



## Análisis espacial de la vulnerabilidad alimentaria en una comunidad de Huatusco, Veracruz

### Spatial analysis of food vulnerability in a community in Huatusco, Veracruz

Roldán Antonio González Sánchez <sup>1</sup>, Silvia Sósol Sánchez <sup>1,\*</sup>, Jesús Atenodoro Alonso <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico Superior de Huatusco, Tecnológico Nacional de México

\* Autor de correspondencia: ssosols@huatusco.tecnm.mx; Tel: +52 2731095588

**Fecha de Recepción:** 13 de agosto del 2026.

**Fecha de Revisión:** 26 de agosto del 2026.

**Fecha de Publicación:** 30 de septiembre del 2026.

**ISSN:** 3061-838X.

**DOI:** 10.82580/revateh.v3i3.60

**Citación:** Roldán Antonio González Sánchez, Silvia Sósol Sánchez, Jesús Atenodoro Alonso. Análisis espacial de la vulnerabilidad alimentaria en una comunidad de Huatusco, Veracruz. *Revista en Ciencia y Tecnología del Valle de Tehuacán*, 2026, 3, 76-86.

**Copyright:** © 2026 por los autores. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0). <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>.

### Resumen

Esta investigación describió la distribución de la inseguridad alimentaria en 80 hogares encuestados de San Diego Tetitlán, Huatusco, Veracruz. Las viviendas se distribuyeron entre cinco estratos geográficos de un marco operativo de 100 viviendas. El estudio también planteó una línea preliminar de diseño de un huerto vertical. Se realizó un estudio observacional y transversal con la Escala Latinoamericana y Caribeña de Seguridad Alimentaria (ELCSA), cruces descriptivos de variables sociodemográficas y cartografía de puntos domiciliarios. Presentaron algún grado de inseguridad alimentaria 46 hogares (57.5%): 34 (42.5%) leve, 6 (7.5%) moderada y 6 (7.5%) severa. La inseguridad moderada o severa se observó en 16.94% de los hogares con jefatura femenina y 9.52% de los de jefatura masculina; los seis casos de inseguridad severa correspondieron a hogares cuya jefatura tenía educación primaria o ninguna escolaridad. Los mapas de puntos muestran hogares de distintas categorías tanto cerca como lejos de la vía principal; no demuestran agrupamiento estadístico ni una relación con la accesibilidad. Se presenta un concepto técnico preliminar de cultivo vertical que requiere dimensionamiento, presupuesto, codiseño y validación piloto. La participación en cada estrato dependió de la disponibilidad de personas para responder; la selección no fue aleatoria. Los resultados describen a los hogares estudiados y orientan investigaciones e intervenciones posteriores; no permiten atribuir la inseguridad alimentaria a una característica social o territorial.

**Palabras clave:** Agricultura biointensiva, análisis espacial, vulnerabilidad alimentaria, ingeniería participativa, sistemas de información geográfica.



## Abstract

This research described the distribution of food insecurity among 80 surveyed households in San Diego Tetitlán, Huatusco, Veracruz. The households were distributed across five geographic strata within an operational framework of 100 dwellings. The study also proposed a preliminary design concept for a vertical garden. An observational, cross-sectional study was conducted using the Latin American and Caribbean Food Security Scale (ELCSA), descriptive cross-tabulations of sociodemographic variables, and mapping of household locations. Forty-six households (57.5%) exhibited some degree of food insecurity: 34 (42.5%) mild, 6 (7.5%) moderate, and 6 (7.5%) severe. Moderate or severe insecurity was observed in 16.94% of female-headed households and 9.52% of male-headed households; the six cases of severe insecurity involved households where the head had only a primary education or no schooling. Point maps show households of various categories located both near and far from the main road; they reveal neither statistical clustering nor a relationship with accessibility. A preliminary technical concept for vertical cultivation is presented, requiring dimensional specifications, budgeting, co-design, and pilot validation. Participation in each stratum depended on the availability of respondents; the selection was not random. The results characterize the households studied and guide future research and interventions, but they do not allow food insecurity to be attributed to a specific social or territorial characteristic.

**Keywords:** Biointensive agriculture, spatial analysis, food vulnerability, participatory, engineering geographic information systems.

## 1. Introducción

La seguridad alimentaria representa uno de los nudos críticos estructurales más apremiantes del siglo XXI, constituyendo el núcleo del Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 2: "Hambre Cero". A pesar de los innegables avances tecnológicos orientados a maximizar la producción agrícola global, las estimaciones demuestran que las interrupciones en las cadenas de suministro, la incesante volatilidad de los precios en los mercados de materias primas y la aguda variabilidad climática antropogénica han mermado severamente la capacidad de las poblaciones periféricas para acceder a dietas nutritivas, estables y culturalmente adecuadas (Ray *et al.*, 2019; Thornton *et al.*, 2014). En las economías en vías de desarrollo, la vulnerabilidad alimentaria no emana exclusivamente de la escasez absoluta de calorías producidas a nivel macroeconómico, sino de una profunda y sistémica asimetría en su distribución, acceso y asequibilidad local. Clapp (2014) advierte que los enfoques institucionales convencionales sobre seguridad alimentaria tienden a enmascarar las fallas del régimen agroalimentario corporativo dominante,

sugiriendo la urgencia imperativa de transitar hacia modelos de soberanía alimentaria que demanden el control descentralizado y local sobre los medios de producción y las redes de distribución.

En el contexto específico de México, el panorama alimentario rural se encuentra profundamente fracturado. La prolongada reestructuración económica y agraria, impulsada por políticas de libre mercado y la apertura comercial asimétrica, desmanteló progresivamente las redes históricas de autoconsumo y la agricultura campesina tradicional. Las comunidades rurales fueron sistemáticamente empujadas a insertarse en lógicas comerciales que erosionaron sus medios de vida internos, incrementando de manera drástica la dependencia hacia mercados externos y la adquisición de alimentos ultra procesados de bajo costo, pero deficiente densidad nutricional (Hamilton, 2002; Preibisch *et al.*, 2002). Esta dinámica estructural generó lo que Rivera-Núñez *et al.* (2022) denominan la "paradoja de la escasez estacional", un fenómeno en el cual las propias familias rurales, históricamente ligadas a la producción de la tierra, enfrentan severas



crisis de abastecimiento durante las transiciones cíclicas, viéndose forzadas a emplear estrategias de supervivencia extremas, tales como la reducción drástica de las porciones alimenticias, la supresión de tiempos de comida y la migración laboral. Sumado a lo anterior, la expansión y urbanización desorganizada en áreas periurbanas y rurales ha derivado en la conformación de "desiertos alimentarios estáticos". En estos terrenos, el aislamiento geográfico, la precariedad de la infraestructura pública y el abandono de la vocación agrícola restringen de manera crítica el acceso físico y económico a productos frescos, perpetuando un círculo vicioso de malnutrición dual (coexistencia de desnutrición crónica y obesidad) (Camacho-Vallejo & Totosa, 2025).

Los sistemas de información geográfica permiten representar diferencias territoriales en la inseguridad alimentaria y formular preguntas sobre accesibilidad. Estudios en otros contextos han examinado su distribución espacial y sus asociaciones con características socioeconómicas (Mathenge et al., 2022; Dessie et al., 2022; Wubetie et al., 2024). Sin embargo, la proximidad visual de puntos en un mapa no demuestra por sí sola autocorrelación espacial, ni identifica mecanismos causales. El presente estudio utiliza cartografía descriptiva a escala local.

Como respuesta técnica directa a la limitación de suelo cultivable, el estrés hídrico y la falta de liquidez financiera en estos entornos, la agricultura biointensiva y la implementación de huertos verticales se perfilan como soluciones estratégicas de alta eficiencia. Diversos estudios agronómicos avalan que la intensificación agroecológica, basada en el manejo regenerativo del sustrato y la alta densidad de siembra, logra obtener rendimientos volumétricos sustancialmente mayores a los del cultivo extensivo convencional, operando bajo lógicas de economía circular a pequeña escala (Jeavons, 2001; Wezel et al., 2020; Schneider et al., 2021).

Sin embargo, existe un debate crítico respecto a la escalabilidad de las tecnologías

urbanas. Frente a los sofisticados sistemas de agricultura de ambiente controlado cerrado (indoor farming o plant factories), cuya excesiva demanda energética, requerimientos de iluminación artificial y altos costos de capital inicial los vuelven inviables e inaccesibles para las poblaciones en situación de pobreza (Mills, 2025; Song et al., 2022; Zareba et al., 2021), los módulos verticales con exposición a luz natural y el uso de sustratos biointensivos locales emergen como la alternativa idónea. Este tipo de agroarquitectura maximiza la resiliencia productiva, aprovecha el espacio tridimensional y mantiene los costos operativos en niveles marginales (Babu et al., 2026; Gwynn-Jones et al., 2018; Taylor, 2020). No obstante, el reto principal no es técnico, sino sociocultural. Investigadores como Muñoz-Rodríguez et al., (2020), han documentado y advertido que la inserción de huertos familiares subsidiados en México fracasa de manera sistémica y masiva cuando obedece a políticas verticales (top-down). El Estado y las agencias de desarrollo comúnmente asumen que la inseguridad alimentaria es un simple déficit de "activos de producción", entregando materiales sin generar un proceso de transferencia sociotécnica. La resiliencia a largo plazo de estos agroecosistemas depende intrínsecamente del despliegue de una "ingeniería participativa", donde la tecnología se subordina a los saberes locales, las dinámicas de la comunidad y la ergonomía de los usuarios finales (frecuentemente mujeres), mitigando así el abandono de los proyectos (Deguine et al., 2021; Sheller, 2021).

Este trabajo tiene dos propósitos: describir la inseguridad alimentaria y su distribución entre los hogares encuestados de San Diego Tetitlán mediante ELCSA, tablas de contingencia y cartografía descriptiva; y formular una línea preliminar de diseño de un sistema vertical de cultivo para su posterior codiseño y evaluación. El estudio no evalúa el impacto de una intervención.



## 2. Metodología

Se realizó un estudio observacional, transversal y descriptivo con componentes cuantitativos y cartográficos. Se encuestaron 80 hogares de San Diego Tetitlán, municipio de Huatusco, Veracruz, en una sola ocasión. La planeación distribuyó proporcionalmente las 80 entrevistas entre cinco estratos geográficos operativos. Dentro de cada estrato, se entrevistó a personas disponibles para responder, por lo que la selección efectiva fue no probabilística por disponibilidad. La eventual fase participativa de diseño e implementación corresponde a un proyecto posterior y no forma parte de los resultados evaluados aquí. La unidad de análisis fue el hogar. La planeación siguió las fases de consulta cartográfica, cálculo para población finita y asignación proporcional por áreas descritas. La hoja de planeación de campo registró un marco operativo de 100 viviendas, distribuidas en cinco estratos operativos delimitados con apoyo del visor “Espacio y Datos de México” del INEGI (INEGI, s. f.): cuatro áreas identificadas en la hoja con códigos geográficos, con 8, 6, 3 y 7 viviendas, y el estrato de elaboración propia “Alrededor de la comunidad”, con 76. Se calculó una muestra de 79.51 viviendas mediante la fórmula para población finita, con  $N = 100$ ,  $Z = 1.96$ ,  $p = q = 0.5$  y error nominal  $e = 0.05$ ; se redondeó a 80. La asignación proporcional se calculó como  $n_i = (N_i/N) \times n$  y, tras el redondeo, la asignación final por estrato fue de 6, 5, 2, 6 y 61 viviendas, respectivamente, y se registra 80 visitas completadas (12, 3, 14, 25 y 26 en cinco fechas de abril y mayo 2026). La fracción de cobertura del marco operativo fue de 80/100 (80%). Las entrevistas dentro de cada estrato se realizaron conforme las personas tenían posibilidad de responder. La asignación por estratos fue proporcional, pero la selección efectiva de hogares fue por disponibilidad y no aleatoria. El 5% fue un parámetro del cálculo previo del tamaño de muestra; no es el margen de error aplicable a la proporción observada de 57.5% bajo esta forma de selección.

### *Fase de recolección y procesamiento de datos*

Se construyó un instrumento de recolección de datos estandarizado que integró dos bloques principales. El primer bloque consistió en un cuestionario sociodemográfico estructurado que capturó variables determinantes como: jefatura del hogar (género y edad del responsable), nivel máximo de escolaridad alcanzado, situación conyugal, actividad económica principal (ocupación), número de dependientes económicos, percepción subjetiva de suficiencia del ingreso económico mensual, y las condiciones de la vivienda (incluyendo el índice de hacinamiento habitacional). El segundo bloque aplicó el algoritmo psicométrico oficial de la Escala Latinoamericana y Caribeña de Seguridad Alimentaria (ELCSA). Esta herramienta, ampliamente validada en contextos latinoamericanos, evalúa la dimensión de experiencia de la inseguridad alimentaria mediante preguntas referidas a los últimos tres meses. Para garantizar la precisión del índice, el instrumento se separó metodológicamente: a los hogares con presencia de menores de 18 años se les aplicó la batería completa de 15 ítems, mientras que los hogares integrados exclusivamente por adultos respondieron únicamente los primeros 8 ítems, ajustando los puntos de corte según los estándares oficiales de la FAO.

Los registros se limpiaron y tabularon en Microsoft Excel 2024; se calcularon frecuencias, proporciones y estadísticos descriptivos, y se elaboraron tablas de contingencia para comparar categorías sociodemográficas y de ELCSA. No se documentan pruebas de hipótesis, intervalos de confianza, coeficientes de correlación ni ajustes por diseño de muestreo o por no respuesta. En consecuencia, los porcentajes de los cruces se interpretan como diferencias descriptivas, sin afirmar significación estadística.

### *Fase de análisis espacial*

Para delimitar los estratos geográficos se consultó el visor “Espacio y Datos de México” del Instituto Nacional de



Estadística y Geografía (INEGI, s. f.). Durante el levantamiento de campo se capturaron las coordenadas geográficas de las viviendas mediante dispositivos móviles utilizando la aplicación SW Maps GIS & Data Collector. Posteriormente, los datos espaciales fueron estructurados y procesados en el entorno de Python utilizando la librería GeoPandas (v. 0.14), y visualizados sobre capas base de OpenStreetMap y CARTO mediante el entorno interactivo de Leaflet. A partir de esto, se generaron mapas temáticos de puntos para cada categoría de la ELCSA, lo que permitió realizar una inspección visual descriptiva de la distribución territorial de los hogares respecto a la carretera principal.

#### *Estructuración de la propuesta tecnológica*

Con base en los hallazgos críticos resultantes del diagnóstico sociodemográfico y espacial, se planteó un modelo de intervención tecnológica, la propuesta permanece en fase conceptual: no se construyó ni probó un prototipo en este estudio.

### **3. Resultados y discusión**

#### *Diagnóstico sociodemográfico: La feminización de la pobreza y el rezago educativo*

De los 80 hogares encuestados, 59 (73.75%) reportaron jefatura femenina. Este resultado caracteriza a las respuestas obtenidas y puede reflejar quién estuvo disponible para responder o cómo se identificó la jefatura en el cuestionario. Sin datos comparativos sobre empleo, tenencia de la tierra o migración, no permite atribuir la composición observada a procesos económicos específicos (Hamilton, 2002; Preibisch *et al.*, 2002). La edad media de las personas identificadas como jefas de hogar fue de 43.12 años (desviación estándar: 15.02; intervalo observado: 18 a 88 años), y la media de dependientes económicos fue de 1.55 por hogar. El 51.25% reportó primaria concluida como máximo nivel de estudios, el 7.5% ninguna escolaridad formal y el 16.25% bachillerato o estudios superiores.

#### *Prevalencia y severidad de la inseguridad alimentaria (ELCSA)*

Según la clasificación ELCSA, 46 de los 80 hogares encuestados (57.5%) presentaron algún grado de inseguridad alimentaria en los tres meses previos a la encuesta. Esta cifra es una proporción observada en la muestra, y no debe extrapolarse estadísticamente al total de viviendas, dada la selección por disponibilidad. Se clasificaron 34 hogares (42.5%) en seguridad alimentaria, 34 (42.5%) en inseguridad leve, 6 (7.5%) en inseguridad moderada y 6 (7.5%) en inseguridad severa. La ELCSA mide experiencias reportadas de acceso a alimentos; estas categorías no equivalen por sí mismas a diagnósticos clínicos ni demuestran desnutrición individual. En los cruces descriptivos con percepción del ingreso, el 50% de los hogares que declararon dificultades frecuentes para cubrir gastos básicos se clasificó en inseguridad severa, mientras que el 92% de quienes indicaron que sus ingresos cubrían sus necesidades se clasificó en seguridad alimentaria. Se trata de respuestas autorreportadas; este cruce no valida por sí solo el instrumento ni establece una asociación estadísticamente significativa.

#### *Análisis bivariado: Interseccionalidad de la vulnerabilidad*

Las tablas de contingencia muestran cómo se distribuyeron las categorías ELCSA según las características sociodemográficas registradas. El análisis no incluyó pruebas inferenciales y las diferencias deben interpretarse con cautela, especialmente en las categorías con pocos hogares.

La proporción observada de inseguridad moderada o severa fue de 16.94% entre los 59 hogares con jefatura femenina y 9.52% entre los 21 hogares con jefatura masculina (aproximadamente 10 y 2 hogares, respectivamente). La diferencia es descriptiva: la selección por disponibilidad, las posibles dinámicas de género al responder, el diseño transversal y los tamaños de celda impiden concluir que la jefatura determine el riesgo o que estas proporciones representen a todas las familias de la localidad. Entre los hogares cuya jefatura reportó bachillerato, el 70% se



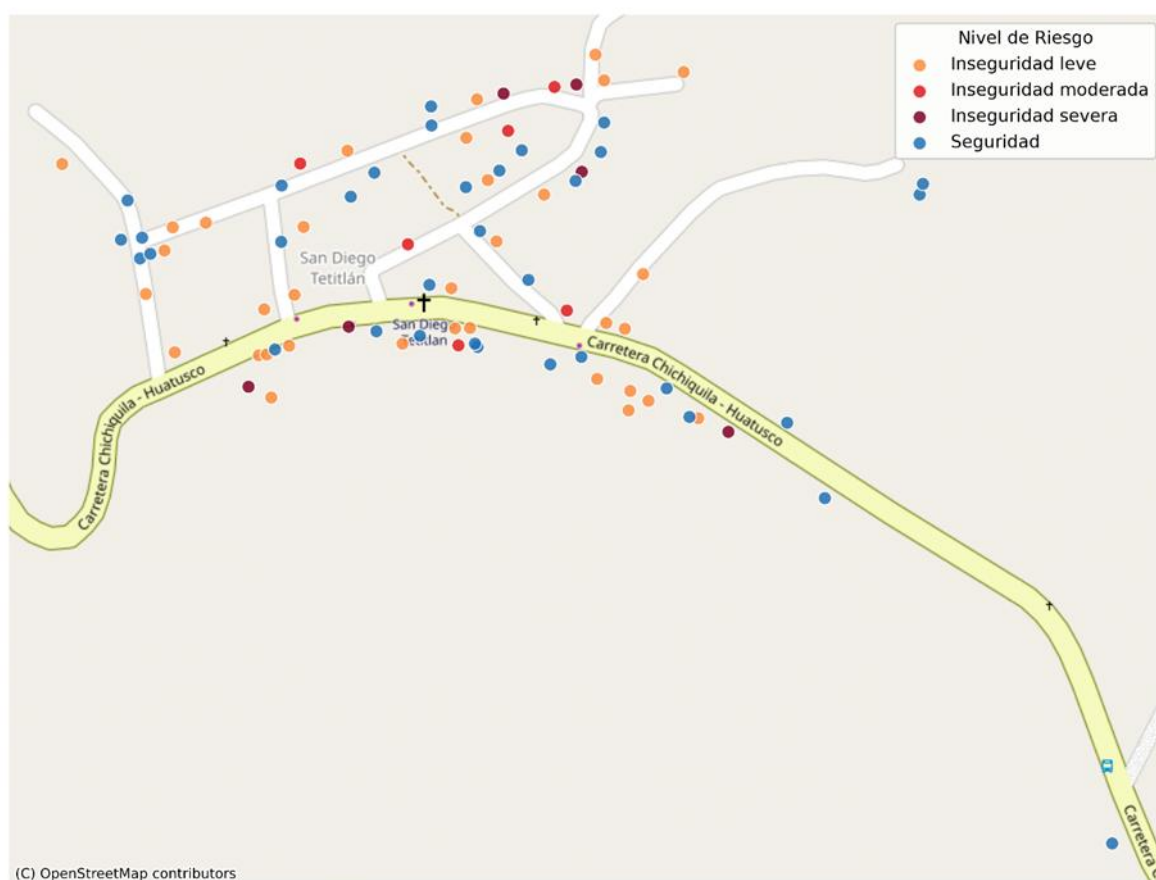
clasificó en seguridad alimentaria. Los seis casos de inseguridad severa se observaron en hogares con jefatura de escolaridad primaria o sin escolaridad: las proporciones internas reportadas fueron 12.20% y 16.67%, respectivamente. Estos datos describen una distribución en la muestra; no se calculó un coeficiente de correlación ni puede inferirse que la escolaridad explique la inseguridad alimentaria.

#### *Distribución cartográfica de los hogares encuestados*

Al proyectar la clasificación de la ELCSA en el entorno cartográfico mediante el visor geográfico, se representó la distribución espacial de los 80 hogares encuestados en San Diego Tetitlán (**Figura 1**). Los hogares en situación de seguridad alimentaria e inseguridad leve se distribuyen de manera amplia en el asentamiento, con presencia tanto sobre la vía principal (Carretera Chichiquila - Huatusco) como en sectores

interiores. De igual manera, los hogares con inseguridad moderada y severa se identifican en distintas zonas del territorio analizado. A escala visual y descriptiva, no se identifica un patrón de concentración unívoco ni una separación territorial estricta de las categorías. Dado que no se aplicaron estadísticos formales de autocorrelación espacial (como el índice de Moran o LISA), la inspección visual de los puntos no permite afirmar la existencia de clústeres estadísticamente significativos, desiertos alimentarios formales ni una relación de causalidad entre el aislamiento topográfico y la severidad del desabasto, sirviendo esta aproximación como una base exploratoria para futuros análisis geoestadísticos. Los nodos ilustran la severidad según la escala ELCSA y su distribución respecto a las vías de acceso

### **Distribución Espacial: Seguridad Alimentaria**



**Figura 1.** Cartografía del nivel de riesgo alimentario en los hogares encuestados de San Diego Tetitlán.



### *Línea preliminar de diseño para un sistema vertical de cultivo*

Los resultados motivan explorar opciones de producción doméstica de hortalizas, pero el diagnóstico no demuestra que un huerto vertical sea factible, aceptado o eficaz en esta localidad. Su pertinencia requiere acordar necesidades y restricciones con las familias y evaluar las condiciones de instalación y mantenimiento. Como respuesta preliminar al diagnóstico y a la limitante de espacio en los solares, se plantea una línea conceptual de diseño orientada a la producción doméstica de hortalizas de hoja (*Lactuca sativa*). La propuesta se estructura bajo los siguientes parámetros de ingeniería proyectada:

- Dimensiones y huella espacial: Módulo vertical tipo torre con una altura nominal de 1.60 m y una base de 0.60 m × 0.60 m (ocupación en suelo de apenas ~0.36 m<sup>2</sup>), integrando 45 cavidades de cultivo dispuestas helicoidalmente para favorecer la captación solar.
- Materiales sugeridos: Tubería y depósito inferior fabricados en polietileno de alta densidad (HDPE) o PVC sanitario con protección UV, garantizando resistencia a la intemperie y seguridad alimentaria frente a la solución nutritiva.
- Requerimiento hídrico y operación: Depósito basal de recirculación de 20 litros asistido por una micro bomba sumergible de bajo voltaje (12–15 W). Se estima un consumo hídrico proyectado de 1.5 a 2.5 litros diarios por torre para reposición por evapotranspiración, lo que representa un uso altamente eficiente comparado con el cultivo tradicional en suelo.
- Costos y rendimiento proyectado: Se proyecta un costo aproximado de materiales y componentes comerciales entre \$1,400 y \$1,800 MXN por unidad unifamiliar. La

cosecha esperada se calcula en 3.5 a 4.5 kg de biomasa fresca por ciclo de 6 semanas (~9 a 12 kg/m<sup>2</sup> proyectados por ciclo).

Se precisa que estos valores corresponden a parámetros nominales de diseño teórico; la medición de rendimientos efectivos, el balance hídrico real y la ergonomía de operación con las familias locales serán evaluados en una fase experimental piloto subsecuente.

### *Limitaciones del estudio*

Aunque se completaron entrevistas en 80 de las 100 viviendas incluidas en el marco operativo, no se documentó su exhaustividad ni cuántas viviendas se contactaron sin obtener respuesta. La selección efectiva según la disponibilidad de las personas introduce un posible sesgo de selección y no permite atribuir a los porcentajes observados el error nominal de 5% empleado en el cálculo previo del tamaño muestral. Las dinámicas de género del hogar, incluida la posibilidad de que algunas personas no pudieran responder libremente o estuvieran ausentes, pudieron influir en quién contestó y en las respuestas; no se midió la magnitud de ese efecto. Los seis casos en cada categoría de inseguridad moderada y severa limitan la estabilidad de los cruces. Las respuestas ELCSA y de ingreso son autorreportadas y pueden estar sujetas a errores de recuerdo o deseabilidad social. El corte transversal no establece temporalidad ni causalidad. No se aplicaron pruebas inferenciales, distancias verificadas o estadísticos de autocorrelación espacial; el análisis espacial se limitó a una inspección visual descriptiva sin el cálculo formal de estadísticos de autocorrelación espacial (como el índice de Moran o análisis LISA). Asimismo, las coordenadas se capturaron con receptores móviles de precisión estándar (margen típico de ±3 a 5 m), adecuado para fines descriptivos locales, pero sin corrección geodésica avanzada. Finalmente, la propuesta del módulo



vertical se presenta como una línea preliminar de diseño, cuyos rendimientos, costos y balances hídricos deberán validarse empíricamente en campo.

#### 4. Reflexiones finales y/o conclusiones

Esta investigación describió la situación de seguridad alimentaria y su distribución en 80 hogares de la localidad de San Diego Tetitlán, Huatusco, Veracruz. El diagnóstico identificó que el 57.5% de los hogares encuestados experimentó algún grado de inseguridad alimentaria, concentrándose la mayor parte en el nivel leve. Las diferencias observadas en las tablas de contingencia sugieren una mayor presencia descriptiva de inseguridad moderada y severa en hogares con jefatura femenina y en aquellos cuyos jefes cuentan con educación primaria o sin escolaridad, lo que resalta la conveniencia de profundizar en el análisis de las condiciones socioeconómicas locales mediante diseños probabilísticos e inferenciales. En el plano territorial, la representación cartográfica de puntos permitió visibilizar la dispersión de los hogares analizados, sin que la inspección visual evidencie una concentración concluyente asociada exclusivamente a la cercanía de la red vial ni confirme la presencia de clústeres espaciales o barreras topográficas determinantes. Ante este contexto, el planteamiento preliminar de un sistema vertical de cultivo de hortalizas se propone como una alternativa conceptual sujeta a posterior dimensionamiento técnico, análisis de requerimientos hídricos, balance de costos en moneda local y validación agronómica en campo. Para que una propuesta de esta naturaleza sea viable, resultará indispensable avanzar hacia esquemas participativos donde la tecnología se adapte a las necesidades, la disponibilidad de tiempo y las decisiones cotidianas de las familias participantes.

#### *Consideraciones éticas y confidencialidad*

El estudio se fundamentó en la participación voluntaria de los jefes o representantes de cada hogar encuestado, recabando su consentimiento informado de manera previa

a la aplicación del instrumento y explicándoles los objetivos estrictamente académicos del diagnóstico. Se garantizó el anonimato de las personas participantes y la confidencialidad de la información recabada. Las coordenadas geográficas domiciliarias se utilizaron exclusivamente para el procesamiento cartográfico descriptivo del proyecto a nivel agregado, omitiendo en los reportes públicos cualquier identificador personal o dirección que comprometa la privacidad de las familias.

**Financiamiento:** Esta investigación no recibió financiamiento externo. Los gastos operativos y el APC (Article Processing Charge) fueron cubiertos mediante recursos propios por los investigadores adscritos al Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Huatusco.

**Contribución de los autores:** Conceptualización, R.A.G.S. y S.S.S.; metodología, R.A.G.S. y J.A.A.; software, R.A.G.S.; validación, R.A.G.S. y S.S.S.; análisis formal, S.S.S.; investigación, R.A.G.S.; recursos, J.A.A.; curación de datos, R.A.G.S.; redacción: preparación del borrador original, R.A.G.S.; redacción: revisión y edición, S.S.S. y J.A.A.; visualización, R.A.G.S.; supervisión, S.S.S.; administración de proyectos, S.S.S. Todos los autores han leído y están de acuerdo con la versión publicada del manuscrito.

**Agradecimientos:** Los autores extienden un genuino y profundo agradecimiento a las familias de la localidad de San Diego Tetitlán. Su hospitalidad, apertura, valiosa participación comunitaria y tiempo dedicado durante la fase de encuestas diagnósticas fueron los pilares fundamentales que permitieron develar la auténtica realidad territorial y socioeconómica del municipio.

#### Referencias

Aceves-Martins, M., Gutierrez-Gómez, Y. Y., & Moreno-García, C. F. (2025). Socioeconomic determinants of overweight and obesity among Mexican children and



- adolescents: Systematic review and meta-analysis. *Obesity Reviews*, 26(8). <https://doi.org/10.1111/obr.13926>
- Alemu, Z. A., Ahmed, A. A., Yalew, A. W., & Simanie, B. (2017). Spatial variations of household food insecurity in East Gojjam Zone, Amhara Region, Ethiopia: implications for agroecosystem-based interventions. *Agriculture & Food Security*, 6(1). <https://doi.org/10.1186/s40066-017-0113-9>
- Babu, D. V., Naik, B. N. S., & Kumar, T. S. (2026). Vertical Farming and Climate Adaptation: Future-Proofing Global Food Security. En *Modern Technology for Climate Change Agriculture* (pp. 265–286). Springer Nature Switzerland. [https://doi.org/10.1007/978-3-032-21053-1\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-032-21053-1_12)
- Camacho-Vallejo, V., & Totosaús, A. (2025). Food Availability, Accessibility, and Affordability through the Scope of Food Security Level and Food Environment Perception in Mexico City's Marginated Area. *Journal of Nutrition and Food Security*. <https://doi.org/10.18502/jnfs.v10i1.17768>
- Clapp, J. (2014). Food security and food sovereignty. *Dialogues in Human Geography*, 4(2), 206–211. <https://doi.org/10.1177/2043820614537159>
- Dávila, A. D., Suárez, J. A. C., & Pérez, G. A. C. (2024). El huerto escolar y la ambientalización curricular en educación básica. *EDUCATECONCIENCIA*. <https://doi.org/10.58299/z70r7060>
- Deguine, J.-P., Aubertot, J.-N., Flor, R. J., Lescourret, F., Wyckhuys, K. A. G., & Ratnadass, A. (2021). Integrated pest management: good intentions, hard realities. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 41(3). <https://doi.org/10.1007/s13593-021-00689-w>
- Dessie, Z. G., Zewotir, T., & North, D. (2022). The spatial modification effect of predictors on household level food insecurity in Ethiopia. *Scientific Reports*, 12(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-23918-y>
- Fontalvo-Buelvas, J. C., Silva, M. T. P., & Aguilar, M. Á. E. (2025). Flujo de saberes y construcción de comunidades de aprendizaje en huertos urbanos: Un laboratorio de innovación socioecológica en Xalapa-Enríquez, Veracruz. Ediciones Comunicación Científica eBooks. <https://doi.org/10.52501/cc.354.05>
- Gutiérrez, A. Y. P. (2023). Redes de colaboración solidaria: dos casos de estudio en el estado de Hidalgo, México. *Cooperativismo & Desarrollo*. <https://doi.org/10.16925/2382-4220.2023.02.07>
- Gwynn-Jones, D., Dunne, H., Donnison, I., Robson, P., Sanfratello, G. M., Schlarb-Ridley, B., Hughes, K., & Convey, P. (2018). Can the optimisation of pop-up agriculture in remote communities help feed the world? *Global Food Security*, 18, 35–43. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2018.07.003>
- Hamilton, S. (2002). Neoliberalism, Gender, and Property Rights in Rural Mexico. *Latin American Research Review*, 37(1), 119–143. <https://doi.org/10.1017/s0023879100019373>
- Jadhav, V., Grondona, T., Pistillo, A., Pennisi, G., Ghio, M., Gianquinto, G., & Orsini, F. (2025). Optimizing Planting Density for Increased Resource Use Efficiency in Baby-Leaf Production of Lettuce (*Lactuca sativa* L.) and Basil (*Ocimum basilicum* L.) in Vertical Farms. *Horticulturae*, 11(4), 343. <https://doi.org/10.3390/horticulturae11040343>
- Jeavons, J. C. (2001). Biointensive Sustainable Mini-Farming: I. The Challenge. *Journal of Sustainable Agriculture*, 19(2), 49–63. [https://doi.org/10.1300/j064v19n02\\_06](https://doi.org/10.1300/j064v19n02_06)



- Mathenge, M., Sonneveld, B. G. J. S., & Broerse, J. E. W. (2022). Mapping the spatial dimension of food insecurity using GIS-based indicators: A case of Western Kenya. *Food Security*, 15(1), 243–260. <https://doi.org/10.1007/s12571-022-01308-6>
- Meenar, M. R. (2017). Using participatory and mixed-methods approaches in GIS to develop a Place-Based Food Insecurity and Vulnerability Index. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 49(5), 1181–1205. <https://doi.org/10.1177/0308518x16686352>
- Mills, E. (2025). The emergence of indoor agriculture as a driver of global energy demand. *Npj Sustainable Agriculture*, 3(1). <https://doi.org/10.1038/s44264-025-00091-z>
- Muñoz-Rodríguez, M., Fernández-González, C., Aguilar-Gallegos, N., & González-Santiago, M. V. (2020). The Primacy of Politics in Public Food Security Policies: The Case of Home Gardens. *Sustainability*, 12(10), 4316. <https://doi.org/10.3390/su12104316>
- Pérez, S. M., & Corral, E. I. A. (2026). Huertos universitarios y soberanía alimentaria: Activismo alimentario en contextos universitarios. Ediciones Comunicación Científica eBooks. <https://doi.org/10.52501/cc.434.05>
- Preibisch, K. L., Herrejón, G. R., & Wiggins, S. L. (2002). Defending Food Security in a Free-Market Economy: The Gendered Dimensions of Restructuring in Rural Mexico. *Human Organization*, 61(1), 68–79. <https://doi.org/10.17730/humo.61.1.b0xbdqk1lw37yy1j>
- Ray, D. K., West, P. C., Clark, M., Gerber, J. S., Prishchepov, A. V., & Chatterjee, S. (2019). Climate change has likely already affected global food production. *PLOS ONE*, 14(5), e0217148. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217148>
- Rivera-Núñez, T., García-Barrios, L., Benítez, M., Rosell, J. A., García-Herrera, R., & Estrada-Lugo, E. (2022). Unravelling the Paradoxical Seasonal Food Scarcity in a Peasant Microregion of Mexico. *Sustainability*, 14(11), 6751. <https://doi.org/10.3390/su14116751>
- Schneider, P., Rochell, V., Plat, K., & Jaworski, A. (2021). Circular Approaches in Small-Scale Food Production. *Circular Economy and Sustainability*, 1(4), 1231–1255. <https://doi.org/10.1007/s43615-021-00129-7>
- Sharma, A. (2023). Exploratory spatial analysis of food insecurity and diabetes: an application of multiscale geographically weighted regression. *Annals of GIS*, 29(4), 485–498. <https://doi.org/10.1080/19475683.2023.2208199>
- Sheller, M. (2021). Locational Technologies in Post-disaster Infrastructure Space. En *Disentangling* (pp. 41–60). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oso/9780197571873.03.0003>
- Song, S., Hou, Y., Lim, R. B. H., Gaw, L. Y. F., Richards, D. R., & Tan, H. T. W. (2022). Comparison of vegetable production, resource-use efficiency and environmental performance of high-technology and conventional farming systems for urban agriculture in the tropical city of Singapore. *Science of The Total Environment*, 807, 150621. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150621>
- Taylor, J. R. (2020). Modeling the Potential Productivity of Urban Agriculture and Its Impacts on Soil Quality Through Experimental Research on Scale-Appropriate Systems. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00089>



Thornton, P. K., Ericksen, P. J., Herrero, M., & Challinor, A. J. (2014). Climate variability and vulnerability to climate change: a review. *Global Change Biology*, 20(11), 3313–3328. <https://doi.org/10.1111/gcb.12581>

Wezel, A., Herren, B. G., Kerr, R. B., Barrios, E., Gonçalves, A. L. R., & Sinclair, F. (2020). Agroecological principles and elements and their implications for transitioning to sustainable food systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 40(6). <https://doi.org/10.1007/s13593-020-00646-z>

Wubetie, H. T., Zewotir, T., Mitku, A. A., & Dessie, Z. G. (2024). The spatial effects of the household's food insecurity levels in Ethiopia: by ordinal geo-additive model. *Frontiers in Nutrition*, 11. <https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1330822>

Zareba, A., Krzemińska, A., & Kozik, R. (2021). Urban Vertical Farming as an Example of Nature-Based Solutions Supporting a Healthy Society Living in the Urban Environment. *Resources*, 10(11), 109. <https://doi.org/10.3390/resources10110109>.