personas desarrollan frente a esta situación.

En consecuencia, los estudios europeos incorporan una amplia variedad de metodologías, combinando análisis geoestadísticos con enfoques cualitativos, como entrevistas en profundidad, grupos focales o etnografías, así como diseños mixtos que permiten capturar la complejidad del fenómeno desde múltiples niveles de análisis. Esta aproximación integral ha contribuido significativamente a la formulación de soluciones más contextualizadas y sensibles a las realidades locales, al considerar tanto los aspectos técnicos (como la eficiencia energética de las viviendas o el tipo de red de suministro) como los factores sociales, culturales y emocionales que configuran la experiencia de la vulnerabilidad energética en distintos territorios (Martín-Consuegra et al., 2019; Robinson et al., 2019).

En México, la investigación sobre vulnerabilidad energética se ha enfocado en enfoques cuantitativos, con especial atención a la identificación y caracterización de las condicionantes socioeconómicas que influyen en la exposición de los hogares a situaciones de pobreza energética (Ceballos et al., 2022; Espinosa-Dorado y Carrillo-Núñez, 2021; García-Ochoa y Graizbord, 2016; Guzmán-Rosas et al., 2023; Molar-Cruz et al., 2022). Estos estudios, basados en el análisis de datos censales, encuestas de ingresos y gastos de los hogares, así como indicadores de calidad de vivienda y acceso a servicios, han permitido dimensionar la magnitud del fenómeno y delimitar su distribución territorial (Giorgi y Lozaya, 2023). La cuantificación de variables como el ingreso familiar, el acceso a fuentes modernas de energía, el tipo de materiales de construcción de la vivienda o el grado de urbanización ha contribuido a establecer perfiles de riesgo y a identificar los factores estructurales que agravan esta forma de vulnerabilidad. Además, algunos trabajos han incorporado herramientas de análisis espacial para mapear la distribución desigual de la pobreza energética a nivel municipal o estatal, revelando la persistencia de patrones territoriales asociados con condiciones históricas de marginación y rezago en infraestructura.

Tabla 1. Síntesis de las aproximaciones metodológicas sobre la vulnerabilidad socio energética

Título	Año	Autores	Enfoque metodológico	Problemática de investigación	Región
Vulnerabilidad energética en la metrópoli de Buenos Aires	2014	Carrizo et al.	Análisis geoestadístico	Abordar la vulnerabilidad energética en Buenos Aires, centrándose en los desafíos del sistema energético ante fenómenos naturales y la gobernanza urbana.	América del Sur
Desarrollo y estimación de un índice de vulnerabilidad socio-	2021	Duran y Condorí	Análisis geoestadístico	Medir y caracterizar la vulnerabilidad energética y socioeconómica de los	América del Sur

energética para departamentos de Argentina				hogares para identificar áreas y grupos más vulnerables y guiar la formulación de políticas públicas.	
Vulnerabilidad energética y socioeconómica en los hogares de Argentina	2020	Duran y Condori	Métodos cuantitativos	Analizar la vulnerabilidad energética desde la dimensión socioeconómica.	América del Sur
Medición de pobreza y vulnerabilidad energética de los hogares. el caso de la provincia de Río Negro, Argentina	2021	Civitaresi et al.	Cuantitativo	Entender cómo las condiciones afectan el acceso, la asequibilidad y la eficiencia energética de los hogares, y cómo las políticas públicas, como los subsidios al gas natural, pueden mitigar estos problemas.	América del Sur
Ley Argentina de Zona Fría y sectores vulnerables: primeras reflexiones para Bahía Blanca	2022	Reyes Pontet et al.	Métodos mixtos	Analizar la incidencia de la Ley Nacional 25.565 ("Ley de Zona Fría") en la población vulnerable energética de la ciudad de Bahía Blanca, Argentina.	América del Sur
Capturing Multidimensional Energy Poverty in South America: A Comparative Study of Argentina, Brazil, Uruguay, and Paraguay	2021	Pereira et al.	Cuantitativo	Mide la magnitud de la pobreza energética en Argentina, Brasil, Uruguay y Paraguay.	América del Sur

Multiple transformations: theorizing energy vulnerability as a socio-spatial phenomenon	2017	Bouzarovski et al.	Cualitativo	Cómo las transiciones energéticas, a través de reformas institucionales, prácticas sociales y formaciones urbanas, afectan la vulnerabilidad energética de los hogares y comunidades.	Europa
Distribución de la pobreza energética en la ciudad de Madrid (España)	2019	Martín-Consuegra et al.	Análisis geoestadístico	Identificar y analizar la distribución espacial de la pobreza energética a nivel inframunicipal, considerando ingresos medios, calidad térmica de las edificaciones y costos de servicios energéticos.	Europa
The Spatially Varying Components of Vulnerability to Energy Poverty	2019	Robinson et al.	Análisis geoestadístico	Identificar y analizar la variación espacial de los factores de vulnerabilidad a la pobreza energética, considerando factores globales y locales.	Europa
Double energy vulnerability: Spatial intersections of domestic and transport energy poverty in England	2020	Robinson y Mattioli	Análisis geoestadístico	Analizar la pobreza energética en el hogar y el transporte.	Europa
‘The bills are a brick wall’: Narratives of energy vulnerability, poverty and	2020	Groves et al.	Cualitativo	Comprender cómo se experimenta la vulnerabilidad energética en la vida	Europa

adaptation in South Wales				cotidiana de hogares en una comunidad periurbana ex-minera.	
Redefining energy vulnerability, considering the future	2022	Hearn et al.	Métodos mixtos	Reconceptualizar la vulnerabilidad energética como la incapacidad de los hogares para acceder a servicios energéticos adecuados y asequibles, utilizando un enfoque de capacidades.	Europa
Caracterización espacial de la pobreza energética en México. Un análisis a escala subnacional.	2016	García-Ochoa y Graizbord	Cuantitativo	Entender la variación de la pobreza energética entre regiones del país y los factores que contribuyen a esta variabilidad.	México
Características de la pobreza energética en México: un enfoque desagregado.	2021	Espinosa-Dorado y Carrillo-Núñez	Cuantitativo	Entender y describir la demanda energética y sus implicaciones monetarias en los hogares mexicanos, en un contexto de acceso desigual a recursos energéticos asequibles y seguros.	México
Comunidades mayas de Yucatán ante un parque eólico: pobreza energética y percepciones de injusticia.	2022	Ceballos et al.	Métodos mixtos	Analizar la pobreza energética y las percepciones de injusticia en cuatro comunidades mayas en Yucatán, México.	México
Characterizing the Energy Burden of Urban Households in	2022	Molar-Cruz et al.	Cuantitativo	Analizar cómo las condiciones socioeconómicas y	México

Mexico: The Impact of Socioeconomic and Temperature Conditions Across Metropolitan Areas.				climáticas afectan el porcentaje del ingreso del hogar destinado a servicios energéticos como electricidad y gas.	
La pobreza energética en la población indígena del Estado de San Luis Potosí, México.	2023	Guzmán-Rosas et al.	Cuantitativo	Dimensionar y caracterizar la pobreza energética en estas comunidades y entender su impacto en la calidad de vida y bienestar.	México
Technological and energy challenges in the most vulnerable communities: a study in the state of chihuahua, Mexico.	2023	Giorgi y Lozoya	Investigación-Acción	Abordar los desafíos tecnológicos y energéticos de las comunidades vulnerables en Chihuahua, México, y cómo la adaptación tecnológica puede ayudar a superar amenazas socioambientales.	México
Pobreza energética y cambio climático. Aproximación desde el análisis territorial en los municipios de México.	2023	Medina-Pérez et al.	Análisis geostatístico	Identificar y analizar la distribución territorial de la pobreza energética y la influencia de las condiciones climáticas en esta distribución.	México

Fuente: Elaboración propia

2. Metodología

El análisis del comportamiento espacial de la VSE se desarrolla en dos etapas. En la primera, se construye un indicador de VSE municipal mediante la técnica estadística de Análisis de

Componentes Principales (PCA) con software estadístico SPSS. La segunda etapa consiste en realizar un análisis exploratorio de datos espaciales (AEDE) con GeoDa. Con base en el marco teórico, se parte del supuesto de que la desigualdad en el contexto de las ciudades latinoamericanas tiene una explicación territorial.

2.1. Índice de vulnerabilidad socio energética

El Índice de vulnerabilidad socio energética se construye como una medida compuesta que integra dimensiones estructurales y sociodemográficas de los municipios, con el objetivo de identificar y caracterizar desigualdades en el acceso y uso de servicios energéticos. Su construcción parte de la hipótesis de que la VSE presenta un comportamiento espacial desigual, que se determina por las condiciones diferenciadas de materiales de las viviendas y la disponibilidad de bienes y servicios energéticos.

El índice de VSE refleja tanto la privación material inmediata como la susceptibilidad futura de los municipios a crisis energéticas de acuerdo con las desigualdades territoriales existentes. Se conforma de tres dimensiones, la primera relacionada con condiciones físicas de la vivienda, en el que se incluyen los materiales de construcción y la infraestructura básica. La segunda, se relaciona con el acceso a servicios energéticos y carencias estructurales como la disponibilidad de electricidad y tecnologías de uso doméstico. La tercera se relaciona con características sociodemográficas como la composición por género, y la distribución poblacional.

La herramienta empleada para la construcción del indicador es el análisis de componentes principales (PCA, Principal Components Analysis, por sus siglas en inglés), ya que permite reducir un conjunto de variables que, por lo general, se encuentran correlacionadas, con el fin de optimizar el análisis y transformarlas en un nuevo conjunto sintético de variables construidas a partir de combinaciones lineales de las variables originales (Lozares y López, 1991). El objetivo del PCA es concentrar la mayor parte de la varianza en el primer componente, lo que permite simplificar, reducir y estructurar la información inicial.

A partir de las aproximaciones metodológicas sobre la VSE (Tabla 1) y con base en los análisis preliminares realizados con la base de datos³, se seleccionaron diez variables (Tabla 2) del Censo de Población y Vivienda (INEGI, 2020) con desagregación municipal; para construir el Índice de Vulnerabilidad Socio energética (IVSE).

Las variables piso de tierra y viviendas de un cuarto, se vinculan con características físicas de la vivienda; que se relacionan con el nivel de pobreza de los hogares y que remiten a dimensiones específicas del estado de VSE de la vivienda debido a las características de los materiales con que se encuentra construida (Durán y Condorí, 2020), por las implicaciones de confort térmico de la vivienda (García-Ochoa y Graizbord, 2016) y características sociales que pueden agravar las condiciones anteriores. Para el contexto mexicano, las viviendas de un cuarto (un solo dormitorio), se encuentran expuestas a condiciones de hacinamiento, lo que además de afectar la privacidad y la libre circulación dentro de la vivienda; puede afectar a la salud física y emocional y provocar accidentes en el hogar (Lentini y Palero, 1997).

Las variables viviendas sin refrigerador, internet y lavadora, tienen que ver con características de acceso a servicios energéticos, como la disponibilidad y asequibilidad de electricidad y tecnologías de uso doméstico. Las condiciones de cobertura de servicios urbanos son mejores en contextos urbanizados y de alta concentración poblacional (ONU-Hábitat, 2025). Los elementos considerados para medir la VSE incluyen el acceso limitado a servicios como la electricidad (vph_selec), bienes y tecnologías de la información (vph_norefri, vph_sincint, y vph_nolav) (García-Ochoa y Graizbord, 2016).

Por otro lado, densidad poblacional (dens_pob), dependencia demográfica (dep_dem) población femenina y jefatura femenina (jef_fem), constituyen características sociodemográficas que permiten medir la vulnerabilidad de los hogares a la pobreza (Medina et al., 2023). La densidad poblacional determina las características del entorno. Las variables de nivel educativo no fueron significativas en las pruebas preliminares para este modelo.

³ Dado que las variables utilizadas en la construcción del índice se encuentran expresadas en una escala porcentual (0-100), no fue necesario aplicar la estandarización mediante puntaje z (Colina y López, 1991). Las variables son directamente comparables.

Tabla 2. Variables del índice de vulnerabilidad socio energética

Dimensión	Indicador (%)	Media ⁴	Desviación
Condiciones físicas	Viviendas particulares habitadas con piso de tierra	7.9760	8.81661
	Viviendas particulares habitadas de un cuarto	7.7423	5.77405
Carencias estructurales y acceso a servicios energéticos	Viviendas particulares habitadas sin electricidad	1.8400	2.80955
	Viviendas particulares habitadas sin refrigerador	26.1276	20.70888
	Viviendas particulares habitadas sin computadora ni internet	67.8064	18.37397
	Viviendas particulares habitadas sin lavadora	43.7054	23.71414
Factores sociodemográficos	Dependencia demográfica. Porcentaje de población de más de 65 y menos de 14 años	41.8330	4.23084
	Jefatura femenina. Porcentaje de mujeres principales perceptoras y proveedoras del hogar.	24.9400	6.03482
	Población femenina	51.1903	1.5432
	Porcentaje de población municipal (densidad poblacional)	.0405	.11665

Fuente: Elaboración propia con información de INEGI (2020).

⁴ Media por unidad censal municipal.

El análisis incluye los 2,470 municipios que se presentan en los principales resultados del Censo de Población y Vivienda 2020. Una vez estandarizadas las variables en valores de 1-100, se calculan los componentes principales; se obtiene el porcentaje de varianza explicada por cada uno, en orden de significación. En este punto, es posible descartar aquellos componentes con valores bajos para reducir la dimensionalidad del análisis. Una adecuada selección de las variables iniciales permite que el primer componente (PC1) concentre el mayor porcentaje de la varianza explicada del fenómeno, mientras que los componentes restantes aportan una proporción progresivamente menor (Lozares y López, 1991).

2.2 Análisis Exploratorio de Datos Espaciales (AEDE)

Esta herramienta combina el análisis estadístico con la representación gráfica, lo cual permite identificar la distribución espacial del fenómeno estudiado, así como sus valores atípicos, patrones de asociación y zonas calientes o frías. Su justificación metodológica radica en que facilita la observación de ciertas características del fenómeno que tienden a repetirse en unidades territoriales vecinas (Anselin, 1995). Dado que las interacciones sociales dejan una huella espacial, la ubicación, la interacción entre espacios y las externalidades contribuyen al desarrollo de formulaciones teóricas que enriquecen el conocimiento sobre el tema (Anselin, 2003).

Con el objetivo de identificar agrupamientos, estimar su presencia y detectar patrones en la distribución espacial de las variables (Anselin, 1999), el AEDE utiliza principalmente estadísticos de autocorrelación espacial (Odland, 1988), como el índice de autocorrelación global de Moran (I de Moran) y los indicadores locales de autocorrelación espacial (LISA).

2.3. I Moran

El I de Moran es un estadístico que permite determinar el grado de asociación espacial global entre las unidades de análisis, a través de una matriz de pesos espaciales. En un conjunto de n unidades, el valor del atributo para cada una depende de su vecindad con las demás; cuando no existe cercanía, el peso asignado es cero (Celemin, 2009). Este indicador mide la intensidad de la autocorrelación espacial global, de modo que para cada valor del estadístico

es posible evaluar su significancia y contrastar la hipótesis nula de aleatoriedad en la distribución espacial de la VSE de las viviendas (Ord y Getis, 1995). Si existe autocorrelación espacial, se espera encontrar condiciones similares entre regiones vecinas o contiguas. Valores mayores que cero indican autocorrelación espacial positiva; un valor cercano a cero sugiere una distribución espacial aleatoria; y valores menores que cero indican autocorrelación espacial negativa.

2.4 Indicadores locales de autocorrelación espacial (LISA)

Dado que el I de Moran es un indicador global, no permite identificar patrones de relaciones espaciales locales. Para ello, se utiliza el estadístico LISA (Local Indicators of Spatial Association), el cual detecta puntos no estacionarios o agrupamientos espaciales locales. La suma de los indicadores locales de todas las observaciones es proporcional al valor del indicador global de asociación espacial. Cuando los valores altos están rodeados por otros valores altos, y los bajos por valores bajos, se considera que existe autocorrelación espacial positiva (Fotheringham y Brunson, 2010). El mapa LISA permite localizar agrupamientos espaciales al identificar unidades que, a escala local, presentan valores altos rodeadas por unidades con valores igualmente altos. Esto revela el grado de concentración de la VSE, así como las zonas con baja concentración del fenómeno.

3. Resultados

Con base en la información del Censo de Población y Vivienda 2020, se procedió a realizar el análisis con CPA y se construyó un indicador que permite identificar los agrupamientos de VSE en los municipios de México.

La puntuación del determinante es cercana a cero (0.001) así como el estadístico KMO superior a 80%, lo que confirma la pertinencia del uso de esta técnica de análisis para la reducción de dimensiones. La extracción se realizó con rotación Varimax y normalización de Kaiser. Como resultado de los análisis preliminares, el modelo con mejor porcentaje de varianza se integra por las variables: hogares con piso de tierra, sin electricidad, no refrigerador, sin computadora ni internet, no lavadora y dependencia demográfica.

Una vez obtenido el mejor modelo, la varianza total explicada por el primer factor es de 45 %. El primer factor confirma que el acceso a bienes y servicios básicos y las condiciones físicas de la vivienda, constituyen el núcleo de la VSE. Los coeficientes presentan valores cercanos a 1, destacando particularmente en variables como acceso a lavadora (0.885), acceso a tecnologías de la información (0.877), refrigerador (0.877), viviendas con piso de tierra (0.818), dependencia demográfica (0.641) y acceso a electricidad (0.580); lo anterior muestra que la precariedad material y la carencia de equipamiento doméstico son determinantes para explicar la VSE. Este hallazgo valida la pertinencia de la propuesta metodológica, pues las variables seleccionadas logran capturar de manera robusta las condiciones estructurales de las viviendas a nivel municipal.

Las características constructivas de las viviendas se relacionan directamente con el nivel de confort térmico y al consumo energético; y deben destinar una mayor proporción de sus ingresos a balancear su confort térmico. En el contexto mexicano, donde gran parte de las viviendas son autoconstruidas y con recursos limitados, la conexión entre la VSE y el confort térmico se vuelve crítica. Y si se consideran las diversas condiciones climáticas existentes en el territorio mexicano, los sectores con carencias en los componentes materiales de la vivienda y limitantes con limitado acceso a los servicios energéticos, son aquellas con los mayores grados de VSE. Así mismo, los sectores con menor acceso a la tecnología, se ven excluidos de los servicios digitales, lo que limita su acceso a la educación, empleo remoto y servicios públicos digitales, lo que favorece la desigualdad y la exclusión.

El segundo componente (PC2-vulnerabilidad demográfica femenina) con el 13 % de la varianza total explicada, los valores de los coeficientes cercanos a 1 son: población femenina (0.676), hogares con jefatura femenina (0.612) y densidad poblacional (0.509), cuya correlación es baja y no significativa (Véase en Anexos). Lo anterior introduce una dimensión demográfica con enfoque de género, ya que, la VSE no sólo depende de la infraestructura, sino también de la composición social y las dinámicas de género; ya que las desigualdades energéticas no se distribuyen de manera equitativa. Las mujeres, especialmente en hogares pobres y rurales, enfrentan cargas desproporcionadas derivadas de la precariedad energética y habitacional.

Finalmente, el tercer componente (PC3-vulnerabilidad de la vivienda con enfoque de género) concentra el 10 % de la varianza total, las variables con coeficientes con valores cercanos a 1 son: población femenina (-0.593) y viviendas de un cuarto (0.614).

El CPA permitió transformar el conjunto de variables correlacionadas en componentes ortogonales que concentran la mayor parte de la varianza. Se obtuvieron los tres primeros componentes, que explican el 80% de la variabilidad. Dado que cada componente es una dimensión ortogonal que captura un patrón distinto de la variabilidad de los datos; una vez que se obtuvieron las puntuaciones de los componentes, se ponderan sus valores de acuerdo con la varianza explicada, teniendo como resultado el índice ponderado, lo que asegura un modelo más representativo y evita sesgos.

Se calcularon las correlaciones de Pearson de los componentes, los resultados mostraron valores cercanos a cero en todas las comparaciones (PC1-PC2= 0.00; PC2-PC3= 0.0; PC3-PC1= 0.00) con niveles de significancia superiores a 0.05. Por lo anterior, es posible afirmar que cada componente representa una dimensión independiente (Abdi y Williams, 2002) de la variabilidad de los datos y evita solapamientos en la explicación de la varianza.

El IVSEM ponderado se presenta en las figuras 1, 2, 4 así como la significancia estadística (puntos rojos/calientes) de los agrupamientos de alta VSEM que se concentran principalmente en tres regiones del país: el noroeste, el centro-sur y el suroriente de México (Tabla 3).

En la región noroeste, el primer agrupamiento está conformado por diez municipios del estado de Chihuahua y 5 municipios de los estados de Durango, Nayarit y Jalisco. En la región centro-sur, el primer grupo de 11 municipios, se localiza en el estado de Guerrero; un segundo grupo, de 14 municipios, se ubica en el estado de Oaxaca; el tercer grupo está conformado por 3 municipios en el estado de Puebla y 11 municipios del estado de Oaxaca.

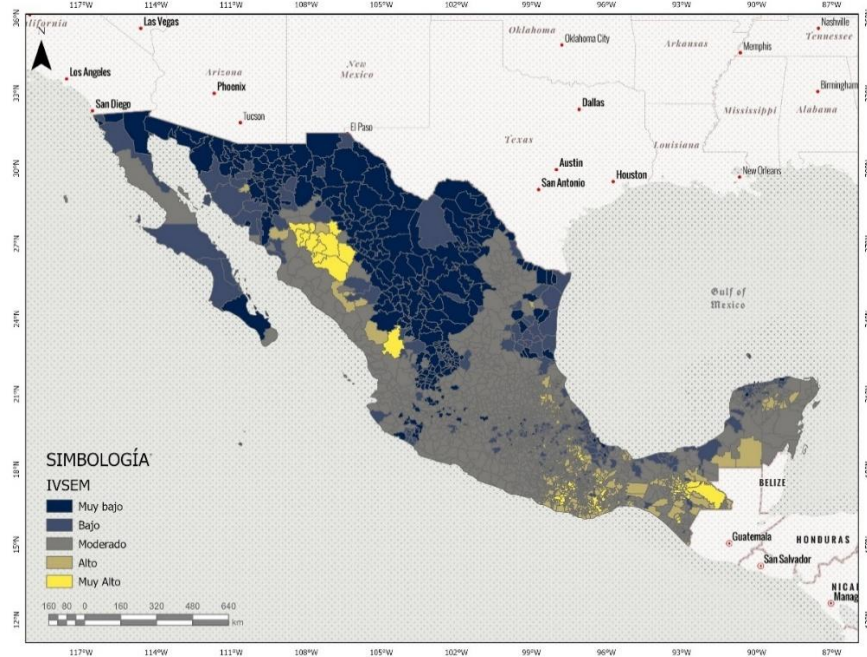


Figura 1. Indicador de Vulnerabilidad Socio Energética Municipal 2020

Fuente: Elaboración propia con información de INEGI (2020)

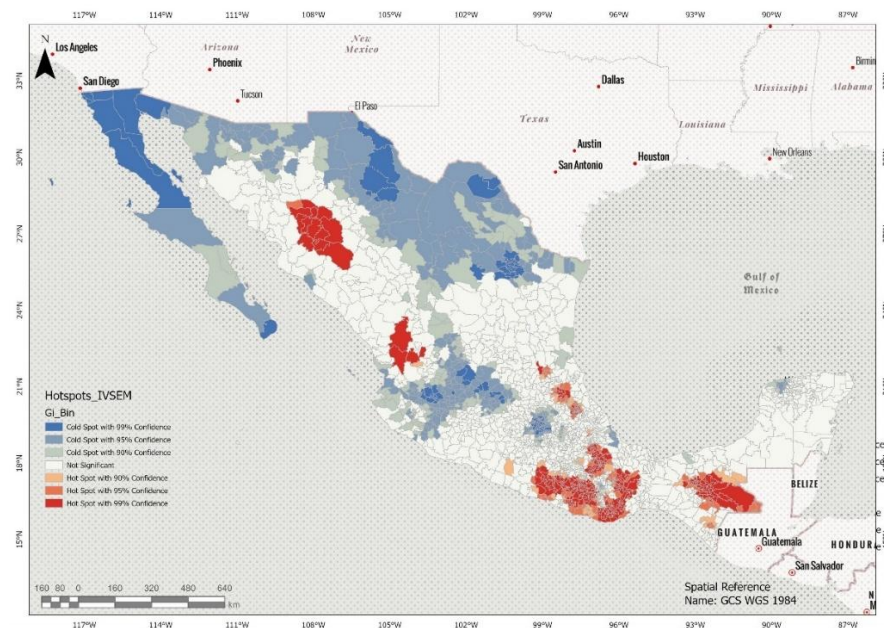


Figura 2. Hotspots de Vulnerabilidad Socio Energética Municipal 2020

Fuente: Elaboración propia con información de INEGI (2020)

En la región suroriente, se identifica un grupo de 21 municipios ubicado en el estado de Chiapas. Por su parte, se observan agrupamientos de bajos niveles de VSE en los estados del borde de la frontera norte, estado de Jalisco y Nuevo León.

Tabla 3. Municipios con altos niveles de vulnerabilidad socio energética

Región noroeste		Región suroriente	
	Batopilas de Manuel		
Chihuahua	Gómez Morín	Chiapas	Ocosingo
	Maguarichi		Maravilla Tenejapa
	Urique		Chilón
	Morelos		Salto de Agua
	Deruachi		Tumbalá
	Guadalupe y Calvo		Sitalá
	Balleza		San Juan Cancuc
	Guachochi		Tenejapa
	Chínipas		Tila
	Carichí		Sabanilla
Durango, Nayarit			
Jalisco	Mezquital		Huitiupán
	Huajicori		Simojovel
	Del Nayar		El Bosque
	Mezquitic		Chenalhó
	Bolaños		Mitontic
			Chanal
			Chamula

Aldama

Amatán

Santiago el Pinar

San Andrés Duraznal

Región centro-sur

Grupo 1

Guerrero

Atlixac

Zapotitlán Tablas

Acatepec

Tlacoapa

Malinaltepec

Metlatónoc

Iliatenco

San Luis Acatlán

Cochoapa el Grande

Tlacoachistlahuaca

Xochistlahuaca

Grupo 2

Oaxaca

Santiago Ixtayutla

Santa Cruz Zenzontepec

Tataltepec de Valdés

Santa María Zaniza

Santiago Amoltepec

San Mateo Yucutindoo

San Francisco Cahuacú

San Antonio Huitepec

		San Miguel Piedras
		San Miguel Peras
		Santa María Peñoles
		San Juan Tamazola
		Santo Domingo Nuxaá
		Santiago Tlazoyaltepec.
Grupo 3	Puebla	Eloxochitlán
		Zoquitlán
		San Sebastián Tlacotepec
	Oaxaca	Santa María Chilchotla
		Santa María Chilchotla
		Santa Ana Ateixtlahuaca
		Eloxochitlán de Flores
		San José Independencia
		San José Tenango
		San Pedro Ixcatlán
		San Bartolomé Ayutla
		Santa Cruz Acatepec
		San Lucas Zoquiapam
		Mazatlán Villa de Flores

Fuente: Elaboración propia con información de INEGI (2020)

Chiapas es el estado con el mayor número de municipios con población en situación de pobreza, destacando particularmente Ocosingo y Chilón, dos de los municipios más extensos del estado. Una de las principales carencias en Chiapas es el acceso limitado a los servicios

básicos en la vivienda (Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social [CONEVAL], 2022a). En general, los municipios con mayor proporción de población en situación de pobreza se ubican en zonas específicas del sur del país, especialmente en regiones con altos porcentajes de población indígena, como es el caso de Chiapas con un 67.4%; Guerrero con un 60.4% y Oaxaca con un 58.4%.

La concentración de la VSE también se ubica en las regiones que históricamente han registrado mayores rezagos. De acuerdo con CONEVAL (2022a), los cinco municipios con mayor porcentaje de población en condición de pobreza se ubican en los estados de Guerrero, Oaxaca y Chiapas. Así, los agrupamientos de municipios con niveles más altos de VSE coinciden con los resultados del IVSE, que se localizan en entornos menos poblados, con mayor porcentaje de población indígena y con niveles altos de pobreza y pobreza extrema.

El I de Moran positivo de 0.728 indica la presencia de una autocorrelación espacial global positiva. Con un z-score de 136.70, existe menos del 1 % de probabilidad de que los patrones de concentración global observados sean producto del azar, por lo que se rechaza la hipótesis nula de aleatoriedad. El patrón espacial de la VSE muestra variaciones territoriales significativas (Figura 3).

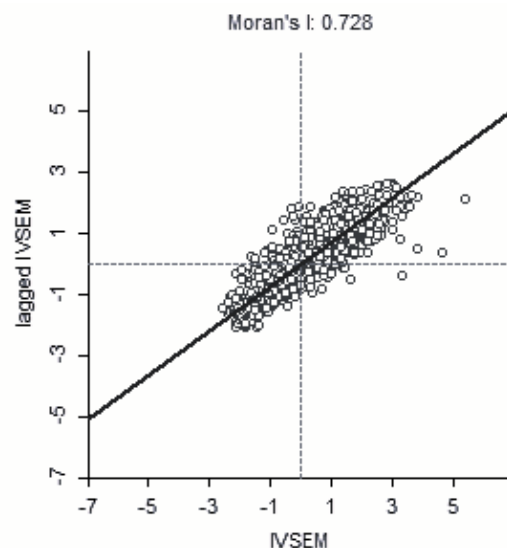


Figura 3. I Moran del Indicador de Vulnerabilidad Socio Energética Municipal 2020

Fuente: Elaboración propia con información de INEGI (2020)

El mapa del LISA revela la presencia de patrones de concentración de la VSE. En la figura 3 se identifican tres agrupamientos del tipo alto-alto, localizados en las regiones noroeste (sur de Chihuahua), centro-sur (Oaxaca y Guerrero) y suroriente (Chiapas). Esta distribución coincide con los elevados niveles de pobreza que caracterizan a estas entidades federativas.

Con un nivel de error del 0.001, los agrupamientos identificados resultan estadísticamente significativos y se representan en tonos verde oscuro en el mapa de significancia (Figura 4). Los agrupamientos de tipo bajo-bajo se localizan principalmente en el norte y centro del país, con valores significativos en la franja fronteriza norte y en la región centro-poniente. Los resultados confirman la persistencia de un patrón territorialmente desigual en la distribución de la VSE en los municipios de México.

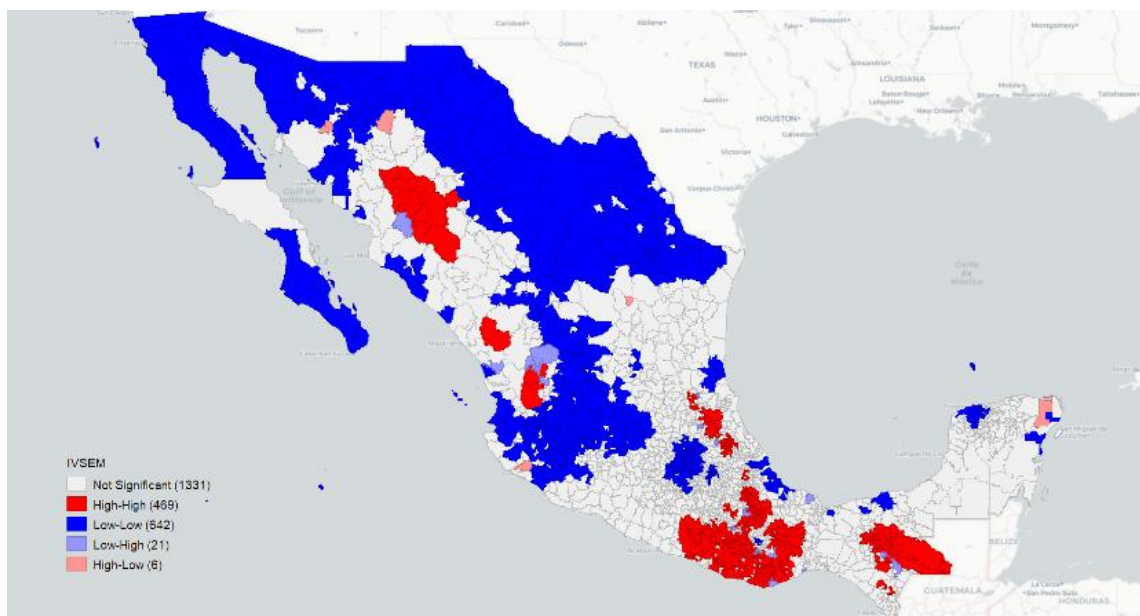


Figura 4. Mapa de agrupamientos del Indicador Local de Asociación Espacial

Fuente: Elaboración propia con información de INEGI (2020)

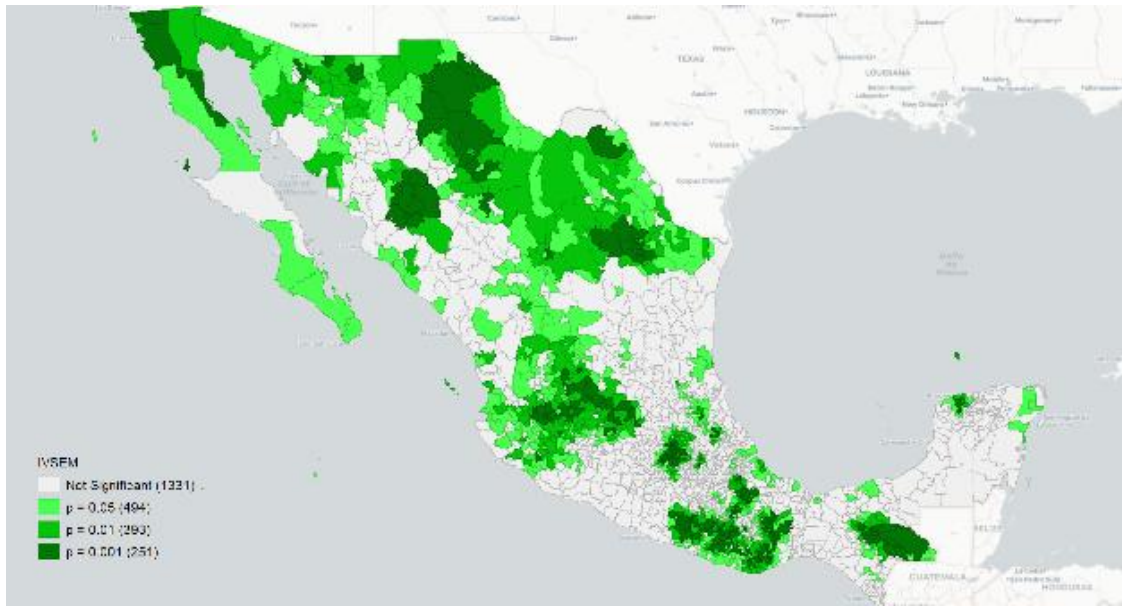


Figura 5. Mapa de significancia de agrupamientos del indicador local de asociación espacial

Fuente: Elaboración propia con información de INEGI (2020)

5. Discusión

Los hallazgos del estudio permiten establecer un panorama sólido sobre la distribución territorial de la VSE en México. En primer lugar, la construcción del indicador mostró una alta pertinencia estadística, respaldada por un valor KMO de 0.83 y una varianza explicada del 80% en los primeros tres componentes. Esto confirma la idoneidad de la técnica empleada para reducir la dimensionalidad del fenómeno y agrupar variables estructurales vinculadas a las condiciones materiales de los hogares. Entre los factores más influyentes destacan el acceso a electrodomésticos esenciales como lavadora y refrigerador; las tecnologías de la información y el tipo de piso de la vivienda. Lo cual pone de relieve el papel central que juega la calidad de la infraestructura doméstica en la configuración de la vulnerabilidad energética, en línea con lo documentado por García-Ochoa y Graizbord (2016) y Jiglaú et al. (2024).

La identificación de un índice de Moran positivo y significativo (0.728; $p < 0.001$) valida la existencia de una fuerte autocorrelación espacial, lo que implica que la distribución de la

VSE no es aleatoria, sino que responde a patrones geográficos persistentes. Este hallazgo se alinea con investigaciones realizadas en otros contextos como Inglaterra (Robinson y Mattioli, 2020), España (Desvallées, 2021) y China (Xu et al., 2024). Donde también se ha documentado la existencia de clústeres territoriales de alta vulnerabilidad energética asociados con desigualdades estructurales y condiciones históricas de exclusión. Estos resultados refuerzan la necesidad de incorporar enfoques espaciales en el diseño de políticas públicas energéticas, reconociendo que el territorio es una dimensión activa en la reproducción de las desigualdades socio energéticas (Bouzarovski et al., 2017). Así mismo, resulta relevante la creación de programas de electrificación y eficiencia energética que prioricen sectores con hogares rurales y encabezados por mujeres, ya que reducir la VSE podría ser una estrategia para reducir brechas de género, educación, salud y beneficio social.

Las regiones más críticas identificadas en este estudio —el noroeste, el centro-sur y el suroriente del país— coinciden con territorios históricamente caracterizados por altos niveles de pobreza, baja cobertura de servicios básicos y presencia significativa de población indígena. Este hallazgo coincide con estudios realizados en América del Sur (Civitates et al., 2021; Lopera et al., 2023), que señalan cómo la vulnerabilidad energética tiende a agravarse en zonas rurales o semiurbanas con fuertes rezagos estructurales. En el caso de México, entidades como Chiapas, Oaxaca y Guerrero destacan no solo por su alta vulnerabilidad energética, sino también por albergar a un gran porcentaje de la población en situación de pobreza multidimensional (CONEVAL, 2022b). Esta coincidencia sugiere que la VSE debe entenderse como una expresión específica de la pobreza estructural, más que como un fenómeno aislado.

En contraste, los agrupamientos de baja vulnerabilidad detectados en la frontera norte, Jalisco y Nuevo León, reflejan contextos con mayores niveles de urbanización, infraestructura consolidada y economías regionales más dinámicas. Estos hallazgos se corresponden con lo observado en estudios europeos, donde las regiones con mejor desempeño económico y mayor cobertura de servicios tienden a presentar menores niveles de pobreza energética (Bouzarovski y Tirado, 2015; Groves et al., 2020). En estos contextos, el acceso a la energía no solo está mediado por la disponibilidad material, sino también por políticas públicas

activas que promueven la eficiencia energética, subsidios focalizados y mejoras en la calidad de la vivienda.

En términos generales, los resultados evidencian que la VSE en México está profundamente territorializada, lo que exige intervenciones diferenciadas según las condiciones estructurales, sociales y culturales de cada región. Las políticas públicas deben adoptar un enfoque territorial que articule soluciones técnicas, como la mejora de la infraestructura energética o la electrificación rural, con estrategias sociales que consideren las prácticas, necesidades y saberes locales. Esta necesidad de un abordaje multidimensional y situado ha sido documentada en diversos estudios (Cappelli, 2023; Cox, 2023; Durán y Condorí, 2021; Groves et al., 2020), donde se ha demostrado que las soluciones impuestas de forma homogénea tienden a ser ineficaces.

6. Conclusiones

El enfoque de la VSE ofrece resultados valiosos para comprender las limitaciones en el acceso a los servicios energéticos y la calidad de la vivienda, entendidas como dimensiones fundamentales de la justicia social. Al considerar variables sociales y demográficas, el indicador permite identificar aquellas características que incrementan la probabilidad de que un hogar no reciba servicios energéticos adecuados y los efectos que ello tiene en su calidad de vida, convirtiéndose en una expresión más de las desigualdades que enfrentan los hogares.

La generación de cartografía temática facilita la visualización de la distribución y localización de los sectores con mayor VSE. El presente ejercicio metodológico constituye un aporte significativo, al permitir identificar variables clave, asociadas con este fenómeno. El análisis desde una perspectiva territorial puede contribuir al diseño de instrumentos de planeación orientados a reducir su incidencia, especialmente en los sectores con mayores niveles de afectación.

El análisis de la VSE en los municipios de México para el año 2020 reveló hallazgos importantes sobre su distribución espacial. Los municipios con mayores niveles de vulnerabilidad se concentran en tres regiones geográficas: el noroeste, que abarca municipios del estado de Chihuahua; el centro-sur, con municipios en los estados de Guerrero y Oaxaca;

y el suroriente, localizado en el estado de Chiapas. Estas zonas coinciden con elevados niveles de pobreza y una significativa presencia de población indígena. El estudio identificó que las condiciones de acceso a bienes y servicios básicos —como la posesión de lavadora, tecnologías de la información, refrigerador y electricidad— son variables clave para explicar la VSE.

El análisis de autocorrelación espacial mediante el estadístico I de Moran arrojó un valor positivo de 0.728, lo que indica que los municipios tienden a presentar niveles similares de vulnerabilidad según su ubicación. Por su parte, el análisis LISA detectó agrupamientos significativos de alta vulnerabilidad en las regiones mencionadas, lo que refuerza la identificación de patrones espaciales consistentes.

No obstante, el estudio presenta algunas limitaciones. En primer lugar, se basa en datos censales correspondientes al año 2020, por lo que cualquier cambio reciente en infraestructura o políticas públicas no está reflejado en los resultados. En segundo lugar, el enfoque adoptado es estrictamente cuantitativo, lo que implica que no se consideran las percepciones subjetivas de las personas sobre su situación de vulnerabilidad energética.

Con miras a investigaciones futuras, se sugieren varias líneas de trabajo. En primer lugar, un análisis longitudinal que incorpore datos de años anteriores y posteriores a 2020 permitiría identificar tendencias y dinámicas temporales en la VSE. Asimismo, sería pertinente ampliar el análisis incorporando factores climáticos, explorando cómo fenómenos extremos —como olas de calor o de frío— interactúan con esta vulnerabilidad en contextos con infraestructura deficiente. También resulta relevante complementar los enfoques estadísticos con metodologías cualitativas que indaguen en las experiencias y percepciones de las comunidades afectadas, así como en las estrategias de adaptación frente al acceso limitado a energía adecuada. Finalmente, un análisis del impacto de las políticas públicas —como los subsidios energéticos o la promoción de energías renovables— permitiría comprender con mayor profundidad cómo estas intervenciones han influido en los niveles de vulnerabilidad en los municipios más afectados.

7. Consideraciones finales

Contribución de los autores:

Patricia Catalina Medina Pérez: conceptualización, curaduría de datos, metodología, software, validación, administración del proyecto y escritura; Carlos Alejandro Custodio González: conceptualización, investigación, visualización y escritura.

Financiación:

Los autores declaran que no recibieron recursos para la escritura o publicación de este artículo.

Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no tienen ningún conflicto de interés en la escritura o publicación de este artículo.

Implicaciones éticas:

Los autores no tienen ningún tipo de implicación ética que se deba declarar en la escritura y publicación de este artículo.

Declaración de uso de inteligencia artificial:

Los autores declaran no haber utilizado inteligencia artificial.

8. Referencias bibliográficas

Abdi, H. y Williams, L. (2010). Principal component analysis. *WIREs Computational Statistics*, 2(4), 433–459. <https://doi.org/10.1002/wics.101>

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. (1999). The Future of Spatial Analysis in the Social Sciences. *Geographic Information Sciences*, 5(2), 67–76. <https://doi.org/10.1080/10824009909480516>

- Anselin, L. (2003). Spatial Externalities. *International Regional Science Review*, 26(2), 147–152. <https://doi.org/10.1177/0160017602250971>
- Bouzarovski, S. y Petrova, S. (2015). A global perspective on domestic energy deprivation: Overcoming the energy poverty–fuel poverty binary. *Energy Research & Social Science*, 10, 31–40. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2015.06.007>
- Bouzarovski, S. y Tirado, S. (2015). The energy divide: Integrating energy transitions, regional inequalities and poverty trends in the European Union. *European Urban and Regional Studies*, 24(1), 69–86. <https://doi.org/10.1177/0969776415596449>
- Bouzarovski, S., Tirado, S., Petrova, S., Frankowski, J., Matoušek, R. y Maltby, T. (2017). Multiple transformations: theorizing energy vulnerability as a socio-spatial phenomenon. *Geografiska Annaler: Series B, Human Geography*, 99(1), 20–41. <https://doi.org/10.1080/04353684.2016.1276733>
- Cadena-Vargas, E. (2021). La vulnerabilidad social en México: distribución espacial por sección electoral. *Economía Sociedad y Territorio*, 21(67), 893–917. <https://doi.org/10.22136/est20211776>
- Cappelli, F. (2023). Investigating the origins of differentiated vulnerabilities to climate change through the lenses of the Capability Approach. *Economía Política*, 40, 1051–1074. <https://doi.org/10.1007/s40888-023-00300-3>
- Carrizo, S., Carre, M. y Michaux, J. (2014). Vulnerabilidad energética en la metrópoli de Buenos Aires. *Territorios*, (30), 127–146. <https://doi.org/10.12804/territ30.2014.06>
- Ceballos, F., Eastmond, A., Patiño, R. y Sánchez, A. (2022). Comunidades mayas de Yucatán ante un parque eólico: pobreza energética y percepciones de injusticia. *Revista CRONÍA*, 18(1), 66–77. <https://tinyurl.com/4z2rkmfv>

- Ceglia, F., Marrasso, E., Samanta, S. y Sasso, M. (2022). Addressing Energy Poverty in the Energy Community: Assessment of Energy, Environmental, Economic, and Social Benefits for an Italian Residential Case Study. *Sustainability*, 14(22), 15077. <https://doi.org/10.3390/su142215077>
- Celemin, J. (2009). Autocorrelación espacial e indicadores locales de asociación espacial. Importancia, estructura y aplicación. *Revista Universitaria de Geografía*, 18, 11–31. <https://tinyurl.com/yvu9hyy7>
- Civitaresi, H., Dondo, M., Sarmiento, J., Attaguile, M., Capuano, A. y Savarese, M. (2021). Medición de pobreza y vulnerabilidad energética de los hogares: El caso de la provincia de Río Negro, Argentina. *ENERLAC*, 5(1), 106–126. <https://tinyurl.com/2whzb2xp>
- Colina, C. y López, P. (1991). El análisis de componentes principales: Aplicación al análisis de datos secundarios. *Papers*, 37, 31–63. <https://doi.org/10.5565/rev/papers/v37n0.1595>
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. (2022a). *Estimaciones de pobreza multidimensional 2022*. <https://tinyurl.com/3mkybea8>
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. (2022b). *Resultados de pobreza en México*. <https://tinyurl.com/yjta95ku>
- Cox, E. (2023). “I hope they shouldn't happen”: Social vulnerability and resilience to urban energy disruptions in a digital society in Scotland. *Energy Research & Social Science*, 95, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2022.102901>
- Desvallées, L. (2021). Identificación, localización y caracterización de la vulnerabilidad energética a nivel de sección censal en el municipio de Barcelona. *Scripta Nova*.

- Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, 25(1), 239–263.
<https://doi.org/10.1344/sn2021.25.30257>
- Durán, R. y Condorí, M. (2020a). Vulnerabilidad energética y socioeconómica en los hogares de Argentina. *Cuadernos Geográficos*, 60(1), 156–180.
<http://dx.doi.org/10.30827/cuadgeo.v60i1.14102>
- Durán, R. y Condori, M. (2020b). Desarrollo y estimación de un índice de vulnerabilidad socioenergética para departamentos de Argentina. *Avances En Energías Renovables y Medio Ambiente - AVERMA*, 21, 17–28. <https://tinyurl.com/p5fsrbpr>
- Espinosa-Dorado, A. y Carrillo-Núñez, M. (2021). Características de la pobreza energética en México: un enfoque desagregado. *Revista Legislativa de Estudios Sociales y de Opinión Pública*, 14(30), 77–116. <https://tinyurl.com/3mk6ut3h>
- Fotheringham, A. y Brundson, C. (2010). Local Forms of Spatial Analysis. *Geographical Analysis*, 31(4), 340–358. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1999.tb00989.x>
- García-Ochoa, R. y Graizbord, B. (2016). Caracterización espacial de la pobreza energética en México. Un análisis a escala subnacional. *Economía, Sociedad y Territorio*, 16(51), 289–337. <https://tinyurl.com/54mfzfh8>
- Giorgi, E. y Lozoya, C. (2023). Technological and energy challenges in the most vulnerable communities: A study in the state of Chihuahua, Mexico. *Energy and Sustainability*, 261, 165–176. <https://doi.org/10.2495/ESUS230141>
- Groves, C., Shirani, F., Pidgeon, N., Cherry, C., Thomas, G., Roberts, E. y Henwood, K. (2020). ‘The bills are a brick wall’: Narratives of energy vulnerability, poverty and adaptation in South Wales. *Energy Research & Social Science*, 70, 101777. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101777>

- Guzmán, C., González, J. y Díaz, R. (2023). La pobreza energética en la población indígena del Estado de San Luis Potosí, México. *Revista Eleuthera*, 25(1), 99–126. <http://doi.org/10.17151/elev.2023.25.1.6>
- Hearn, A., Mihailova, D., Schubert, I. y Sohre, A. (2022). Redefining energy vulnerability, considering the future. *Frontiers in Sustainable Cities*, 4, 952034. <https://doi.org/10.3389/frsc.2022.952034>
- Hernández, D., Phillips, D. y Siegel, E. L. (2016). Exploring the Housing and Household Energy Pathways to Stress: A Mixed Methods Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(9), 916. <https://doi.org/10.3390/ijerph13090916>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2020). *Censo de Población y Vivienda (CPV) 2020* [Archivo de Excel]. <https://tinyurl.com/bdt8apxv>
- Jiglau, G., Hesselman, M., Dobbins, A., Grossmann, K., Guyet, R., Tirado, S. y Varo, A. (2024). Energy and the social contract: From “energy consumers” to “people with a right to energy”. *Sustainable Development*, 32(1), 1321–1336. <https://doi.org/10.1002/sd.2727>
- Jones, E. y Reyes, A. (2023). Identifying Themes in Energy Poverty Research: Energy Justice Implications for Policy, Programs, and the Clean Energy Transition. *Energies*, 16(18), 6698. <https://doi.org/10.3390/en16186698>
- Lentini, M. y Palero, D. (1997). El hacinamiento: la dimensión no visible del déficit habitacional. *Revista INVI*, 12(31), 23–32. <https://doi.org/10.5354/0718-8358.1997.62068>

- Liddell, C. y Morris, C. (2010). Fuel poverty and human health: A review of recent evidence. *Energy Policy*, 38(6), 2987–2997. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.01.037>
- Lopera, D., Durán, R. y Condorí, M. (2023). Acceso a la energía en barrios populares en Argentina: Una aproximación para caracterizar la pobreza energética en el espacio urbano. *Energías Renovables Y Medio Ambiente*, 50, 29–35. <https://tinyurl.com/f9m22f4m>
- Lozares, C. y López P. (1991). El análisis de componentes principales: Aplicación al análisis de datos secundarios. *Papers*, 37, 31–63. <https://doi.org/10.5565/rev/papers/v37n0.1595>
- Martín-Consuegra, F., Hernández-Aja, A., Oteiza, I. y Alonso, C. (2019). Distribución de la pobreza energética en la ciudad de Madrid (España). *EURE*, 45(135), 133–152. <https://doi.org/10.4067/S0250-71612019000200133>
- Medina-Pérez, P., Quiroz-Jiménez, J. y Tapia-Fernández, H. (2023). Pobreza energética y cambio climático. Aproximación desde el análisis territorial en los municipios de México. *Revista INVI*, 38(109), 134–171. <https://doi.org/10.5354/0718-8358.2023.70731>
- Molar-Cruz, A., Huevo Rodríguez, S. y Hamacher, T. (2022). Characterizing the Energy Burden of Urban Households in Mexico: The Impact of Socioeconomic and Temperature Conditions Across Metropolitan Areas. *Frontiers in Sustainable Cities*, 3, 662968. <https://doi.org/10.3389/frsc.2021.662968>
- Odland, J. (1988). *Spatial Autocorrelation*. West Virginia University. <https://tinyurl.com/2cb5d4m5>

- ONU-Hábitat. (2025). *Viviendas y mejoramiento de asentamientos precarios*. En Nueva Agenda Urbana. <https://tinyurl.com/4nvw4bpz>
- Ord, J. y Getis, A. (1995) Local Spatial Autocorrelation Statistics: Distributional Issues and an Application. *Geographical Analysis*, 27, 286–306. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1538-4632.1995.tb00912.x>
- Pereira, G., González, A. y Ríos, R. (2021) Capturing Multidimensional Energy Poverty in South America: A Comparative Study of Argentina, Brazil, Uruguay, and Paraguay. *Frontiers in Sustainable Cities*, 3, 632009. <https://doi.org/10.3389/frsc.2021.632009>
- Reyes, M., Ibáñez, M. y Zabaloy, M. (2022). Ley Argentina de Zona Fría y sectores vulnerables: primeras reflexiones para Bahía Blanca. *Estudios Socioterritoriales. Revista de Geografía* (32), 131. <https://doi.org/10.37838/unicen/est.32-131>
- Robinson, C. y Mattioli, G. (2020). Double energy vulnerability: Spatial intersections of domestic and transport energy poverty in England. *Energy Research & Social Science*, 70, 101699. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101699>
- Robinson, C., Lindley, S. y Bouzarovski, S. (2019). The Spatially Varying Components of Vulnerability to Energy Poverty. *Annals of the American Association of Geographers*, 109(4), 1188–1207. <https://doi.org/10.1080/24694452.2018.1562872>
- Sadiqa, A., Sahrakorpi, T. y Keppo, I. (2023). Gender vulnerabilities in low carbon energy transitions: a conceptual review. *Environmental Research Letters*, 18(4), 1–21. https://doi.org/10.1088/1748-9326/acc819?urlappend=%3Futm_source%3Dresearchgate.net%26utm_medium%3Darticle

- Sánchez, M. (2024). Pobreza y vulnerabilidad energética en México: caracterización a partir de los usos locales de la energía. *Espiral. Estudios sobre Estado y Sociedad*, 31(91), 45–78. <https://doi.org/10.32870/ees.v31i91.7364>
- Shen, Z., Chen, C., Zhou, H., Fefferman, N. y Shrestha, S. (2023). Community vulnerability is the key determinant of diverse energy burdens in the United States. *Energy Research & Social Science*, 97, 1–58. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2023.102949>
- Thomson, H. y Snell, C. (2013). Quantifying the prevalence of fuel poverty across the European Union. *Energy Policy*, 52, 563–572. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.10.009>
- Xu, J., Takahashi, M. y Li, W. (2024). Identifying vulnerable populations in urban society: a case study in a flood-prone district of Wuhan, China. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 24, 179–197. <https://doi.org/10.5194/nhess-24-179-2024>

9. Anexos

Correlaciones

	Dens_pob	Pob_fem	Dep_dem	Pob_desocu	Jef_fem	Vph_pisoti	Vph_1cto	Vph_selec	Vph_norefri	Vph_nolav	Vph_sincint	Vph_sintic
Dens_pob	1	.006	-.379**	.032	.274**	-.166**	-.106**	-.127**	-.215**	-.226**	-.450**	-.182**
Correlación de Pearson												
Sig. (bilateral)		.766	.000	.117	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
N	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469
Pob_fem	.006	1	.121**	-.045*	.255**	.266**	-.037	-.046*	.263**	.326**	.088**	.187**
Correlación de Pearson												
Sig. (bilateral)		.766	.000	.025	.000	.000	.066	.021	.000	.000	.000	.000
N	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469
Dep_dem	-.379**	.121**	1	-.012	-.328**	.425**	.016	.300**	.379**	.398**	.671**	.513**
Correlación de Pearson												
Sig. (bilateral)		.000	.000	.564	.000	.000	.419	.000	.000	.000	.000	.000
N	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469
Pob_desocu	.032	-.045*	-.012	1	-.018	.044*	-.015	.154**	.032	.025	-.029	.129**
Correlación de Pearson												
Sig. (bilateral)		.117	.025	.564	.359	.028	.456	.000	.112	.205	.157	.000
N	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469
Jef_fem	.274**	.255**	-.328**	-.018	1	-.261**	.017	-.162**	-.392**	-.348**	-.493**	-.358**
Correlación de Pearson												
Sig. (bilateral)		.000	.000	.359	.000	.000	.389	.000	.000	.000	.000	.000
N	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469
Vph_pisoti	-.166**	.266**	.425**	.044*	-.261**	1	.236**	.510**	.702**	.729**	.540**	.742**
Correlación de Pearson												
Sig. (bilateral)		.000	.000	.028	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
N	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469
Vph_1cto	-.106**	-.037	.016	-.015	.017	.236**	1	.228**	.258**	.309**	.287**	.252**
Correlación de Pearson												
Sig. (bilateral)		.000	.066	.419	.456	.389	.000	.000	.000	.000	.000	.000
N	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469
Vph_selec	-.127**	-.046*	.300**	.154**	-.162**	.510**	.228**	1	.420**	.393**	.359**	.561**
Correlación de Pearson												
Sig. (bilateral)		.000	.021	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
N	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469
Vph_norefri	-.215**	.263**	.379**	.032	-.392**	.702**	.258**	.420**	1	.887**	.656**	.777**
Correlación de Pearson												
Sig. (bilateral)		.000	.000	.112	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
N	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469
Vph_nolav	-.226**	.326**	.398**	.025	-.348**	.729**	.309**	.393**	.887**	1	.690**	.753**
Correlación de Pearson												
Sig. (bilateral)		.000	.000	.205	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
N	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469
Vph_sincint	-.450**	.088**	.671**	-.029	-.493**	.540**	.287**	.359**	.656**	.690**	1	.617**
Correlación de Pearson												
Sig. (bilateral)		.000	.000	.157	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
N	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469
Vph_sintic	-.182**	.187**	.513**	.129**	-.358**	.742**	.252**	.561**	.777**	.753**	.617**	1
Correlación de Pearson												
Sig. (bilateral)		.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
N	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469	2469

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

* La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).