Discrepancia entre superficie planimétrica y topográfica en San Andrés Tuxtla: implicaciones para la gestión municipal

Discrepancy between planimetric and topographic surface in San Andrés Tuxtla: implications for municipal management

Rodrigo Tovar Cabañas
Hipólito Villanueva Hernández
Delia Elena Martínez Jiménez

REVISTA **MAPPING**
Vol. 35, 224, 44-54
2026
ISSN: 1131-9100

Resumen

El estudio aborda la discrepancia entre superficies planimétricas y topográficas en San Andrés Tuxtla, Veracruz, subrayando sus implicaciones fiscales, jurídicas y ambientales. La cartografía oficial reporta una extensión planimétrica de 955,3 km², pero el análisis con datos LiDAR de alta resolución (5 m) revela que la superficie real topográfica es mayor, de un incremento superior al 1,3%, lo que implica una diferencia efectiva de más de 12,3 km² adicionales respecto a la cifra oficial. Esta subestimación afecta directamente la base gravable del impuesto predial, la planeación urbana y la estimación de biomasa forestal, generando distorsiones en la gestión municipal. La metodología empleada —construcción de un modelo digital de elevación a partir de 54 cartas LiDAR y cálculo celda por celda mediante corrección trigonométrica— ofrece un protocolo replicable y robusto para cuantificar la superficie real en territorios de relieve complejo. Los hallazgos confirman que la representación bidimensional tradicional resulta insuficiente y que la incorporación de criterios topográficos en catastros multipropósito y planes de ordenamiento territorial es indispensable para garantizar precisión, transparencia y sostenibilidad. El caso de San Andrés Tuxtla constituye un paradigma que evidencia la urgencia de modernizar la gestión territorial mediante tecnologías geomáticas avanzadas.

Palabras clave: Planimetría; Topografía; Catastro multipropósito; San Andrés Tuxtla.

Abstract

This study addresses the discrepancy between planimetric and topographic surface areas in San Andrés Tuxtla, Veracruz, highlighting its fiscal, legal, and environmental implications. Official cartography reports a planimetric area of 955,3 km², but analysis using high-resolution (5 m) LiDAR data reveals that the actual topographic area is larger, with an increase of over 1,3%, implying an effective difference of more than 12,3 km² compared to the official figure. This underestimation directly affects the property tax base, urban planning, and the estimation of forest biomass, generating distortions in municipal management. The methodology employed—construction of a digital elevation model from 54 LiDAR maps and cell-by-cell calculation using trigonometric correction—offers a replicable and robust protocol for quantifying the actual surface area in territories with complex topography. The findings confirm that traditional two-dimensional representation is insufficient and that incorporating topographic criteria into multipurpose cadastres and land-use plans is essential to guarantee accuracy, transparency, and sustainability. The case of San Andrés Tuxtla serves as a paradigm that highlights the urgent need to modernize land management through advanced geomatics technologies.

Keywords: Planimetry; Topography; Multipurpose cadastre; San Andrés Tuxtla.

Universidad Veracruzana; El Colegio de Veracruz; Universidad Autónoma de Nuevo León (Instituto de Investigaciones Sociales); Universidad Autónoma de Tlaxcala (Facultad de Desarrollo Humano) elcolegiodeveracruz@gmail.com

Universidad Autónoma de Nuevo León, Instituto de Investigaciones Sociales Monterrey hipolito.villanuevahr@uanl.edu.mx

Universidad de Xalapa AC., Escuela de Arquitectura; Instituto Interdisciplinario de Investigación arq.deliamartinez@gmail.com

Recepción 16/09/2026
Aprobación 21/09/2026

1. INTRODUCCIÓN

La administración del territorio en México enfrenta desafíos metodológicos derivados de la tradición cartográfica convencional. El país presenta una orografía predominantemente accidentada —más de la mitad de su superficie se clasifica como montañosa—, lo que exige una reflexión crítica sobre las herramientas y conceptos empleados en la gestión municipal. Esta tradición ha privilegiado históricamente la representación bidimensional del espacio geográfico, una práctica fundamentada en la proyección horizontal del terreno o superficie planimétrica, que omite sistemáticamente la tercera dimensión espacial. Ampliamente difundida por razones de corte histórico, simplificación metodológica y estandarización normativa, esta práctica genera una subestimación sistemática de la superficie real en territorios con relieve accidentado. En este contexto, la distinción entre superficie planimétrica (proyección horizontal bidimensional) y superficie topográfica (consideración de la tridimensionalidad del relieve) adquiere relevancia sustantiva para el catastro, la planificación urbana, la gestión de riesgos y la administración de recursos naturales.

La investigación acumulada en las últimas décadas ha evidenciado que la dicotomía entre área planimétrica y área topográfica constituye un eje estructurante de la geomática contemporánea. Berry (2007) estableció que los cálculos tradicionales subestiman la superficie real al ignorar la inclinación de las pendientes, proponiendo la corrección trigonométrica fundamental que relaciona ambas métricas mediante el coseno del ángulo de inclinación. Kienzle (2011) demostró que esta subestimación alcanza el 10% en pendientes de 25°, el 41% a 45° y supera el 100% en inclinaciones mayores a 60°, mientras que Jacobsen y Theakstone (1995) documentaron errores sistemáticos de hasta el 20% en zonas escarpadas. Estudios posteriores han abordado la problemática desde diversas perspectivas: Xie et al. (2017) desarrollaron algoritmos vector-ráster para superficies topográficas; Batista *et al.* (2012) evidenció las implicaciones ecológicas de la subestimación superficial en métricas del paisaje; y Bernal y Tejedor (2014) cuestionaron las limitaciones del catastro tradicional al operar exclusivamente sobre representaciones bidimensionales que omiten la superficie real tridimensional, generando potenciales errores sistemáticos en la cuantificación predial.

El problema adquiere dimensiones concretas en múltiples ámbitos de la administración pública. En materia catastral y fiscal, la utilización de superficies planimétricas para el cálculo del impuesto predial implica que predios ubicados en laderas con pendientes pronunciadas tributen sobre una base inferior a su superficie real, generando subvaluación y pérdida de ingresos municipales. Adicionalmente, dicha práctica comúnmente origina disputas entre colindantes cuando los límites reales sobre el terreno no coinciden con las representaciones planas. En la planificación urbana y el ordenamiento territorial, los instrumentos municipales como el Plan Municipal de Desarrollo Urbano (PMDU) y los coeficientes de ocupación del suelo (COS) se definen sobre representaciones bidimensionales que ocultan la fragilidad de terrenos con pendientes significativas. Esto ha propiciado, en regiones como San Andrés Tuxtla, Xalapa o la zona poniente de la Ciudad de México, asentamientos humanos en cabeceras de barrancas y zonas de alto riesgo, con consecuencias trágicas durante temporadas de lluvias. En la gestión ambiental, la subestimación superficial afecta el cálculo de indicadores ecológicos como la rugosidad del terreno, la fragmentación de ecosistemas y la conectividad biológica, comprometiendo la efectividad de corredores ecológicos y áreas naturales protegidas. En la administración de recursos, la cuantificación de biomasa forestal, reservas de suelo y movimientos de tierra para obras públicas presenta errores sistemáticos que pueden alcanzar el 20% en zonas escarpadas, distorsionando la evaluación de servicios ecosistémicos y el presupuesto para infraestructura.

El municipio de San Andrés Tuxtla, ubicado en la región de Los Tuxtlas en el estado de Veracruz, constituye un caso de estudio paradigmático para abordar esta problemática. Con una extensión planimétrica oficial de 955,3 km², su configuración geográfica se asienta sobre las estribaciones de la Sierra de San Martín, con altitudes que oscilan entre el nivel del mar y los 1.644 metros, y una altitud media de 254 metros. Esta variación no es uniforme: el territorio presenta zonas clasificadas como «onduladas o suavemente onduladas», «quebradas o suavemente quebradas», «cerriles», «escarpadas» y «muy escarpadas». La presencia del volcán San Martín (Titépetl), con 1.680 msnm, constituye el punto más elevado y genera pendientes pronunciadas en sus faldas. Esta complejidad geomorfológica genera condiciones propicias para que la discrepancia entre ambas métricas superficiales sea significativa, con potenciales efectos en la toma de decisiones gubernamentales.

El objetivo general de la presente investigación es cuantificar la diferencia entre la extensión territorial reportada oficialmente para el municipio de San Andrés Tuxtla —estimada mediante métodos planimétricos— y su superficie topográfica real, derivada de modelos digitales de elevación de alta resolución. Los objetivos específicos comprenden: (1) construir un modelo digital de elevaciones con resolución de 5 metros a partir de datos LiDAR del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) correspondientes al municipio; (2) calcular la superficie topográfica mediante la corrección trigonométrica de pendientes celda

por celda; y (3) determinar la magnitud absoluta y porcentual de la discrepancia entre ambas superficies.

El estudio se circunscribe al análisis espacial del municipio de San Andrés Tuxtla, Veracruz, utilizando exclusivamente datos LiDAR del INEGI correspondientes al año 2009, con resolución espacial de 5 metros. La investigación excluye consideraciones sobre la propiedad de la tierra, aspectos jurídicos de tenencia o valoración económica de los predios. Entre las limitaciones inherentes se reconoce que, si bien los datos LiDAR empleados corresponden al tipo terreno y garantizan una representación fiel de la superficie sin cobertura vegetal o infraestructura, el modelo digital de elevación generado mediante interpolación tiende a ser ligeramente inferior a la superficie real debido al suavizado inherente a los procesos de interpolación, lo que implica que los resultados obtenidos constituyen una aproximación conservadora de la discrepancia real.

La investigación se enmarca en un enfoque cuantitativo de carácter descriptivo-analítico y espacial, sustentado en sistemas de información geográfica y modelado digital del terreno. El procedimiento metodológico comprende dos fases secuenciales: la primera orientada a la generación del modelo digital de elevaciones a partir de 54 cartas topográficas LiDAR escala 1:10.000, procesadas mediante extracción de curvas de nivel y generación de una nube de más de once millones de puntos georreferenciados con coordenadas X, Y, Z; la segunda fase corresponde al cálculo y comparación de superficies planimétrica y topográfica mediante interpolación en *software* especializado y aplicación de la relación trigonométrica:

$$\text{área topográfica} = \text{área planimétrica} / \cos(\theta)$$

El documento se estructura en cuatro apartados. El primero presenta el planteamiento del problema y la justificación del estudio. El segundo desarrolla el estado del arte sobre la distinción entre superficies planimétrica y topográfica en geomática, catastro y ordenamiento territorial. El tercero expone detalladamente la metodología empleada, incluyendo los procedimientos de procesamiento de datos LiDAR y cálculo de superficies. Finalmente, el cuarto capítulo presenta los resultados obtenidos y las implicaciones de tales hallazgos para la gestión municipal, además de formular recomendaciones para la incorporación de criterios topográficos en los instrumentos de planeación y gestión territorial.

2. PLANIMETRÍA, TOPOGRAFÍA, GEOMÁTICA Y CATASTRO. ESTADO DEL ARTE.

El análisis contemporáneo sobre la diferencia entre área planimétrica y área topográfica ha puesto de relieve una problemática recurrente en la cartografía y la geomática aplicada. Berry (2007) señala que los cálculos tradicionales tienden a subestimar la superficie real del terreno al ignorar la inclinación de las pendientes, lo que genera errores significativos en catastros, ordenamiento territorial y estudios ambientales. La fórmula propuesta —dividir el área planimétrica entre el coseno del ángulo de la pendiente— permite obtener valores más realistas, aplicables en contextos como el catastro multipropósito y la planificación territorial en México con datos de Detección y Medición de Distancias por Luz (LiDAR, por sus siglas en inglés) del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Este hallazgo revela que la diferencia porcentual puede superar el 9 % en zonas de fuerte inclinación, lo que evidencia la necesidad de incorporar superficies tridimensionales en la medición de áreas.

De manera concomitante, Jacobsen y Theakstone (1995) demostraron que la utilización no crítica del área planimétrica en el cálculo del balance de masas constituye una fuente potencial de errores significativos. Al extrapolar valores puntuales de ablación o acumulación a zonas delimitadas por curvas de nivel, se subestima sistemáticamente el volumen real, dado que la superficie topográfica tridimensional es siempre mayor que su proyección horizontal. Mediante modelos digitales de elevación de alta resolución, los autores calcularon que la superficie real puede superar a la planimétrica hasta en un 20 %, especialmente en zonas de escarpes. Incluso con modelos digitales de elevación (DEM, por sus siglas en inglés) precisos, la superficie calculada tiende a ser ligeramente inferior a la real debido al suavizado inherente a la interpolación, lo que subraya la necesidad de emplear tecnologías como LiDAR para evitar errores sistemáticos en catastros multipropósito.

En la misma línea, Kienzle (2011) evidenció que calcular la superficie de terrenos montañosos a partir de modelos digitales de elevación en proyección planimétrica conduce a una subestimación sistemática del área real. El principio matemático —$\text{Área}_{(\text{verdadera})} = \text{Área}_{(\text{planimétrica})} / \cos(\text{pendiente})$— muestra que dicha subestimación alcanza el 10% en pendientes de 25°, el 41% a 45° y supera el 100% en pendientes mayores a 60°. Además, la resolución del DEM incide directamente en la magnitud del error: una celda de 30 m puede subestimar la pendiente en más del 50% respecto a una de 10 m. Ignorar esta corrección genera una sobreestimación del escurrimiento simulado de 9,7% y una diferencia del 12,3% en el caudal medio anual, lo que confirma que la omisión de la superficie tridimensional introduce errores sistemáticos en modelos hidrológicos y territoriales.

Posteriormente, Xie *et al*. (2017) propusieron un algoritmo eficiente de superposición vector-ráster (VROA) para calcular superficies topográficas de parcelas de uso

del suelo con formas irregulares. Este método mitiga los errores de efecto de borde en las mediciones cartográficas y mejora la precisión al distinguir áreas planimétricas de superficies topográficas 3D reales. El algoritmo recorta con precisión las celdas ráster a lo largo de los límites de polígonos vectoriales, reduciendo el tiempo de cálculo en comparación con los métodos basados en Redes de Triángulos Irregulares (TIN, por sus siglas en inglés). Entre los aspectos poco conocidos se incluye el pseudocódigo del algoritmo para manejar superposiciones parciales de celdas, lo que facilita la geodesia aplicada a catastros y fortalece la planificación territorial a gran escala.

Por su parte, Batista *et al*. (2012) examinó diferencias significativas entre métricas de paisaje calculadas en superficies planimétricas y tridimensionales, aplicando un DEM de 25 m en áreas del Alentejo Central, Portugal. El análisis convencional en ecología del paisaje, que considera solo superficies planimétricas, genera resultados erróneos, particularmente en zonas montañosas. Mediante pruebas estadísticas, se validó la superioridad de las mediciones 3D para cuantificar superficies reales y corregir errores cartográficos en catastros multipropósito. Un hallazgo relevante es la estabilidad de la dimensión fractal y del índice de forma entre 2D y 3D, lo que demuestra que ciertas métricas permanecen invariantes, mientras que otras, como la rugosidad promedio, se ven significativamente afectadas.

En otro aporte, Chen y Li (2019) presentaron un método de interpolación basado en *thin plate spline* ponderado y diferencias finitas para generar DEM a partir de grandes volúmenes de datos LiDAR. Este enfoque produce superficies 3D continuas y precisas con un costo computacional reducido, evitando artefactos visuales como el «efecto pico-cortado». La relevancia radica en que un DEM de alta calidad permite calcular con mayor exactitud la superficie real, indispensable para catastros multipropósito y ordenamiento territorial. A diferencia de métodos globales como la transformada discreta del coseno, la propuesta muestra baja sensibilidad al parámetro de suavizado y evita discontinuidades típicas de interpolaciones locales, ofreciendo una herramienta robusta para la integración de topografía digital y SIG.

De manera paralela, Polat y Uysal (2018) analizó la generación de DEM a partir de LiDAR y fotogrametría con Vehículo Aéreo No Tripulado (UAV, por sus siglas en inglés), demostrando que los modelos derivados de UAV alcanzan precisiones comparables a los de LiDAR, con correlaciones superiores a 0,95 y errores RMS cercanos a 15 cm. Este hallazgo evidencia que la fotogrametría aérea puede suplir necesidades de catastros multipropósito con menor costo y mayor portabilidad. La interpolación mediante vecinos naturales y el filtrado adaptativo por TIN garantizan la obtención de Modelo Digital del Terreno (DTM, por sus siglas en inglés) confiables, fundamentales para definir la superficie topográfica frente a la planimétrica.

En un ámbito complementario, Webster *et al*. (2016) procuraron optimizar la colección de datos LiDAR topobatimétrico Chiroptera II para generar DEM continuos tierra-mar. Los resultados permiten distinguir la superficie real del terreno frente a la proyección planimétrica, con precisiones verticales mejores a 10 cm RMSE. La integración de ortofotos y DEM facilita el ordenamiento territorial y la superficie 3D, mientras que la normalización empírica de amplitud constituye un aporte poco conocido para la clasificación del lecho marino. Este enfoque transforma la topografía digital al ofrecer datos batimétricos y topográficos unificados.

Zhiming *et al.* (2012) subrayaron que el estudio de la configuración espacial en terrenos montañosos exige trascender la perspectiva tradicional de «ojo de pájaro» para evitar errores significativos en la medición de áreas cartográficas. Al comparar el área planimétrica con la topográfica, se observa que las métricas basadas en superficie resultan significativamente mayores, especialmente en pendientes pronunciadas. La implementación de algoritmos de triangulación sobre superficies 3D garantiza una cuantificación precisa de la fragmentación y conectividad del paisaje, lo que resulta esencial para el ordenamiento territorial.

Bernal y Tejedor (2014) propusieron reconocer al sistema catastral como instrumento multifinalitario que trasciende la función fiscal tradicional. La determinación de zonas homogéneas físicas y geoeconómicas exige la superposición de cartografías a escalas detalladas, incorporando variables topográficas y de uso del suelo que condicionan directamente el valor unitario del terreno. La medición de superficies construidas y de terreno, base del avalúo catastral, opera sobre representaciones bidimensionales que omiten la superficie real tridimensional, generando potenciales errores sistemáticos en la cuantificación predial.

Ercan y Bank (2004) documentaron el sistema de automatización catastral turco, que implementa tecnología ESRI para gestionar datos geométricos y atributivos de propiedades inmobiliarias. El uso de proyección UTM dividida en siete zonas garantiza precisión coordenada, diferenciando implícitamente áreas planimétricas de topográficas en terrenos irregulares. Este enfoque multipropósito soporta el ordenamiento territorial al proporcionar datos vectoriales y ráster para planificación, evidenciando las limitaciones de modelos 2D frente a superficies reales 3D.

Frédéricque, Raymond y Van Prooijen (2011) examinaron las capacidades tecnológicas actuales para implementar un catastro tridimensional, destacando la necesidad de superar las limitaciones de la representación bidimensional en contextos urbanos complejos. La integración de objetos 3D con atributos semánticos en

sistemas de gestión de bases de datos espaciales permite calcular superficies reales y volumetrías con mayor precisión. Un aspecto poco conocido es el uso de operaciones booleanas para validar la integridad geométrica de los volúmenes catastrales, garantizando su cerramiento y evitando errores en la medición de áreas 3D.

Las tecnologías de adquisición de datos continúan evolucionando y democratizándose, como documentan Minea y sus colaboradores (2024), quienes demuestran que la integración UAV-SIG alcanza precisiones de hasta 1,2 centímetros, abriendo nuevas posibilidades para la geomática aplicada al catastro. Esta evidencia subraya la necesidad de adoptar sistemas de «Catastro 2.0» que integren datos tridimensionales y en tiempo real para una gestión territorial sostenible, superando las limitaciones de métodos tradicionales que operaban con actualizaciones esporádicas y representaciones bidimensionales obsoletas. La capacidad de generar ortofotos y modelos digitales de elevación con drones permite comparar con rigor el área planimétrica frente al área topográfica, destacando sistemáticamente la diferencia entre superficie proyectada y superficie real del terreno.

Como se puede observar, la investigación acumulada en los últimos decenios ha dejado en evidencia que la dicotomía entre área planimétrica y área topográfica no es un asunto de precisión menor, sino un eje estructurante de la geomática contemporánea con consecuencias directas sobre la gestión territorial, catastral y ambiental. Los métodos de cálculo convencionales incurren en una subestimación sistemática de la superficie real al proyectar el relieve sobre un plano horizontal, obviando la inclinación efectiva del terreno; dicha distorsión solo se corrige mediante la relación trigonométrica fundamental que establece que el área topográfica verdadera es igual al área planimétrica dividida por el coseno de la pendiente. La magnitud de este error no es despreciable: en terrenos con inclinaciones de 45° la subestimación supera el cuarenta por ciento, valor que en contextos de alta montaña, franjas costeras escarpadas o cuencas de relieve contrastado —como las presentes en el estado de Veracruz— se traduce en imprecisiones con repercusiones jurídicas, fiscales y ecológicas de primer orden.

Este problema, que durante décadas permaneció subordinado a las limitaciones tecnológicas de los instrumentos disponibles, ha encontrado en la nube de puntos LiDAR su solución más robusta y reproducible. La densidad métrica y la coherencia altimétrica de los datos LiDAR permiten generar modelos digitales de elevación de alta resolución sobre los cuales es posible calcular, célula a célula, la pendiente local y, por extensión, el área topográfica real de cada unidad superficial. Los algoritmos de superposición vector-ráster, los métodos de interpolación avanzados y la integración con plataformas SIG posibilitan hoy precisiones centimétricas que, hasta hace una generación, eran inaccesibles para estudios territoriales a escala regional. La tecnología LiDAR no solo amplía la capacidad de medición: redefine el concepto mismo de superficie al distinguir con rigor la topografía real del terreno frente a su mera proyección cartográfica, habilitando sistemas catastrales tridimensionales y modelos continuos tierra-mar de utilidad directa para el ordenamiento territorial costero y continental.

Es precisamente en este contexto donde se inscribe el presente estudio. Las consideraciones expuestas justifican la necesidad de un protocolo metodológico explícito, replicable y fundamentado en datos LiDAR de alta densidad que permita cuantificar con rigor la diferencia entre área planimétrica y área topográfica a escala regional para el territorio veracruzano. El capítulo que se desarrolla a continuación expone dicho protocolo: desde la adquisición y preprocesamiento de la nube de puntos, pasando por la generación del modelo digital de elevación y el cálculo de pendientes, hasta la estimación de superficies topográficas. Cada decisión metodológica adoptada responde a los principios enunciados en este marco conceptual, con el propósito de que los resultados sean comparables, replicables y transferibles a otras regiones de relieve complejo.

3. ÁREA DE ESTUDIO. SAN ANDRÉS TUXTLA, VERACRUZ

El municipio de San Andrés Tuxtla se asienta en la Sierra de Los Tuxtlas y dentro de la Llanura Costera del Golfo de México, al sureste del estado de Veracruz. De acuerdo con la cartografía oficial del INEGI (2010), sus límites administrativos quedan definidos de la siguiente manera: al noroeste colinda con Ángel R. Cabada; al oeste y suroeste, con Santiago Tuxtla; al sur y sureste, con Hueyapan de Ocampo; al este, con Catemaco; mientras que hacia el norte su territorio se extiende hasta encontrarse con las aguas del Golfo de México (figura 1). En términos porcentuales su extensión territorial equivale al 1,33% de la superficie estatal, conforme a INEGI (2015) esto equivale a 955,3 km^2 y alberga una población de 174.075 habitantes (INEGI, 2020), constituyéndose como el centro urbano y administrativo más relevante de la región.

La región se conforma por materiales volcánicos asociados al campo de Los Tuxtlas, con predominio de basaltos y suelos fértiles derivados de cenizas. El relieve accidentado combina lomeríos, cañadas y valles que descienden hacia las planicies costeras, donde los ríos depositan sedimentos limo-arcillosos. Las altitudes varían

Figura 1. Ubicación del municipio de San Andrés Tuxtla
Fuente: Elaboración propia con base en (INEGI, 2010).

entre el nivel del mar y los 1644 msnm, destacando el volcán San Martín (Titépetl), que genera las pendientes más abruptas. La superficie real del terreno supera sistemáticamente la planimétrica, con diferencias que alcanzan más del 20 % en zonas escarpadas, lo que repercute en catastro, planeación territorial y estimaciones de biomasa.

El sistema hidrológico presenta una red dendrítica de alta densidad. El río Tepango funge como colector principal, alimentado por arroyos de la Sierra de Los Tuxtlas. Otros escurrimientos confluyen hacia la Laguna de Catemaco y posteriormente al Golfo de México. El clima es cálido-húmedo con lluvias todo el año, clasificado como Am(f) según García (2004). La Sierra de Los Tuxtlas actúa como barrera orográfica frente a vientos alisios y frentes fríos, generando precipitaciones anuales entre 2000 y 4000 mm, moduladas por altitud y exposición de laderas.

La heterogeneidad geomorfológica y la coexistencia de distintos regímenes de tenencia de la tierra provocan que los registros catastrales subestimen la superficie real, afectando la base gravable, los coeficientes de ocupación y la planeación urbana. Por ello, San Andrés Tuxtla constituye un caso paradigmático para aplicar tecnologías de alta resolución como LiDAR, orientadas a modernizar el catastro multipropósito y optimizar la gestión territorial en contextos de relieve complejo.

4. METODOLOGÍA. ANÁLISIS ESPACIAL DE SUPERFICIES CON DATOS LIDAR

La presente investigación se enmarca en un enfoque cuantitativo de carácter descriptivo-analítico y espacial, sustentado en el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y herramientas de modelado digital del terreno. El diseño metodológico responde al objetivo de identificar y diferenciar el área planimétrica y la superficie topográfica del municipio de San Andrés Tuxtla, Veracruz, entendiendo dicha discrepancia como un factor crítico para la gestión territorial, el catastro multipropósito y la planificación del ordenamiento territorial. El procedimiento se organiza en dos fases secuenciales: la primera orientada a la generación de un modelo digital de elevaciones (DEM) de alta resolución y la segunda al cálculo y comparación de las superficies planimétrica y topográfica.

Fase 1. Construcción del modelo digital de elevaciones (DEM)

1. **Descarga de cartas topográficas LIDAR (INEGI, 2009)**
   Se descargaron 54 cartas topográficas digitales escala 1:10 000 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2009), correspondientes al municipio de San Andrés Tuxtla, Veracruz. Estos productos cartográficos derivan de tecnología LiDAR (Light Detection and Ranging) y corresponden al tipo terreno, lo que garantiza una representación fiel de la superficie sin elementos de cobertura vegetal o infraestructura. Las cartas presentan una resolución espacial de 5 metros por píxel y equidistancia vertical de 1 metro, lo que permite capturar con detalle la microtopografía del terreno.
2. **Transformación de ráster a curvas de nivel**
   En el *software* QGIS versión 3.16.2, cada carta ráster fue procesada para generar curvas de nivel en formato vectorial, conservando el atributo de elevación (Z). Este paso permitió convertir la información continua del ráster en una representación discreta y estructurada del relieve.
3. **Generación de mapas de puntos con coordenadas X, Y, Z**
   A partir de las curvas de nivel, se generaron mapas de puntos mediante la extracción de nodos, asignando a cada punto su valor de elevación. Posteriormente, se calcularon sus coordenadas georreferenciadas X, Y (longitud y latitud proyectadas), obteniendo así una tabla de atributos con información tridimensional por punto.
4. **Unificación de capas vectoriales en un archivo DBF**
   Las 54 capas de puntos fueron unificadas en una sola capa vectorial que cubre la totalidad del municipio.

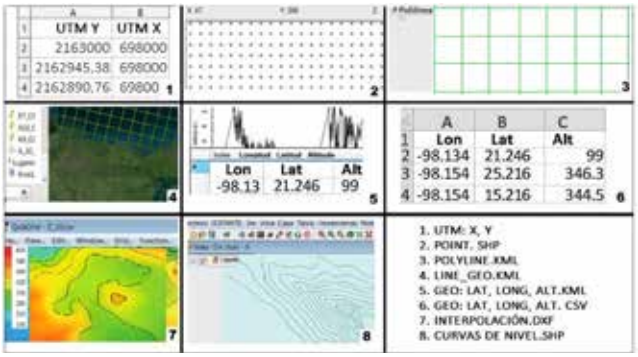

Figura 2. Fases de construcción de curvas de nivel a partir de datos LIDAR
Fuente: Elaboración propia..

Esta integración se realizó mediante herramientas de geoprocesamiento en QGIS, generando un archivo en formato DBF que contiene los valores de elevación y las coordenadas X, Y para cada punto. Como resultado de este proceso, se obtuvo una base de datos georreferenciada conformada por un poco más de 11 millones de puntos, con una densidad de muestreo de un punto cada 5 metros, lo que asegura una representación continua y de alta fidelidad del relieve municipal (figura 2).

Fase 2. Cálculo y comparación de áreas planimétrica y topográfica

5. Generación del archivo grid en Surfer 10

El archivo DBF con los valores X, Y, Z fue importado al *software* Surfer 10, especializado en modelado y análisis de superficies. A partir de estos datos, se generó un archivo en formato GRD (grid) mediante interpolación, lo que permitió construir una superficie continua del terreno. Este modelo grid constituye la base para los cálculos posteriores de área (figura 3).

6. Cálculo de áreas planimétrica y topográfica

Con el archivo grid, se procedió al cálculo de dos tipos de superficie:

Área planimétrica: corresponde a la proyección horizontal del terreno, calculada a partir de la extensión en X, Y de cada celda, sin considerar la pendiente.

Área topográfica (superficie real): se calculó considerando la pendiente de cada celda del grid, aplicando la relación trigonométrica:

$$\text{Área topográfica} = \frac{\text{Área planimétrica}}{\cos(\theta)}$$

Donde θ representa el ángulo de pendiente de cada celda. Este método permite corregir la subestimación sistemática de la superficie real del terreno en zonas de relieve accidentado.

La comparación entre ambas áreas permitió cuantificar la diferencia porcentual entre la superficie proyectada y la real, identificando las zonas del municipio donde esta discrepancia es más significativa, especialmente en laderas con pendientes superiores a 8°, 16° y mayores 30°.

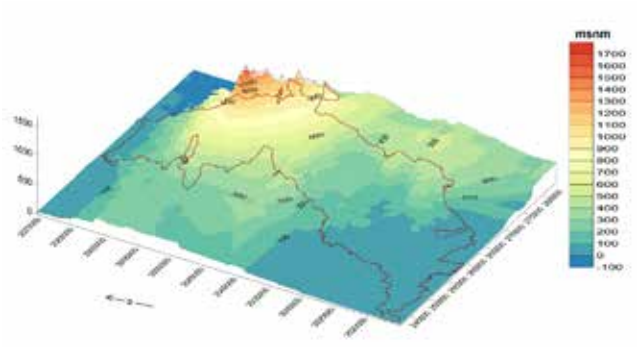

Figura 3. Modelo digital de elevación de San Andrés Tuxtla, Veracruz
Fuente: elaboración propia con base en: INEGI, 2009.

Integración y representación cartográfica

Los resultados obtenidos fueron integrados en un mapa hipsométrico del municipio de San Andrés Tuxtla, Veracruz, elaborado a partir del DEM generado en la Fase 1. Este mapa permite visualizar la distribución altitudinal del territorio y constituye la base para los análisis de sombreado, perfiles topográficos y estudios de rugosidad del terreno.

El proceso metodológico aquí descrito garantiza la replicabilidad, comparabilidad y transferibilidad de los resultados a otras regiones con características orográficas similares, y se alinea con los principios técnicos y conceptuales expuestos en el estado del arte sobre geomática, catastro y modelado digital del terreno.

7. RESULTADOS

Como se ha explicado, por razones metodológicas inherentes a su desarrollo histórico, la cartografía tradicional ha proyectado la compleja superficie tridimensional de la Tierra sobre un plano euclidiano. Si bien esta convención ha proporcionado el soporte fundamental para el ordenamiento territorial durante siglos, su aplicación en regiones de elevada complejidad topográfica introduce un error sistemático no trivial.

Este fenómeno adquiere particular relevancia en contextos geomorfológicos complejos, como las faldas de macizos volcánicos, donde la discrepancia entre la superficie planimétrica —aquella representada en mapas— y la superficie topográfica real —aquella que efectivamente existe— se magnifica. En este sentido, el municipio de San Andrés Tuxtla, Veracruz, definido morfológicamente por la imponente presencia del volcán San Martín, constituye un laboratorio natural idóneo para examinar las consecuencias multidimensionales de dicha discrepancia.

Para una comprensión clara, el presente estudio aborda esta problemática mediante la desagregación del territorio municipal en cinco categorías fisiográficas discretas, definidas en función de las clases de pendiente del terreno de la FAO (2009). Para cada una de estas categorías se calcula el factor de corrección topográfica correspondiente, lo que permite cuantificar la magnitud de la superficie efectiva que permanece «invisible» para los registros oficiales de carácter planimétrico. Más allá de la mera cuantificación, este enfoque metodológico posibilita una cualificación de las implicaciones derivadas de dicha omisión, explorando sus consecuencias sobre la dinámica social, las actividades económicas y la integridad ambiental del municipio.

El primer dominio fisiográfico identificado corresponde al territorio plano, definido por pendientes iguales o inferiores a 2,86°. Esta categoría, que abarca el 24,7% de la superficie municipal, se corresponde con las llanuras aluviales del Golfo de México y los valles bajos intermontanos. Constituye, por excelencia, el espacio de la certidumbre catastral: la diferencia entre la superficie planimétrica y la superficie real resulta prácticamente imperceptible, con una corrección máxima promedio del 0,04% para el subtotal (Tabla 1). Desde la perspectiva del catastro y la planeación urbana, estas zonas no presentan una subvaluación significativa. La superficie que se negocia comercialmente, que se urbaniza y que se registra coincide, para fines prácticos, con la superficie efectivamente existente. Esta convergencia consolida a las áreas planas como aquellas de mayor aptitud para el desarrollo urbano de carácter expansivo y para el establecimiento de agricultura intensiva de alta tecnología, donde las restricciones impuestas por la topografía no constituyen una variable limitante en los procesos de planificación y diseño.

Rango	% Municipal	Área planimétrica km²	Superficie topográfica km²	Diff. km²	% Diff.
≤ 0,57°	6,61	63,18	63,18	-	-
0,57° - 1,15°	5,47	52,22	52,23	0,01	0,02
1,15° - 2,86°	12,64	120,79	120,87	0,08	0,07
Subtotal	24,72	236,19	236,28	0,09	0,04

Tabla 1 Territorio llano de San Andrés Tuxtla, Veracruz.
Fuente elaboración personal, con base en INEGI, 2009.

Rango	% Municipal	Área planimétrica km²	Superficie topográfica km²	Diff. km²	% Diff.
2,86 - 5,71	17,61	168,24	168,71	0,47	0,28
5,71 - 8,53	13,31	127,14	127,76	0,62	0,49
subtotal	30,92	295,38	296,47	1,09	0,37
Subtotal	24,72	236,19	236,28	0,09	0,04

Tabla 2 Territorio Suavemente Ondulado de San Andrés Tuxtla, Veracruz.
Fuente elaboración personal, con base en INEGI, 2009.

El segundo dominio, definido por un rango de pendiente comprendido entre 2,86° y 8,53°, corresponde al territorio suavemente ondulado. Representativo de las primeras estribaciones de la Sierra de San Martín, esta categoría constituye el 30,9% del territorio municipal (Tabla 2). Se trata de un paisaje de transición, un ecotono geomorfológico donde la llanura comienza a plegarse para dar paso gradual a la montaña. En este ámbito, la subestimación de la superficie real respecto a la planimétrica alcanza hasta un 0,49% en los rangos más altos, resultando en una magnitud perceptible, aunque no crítica en términos absolutos, con una diferencia acumulada del 0,37%. En el contexto del ordenamiento territorial, este hallazgo, si bien sutil, resulta relevante. Los coeficientes de ocupación del suelo, calculados invariablemente sobre la base de una representación plana, subestiman ligeramente la capacidad de carga real del terreno. Aunque esta discrepancia no implica un riesgo inminente para la estabilidad de taludes, sí introduce una complejidad adicional en el diseño de infraestructura, particularmente en sistemas de drenaje pluvial y en el trazado de vialidades, cuyas pendientes efectivas y longitudes reales resultan ser mayores que aquellas proyectadas sobre un plano bidimensional.

El tercer dominio, correspondiente al territorio montañoso moderado con pendientes entre 8 53° y 16,70°, abarca otro 22,3% del municipio (Tabla 3) y constituye la matriz paisajística predominante de San Andrés Tuxtla. En esta categoría, la discrepancia entre ambas superficies alcanza un valor del 1,51%, lo que en términos absolutos representa 3,27 kilómetros cuadrados de superficie que permanecen ocultos para los registros oficiales de base planimétrica. La diferencia entre la planimetría y la superficie real se manifiesta aquí de manera sistemática y significativa. Las implicaciones de orden catastral son evidentes: un predio registrado catastralmente como una hectárea de superficie planimétrica equivale,

Rango	% Municipal	Área planimétrica km²	Superficie topográfica km²	Diff. km²	% Diff.
8,53° - 16,70°	22,35	213,48	216,75	3,270	1,51

Tabla 3 Territorio Montañoso Moderado San Andrés Tuxtla, Veracruz. Fuente elaboración personal, con base en INEGI, 2009.

en la realidad topográfica, a 10.151 metros cuadrados. Esta diferencia, acumulada a escala municipal, genera un fenómeno de subvaluación fiscal generalizada. En términos ecológicos, las faldas medias del volcán albergan ecosistemas de alto valor, como bosques secundarios y cafetales bajo sombra, cuya productividad y dinámica funcional dependen críticamente de la superficie real disponible. Subestimar el área efectiva de estos sistemas implica, por consiguiente, subestimar su capacidad de captura de carbono y su contribución a la conectividad ecológica del paisaje, afectando así la planificación y efectividad de los corredores biológicos.

Rango	% Municipal	Área planimétrica km²	Superficie topográfica km²	Diff. km²	% Diff.
16,70° - 30,96°	16,52	157,81	163,41	5,6	3,43

Tabla 4 Territorio Montañoso Fuerte de San Andrés Tuxtla, Veracruz. Fuente elaboración personal, con base en INEGI, 2009.

El cuarto dominio, definido por pendientes comprendidas entre 1,70° y 30,96°, corresponde al territorio montañoso fuerte, caracterizado por laderas escarpadas. Esta categoría representa el 16,5% del municipio (Tabla 4) y en ella la discrepancia se eleva al 3,43%, lo que equivale a 5,60 kilómetros cuadrados de superficie invisible para los registros oficiales. En este rango de pendientes, la superficie real supera ampliamente a la planimétrica. Desde la perspectiva de la gestión integral de riesgos, estas zonas se identifican como las más susceptibles a procesos de remoción en masa, tales como deslizamientos y flujos de lodo. Ecológicamente, la subestimación del área real distorsiona significativamente los cálculos de biomasa forestal. Los bosques de ladera, que suelen encontrarse mejor conservados precisamente por su condición de inaccesibilidad, poseen una densidad de biomasa superior. Si los cálculos de almacenamiento de carbono se realizan sobre una base planimétrica subdimensionada, se incurre en una infravaloración sistemática de la capacidad de sumidero de estos ecosistemas, su infravaloración en esquemas de pago por servicios ambientales y, por ende, de su contribución a la resiliencia ecológica del territorio.

Rango	% Municipal	Área planimétrica km²	Superficie topográfica km²	Diff. km²	% Diff.
> 30,96°	5,49	52,43	54,7	2,27	4,15

Tabla 5 Territorio Muy Escarpado de San Andrés Tuxtla, Veracruz. Fuente elaboración personal, con base en INEGI, 2009.

El quinto y último dominio fisiográfico corresponde al territorio muy escarpado, definido por pendientes superiores a los 30,96°. Aunque esta categoría representa apenas el 5,4% del municipio (Tabla 5), es en ella donde se concentra la máxima expresión del error planimétrico, alcanzando una subestimación del 4,15%. En estas áreas, caracterizadas por acantilados y crestas volcánicas, una porción significativa de la superficie real resulta invisible para los registros oficiales. Más allá de la dimensión estrictamente catastral, el impacto ecológico de esta omisión es profundo. Estos accidentes geográficos constituyen el refugio de comunidades vegetales altamente especializadas, como helechos y epífitas, que prosperan en nichos definidos por microclimas húmedos y condiciones de alta pendiente. Al invisibilizar esta porción de la superficie real, se subestima la extensión de estos hábitats. Esta omisión afecta directamente la contabilidad de la biodiversidad municipal y la planificación efectiva de áreas naturales protegidas, pues los corredores ecológicos diseñados sobre una base cartográfica planimétrica no logran reflejar las distancias reales que las especies deben recorrer ni la complejidad tridimensional de los territorios que habitan.

En síntesis, el municipio de San Andrés Tuxtla, ubicado en el estado de Veracruz, México, cuenta con una extensión territorial planimétrica de aproximadamente 955,3 km², o 95.530 Has. Y una extensión territorial topográfica de aproximadamente 967,6 km², lo cual da una diferencia de 12,3 km². Analógicamente esos kilómetros cuadrados equivalen a 2.460 canchas de futbol o a más de 61 mil predios de viviendas unifamiliares de 200 m² cada una.

8. CONCLUSIÓN

El presente estudio, fundamentado en datos LiDAR de alta resolución y rigurosas metodologías geomáticas, ha evidenciado que en territorios de relieve accidentado como San Andrés Tuxtla la diferencia entre la superficie planimétrica y la topográfica no constituye un mero detalle técnico, sino un factor estructural

con profundas implicaciones para la gestión municipal. Se ha confirmado que la cartografía tradicional, al proyectar el terreno sobre un plano horizontal, subestima sistemáticamente la superficie real, una discrepancia que se acentúa en función de la pendiente. Mediante una corrección trigonométrica celda por celda, se logró cuantificar con precisión esta diferencia porcentual, revelando que en zonas con pendientes superiores a 25° la superficie efectiva supera con creces la registrada en los catastros oficiales, validando así la necesidad de incorporar modelos digitales de elevación de alta resolución en la planificación territorial, el catastro multipropósito y la gestión ambiental.

Esta subestimación superficial afecta transversalmente a la administración pública: en el ámbito fiscal y catastral, genera subvaluación predial y pérdida de ingresos; en el urbanístico, propicia asentamientos en zonas de riesgo cuya fragilidad queda oculta en las representaciones planimétricas; en el ambiental, distorsiona indicadores ecológicos como la rugosidad y conectividad del paisaje; y en el infraestructural, introduce errores en la cuantificación de movimientos de tierra y reservas de suelo. En el caso concreto de San Andrés Tuxtla, la complejidad geomorfológica derivada del volcán San Martín y sus pronunciadas pendientes convierte al municipio en un laboratorio natural donde esta diferencia adquiere dimensiones críticas. La cuantificación realizada demuestra que una porción significativa de su territorio permanece «invisible» para los registros oficiales, comprometiendo la precisión de los instrumentos de gestión territorial.

En consecuencia, se concluye que es indispensable incorporar criterios topográficos tridimensionales en los catastros y planes de desarrollo urbano para garantizar justicia fiscal, seguridad territorial y sostenibilidad ambiental. La tecnología LiDAR se consolida como la herramienta más robusta para superar las limitaciones históricas de la cartografía convencional, permitiendo precisiones centimétricas en la estimación de superficies reales. La adopción, modernización y automatización de un catastro multipropósito tridimensional se perfila como una necesidad inaplazable para municipios con relieve complejo, asegurando la coherencia entre la superficie registrada y la efectivamente existente. En síntesis, San Andrés Tuxtla, con una extensión planimétrica de aproximadamente 955,3 km^2 y una superficie topográfica de 967,6 km^2, presenta una diferencia de 12,3 km^2, magnitud que, de manera analógica, equivale a 2.460 canchas de fútbol o a más de 61 mil predios de viviendas unifamiliares de 200 m^2.

En suma, esta investigación confirma que la discrepancia entre superficie planimétrica y topográfica no es un problema marginal, sino un eje estructurante de la geomática contemporánea con repercusiones fiscales, jurídicas, urbanísticas y ambientales de primer orden. La transición hacia sistemas de gestión territorial basados en superficies tridimensionales constituye, por tanto, una condición urgente y necesaria para la modernización de la administración pública municipal en México.

REFERENCIAS

Batista, T., Mendes, P., Carvalho, L., Vila-Viçosa, C., y Gomes, C. P. (2012). Suitable methods for landscape evaluation and valorization: The third dimension in landscape metrics. *Acta Botanica Gallica, 159*(2), 161–168.

Bernal, L., y Tejedor, F. (2014). La información catastral como reflejo de la diferenciación socioeconómica urbana y su carácter multifinalitario. En C. E. Sepúlveda Rico, D. López Camacho, y J. M. Gallego Acevedo (Eds.), *Los límites de la estratificación: En busca de alternativas* (pp. 41–82). Bogotá: Editorial Universidad del Rosario; Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. https://doi.org/10.7476/9789587385373.0005

Berry, J. K. (2007). *Beyond Mapping III. Procedures and Applications in GIS*. http://www.innovativegis.com/basis/mapanalysis/topic11/topic11.htm

Chen, C., y Li, Y. (2019). A fast global interpolation method for digital terrain model generation from large LiDAR-derived data. *Remote Sensing, 11*(11), 1324.

Ercan, O., y Bank, E. (2004). Turkish cadastre automation system with ESRI technology. https://proceedings.esri.com/library/userconf/proc04/docs/pap1029.pdf

FAO (2009). Guía para la descripción de suelos. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/b54d0348-dfce-413c-bd5d-142b3a14a049/content

Frédéricque, B., Raymond, K., y Van Prooijen, K. (2011, May). 3D GIS as applied to cadastre–A benchmark of today's capabilities. In *Fédération Internationale des Géomètres Working Week*.

García, E. (2004). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México.

INEGI. (2009). *Modelos Digitales de Elevación de Alta Resolución LiDAR, con resolución de 5m. Terreno. ASCII. E15A63A1*. Aguascalientes, Aguascalientes, México: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.

INEGI (2010). *Compendio de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, San Andrés Tuxtla, Veracruz de Ignacio de la Llave clave geoestadística 30141*, Aguascalientes, Aguascalientes, México: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/30/30141.pdf

INEGI (2015). Conociendo Veracruz de Ignacio de la Llave, Aguascalientes, Aguascalientes, México: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.

INEGI (2020). *Resultados definitivos, Censo de población y vivienda 2020*, Aguascalientes, Aguascalientes, México: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.

Jacobsen, F. M., y Theakstone, W. H. (1995). The use of planimetric surface area in glacier mass-balance calculations: A potential source of errors. *Journal of Glaciology, 41*(139), 441–444.

Kienzle, S. W. (2011). Effects of area under-estimations of sloped mountain terrain on simulated hydrological behaviour: A case study using the ACRU model. *Hydrological Processes, 25*(8), 1212–1227.

Minea, C., Kiaji, S., Dahbi, M., Șmuleac, A., y Pascalau, R. (2024). Modern technologies in cadastre: A review of UAV and GIS applications. *Research Journal of Agricultural Science, 56*(4), 151–160.

Polat, N., y Uysal, M. (2018). An experimental analysis of digital elevation models generated with Lidar data and UAV photogrammetry. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing, 46*(7), 1135–1142.

Webster, T., McGuigan, K., Crowell, N., Collins, K., y MacDonald, C. (2016). Optimization of data collection and refinement of post-processing techniques for Maritime Canada's first shallow water topographic-bathymetric lidar survey. *Journal of Coastal Research, 76*(SI), 31–43.

Xie, P., Liu, Y., He, Q., Zhao, X., y Yang, J. (2017). An efficient vector-raster overlay algorithm for high-accuracy and high-efficiency surface area calculations of irregularly shaped land use patches. *ISPRS International Journal of Geo-Information, 6*(6), 156.

Zhiming, Z., Van Coillie, F., De Wulf, R., De Clercq, E. M., y Xiaokun, O. (2012). Comparison of surface and planimetric landscape metrics for mountainous land cover pattern quantification in Lancang Watershed, China. *Mountain Research and Development, 32*(2), 213–225.

Sobre los autores

Rodrigo Tovar Cabañas

Geógrafo y profesor-investigador mexicano, miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI) Nivel 1. Posee un doctorado en Geografía por la UNAM, además de posdoctorados en Urbanismo. Su extensa trayectoria académica incluye la docencia en diversas universidades y una prolífica producción científica con más de 40 artículos publicados en revistas especializadas. Su investigación se centra en la geografía ambiental, la vulnerabilidad socioeconómica ante el cambio climático, la gestión de riesgos y el turismo sustentable. Ha colaborado con instituciones como la UANL, El Colegio de Veracruz y la Universidad Veracruzana. Además de su labor investigadora, es dictaminador de varias revistas científicas y ha participado en la organización de numerosos congresos y seminarios. Su trabajo combina la geografía con otras disciplinas para abordar problemáticas complejas como el desarrollo regional, el envejecimiento y la sustentabilidad.

Hipólito Villanueva Hernández

Profesor-investigador del Instituto de Investigaciones Sociales de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). Es Doctor en Ciencias Sociales con Orientación en Desarrollo Sustentable por la misma institución y cuenta con una Maestría en Ciencias en Ingeniería Ambiental. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI) Nivel 1 y cuenta con el Perfil PRODEP. Sus líneas de investigación abarcan el desarrollo, la equidad y el medio ambiente, así como los estudios demográficos, urbanos y regionales. Su producción científica reciente incluye publicaciones sobre vulnerabilidad socioeconómica y cambio climático, potencial turístico (apiturismo), huella hídrica industrial y la clasificación de la frontera agrícola mexicana mediante sistemas de información geográfica. Su trabajo se enfoca en la intersección entre la ingeniería ambiental y las ciencias sociales para analizar problemas de sustentabilidad y desarrollo regional.

Delia Elena Martínez Jiménez

Arquitecta con más de 15 años de experiencia profesional y académica. Es Maestra en Arquitectura por la Universidad Veracruzana y se encuentra cursando un Doctorado en Educación. Su práctica profesional abarca la gestión y supervisión de proyectos arquitectónicos y urbanos, incluyendo diseño, control de obra y presupuestos. Ha trabajado en proyectos residenciales, de infraestructura y de obra pública para diversas dependencias. Como docente, ha impartido asignaturas en universidades como la Universidad Veracruzana y la Universidad de Xalapa en áreas de diseño estructural, urbanismo, instalaciones y normatividad. Su investigación se enfoca en la habitabilidad, la resiliencia urbana y la vivienda sustentable, temas que ha presentado en congresos internacionales. Es una profesional con un perfil técnico y creativo, comprometida con la innovación y la sostenibilidad en el entorno construido.