



ESPECIALIDAD EN GEOMÁTICA

TÍTULO:

“Tipologías para entornos alimentarios en contextos rurales de Puebla para el año 2020 y la relación con mala nutrición”

INTEGRANTES:

Mario Enrique Barba Flores

Karla Sofia Gómez Aguilar

Ma. Elena Murillo Gómez

PROFESORES:

Mtra. Cecilia Gutiérrez Nieto

Mtro. Luis Alejandro Castellanos Fajardo

ASESORES:

Dr. José Mauricio Galeana Pizaña

Dr. Juan Manuel Núñez Hernández

1. Introducción

- a. Planteamiento del problema
- b. Modelo de conocimiento
- c. Objetivos (generales y específicos)
- d. Antecedentes y contexto rural en Puebla

2. Solución Colaborativa

- a. Metodología y análisis

3. Resultados

- a. Propuesta de tipología
- b. Tipología y enfermedades asociadas a la mala nutrición

4. Conclusiones

5. Trabajos a futuro

6. Referencias



Introducción

- Planteamiento del problema

La mala nutrición se relaciona con los problemas asociados a una alimentación deficiente o excesiva y de calidad nutricional inadecuada; constituye uno de los mayores desafíos de salud pública a nivel global y representa uno de los principales factores vinculados a las enfermedades crónicas no transmisibles. La mala nutrición tiene repercusiones en la salud y el bienestar de las personas, así como en su desarrollo físico y cognitivo y en sus medios de subsistencia, durante todo el ciclo vital y de una generación a otra (FAO *et al.*, 2019).

Según estadísticas de la OMS, las enfermedades crónicas no transmisibles, tales como las enfermedades cardiovasculares, el cáncer, las enfermedades respiratorias crónicas y la diabetes, representaron “el 74% de las defunciones en el mundo en 2019” (OMS, 2020). En América Latina y el Caribe, estas enfermedades “son la causa principal de muerte prevenible y prematura” (OPS-OMS, 2017).

De acuerdo con los resultados de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2019, en México, “en las últimas dos décadas algunas de las comorbilidades asociadas con la obesidad, como diabetes e hipertensión, contribuyen a un gran porcentaje de mortalidad, discapacidad y muerte prematura en la población” (Barquera *et al.*, 2020). Los costos derivados de la mala nutrición en México representan el 2.3% del Producto Interno Bruto anual, lo que equivale a 28 mil 800 millones de dólares (CEPAL, 2017).

Durante las últimas décadas, la influencia y el poder de los diversos actores que afectan la producción de alimentos ha aumentado. Las grandes empresas transnacionales han extendido la comercialización de alimentos ultraprocesados (ricos en carbohidratos refinados, grasa, azúcar y sal) en la mayoría de la población con ingresos bajos y medios. Esto ha propiciado acelerados cambios en el sistema alimentario a nivel global (Popkin, 2020).

Particularmente en México (sobre todo a partir de los Tratados de Libre Comercio firmados a principios de los noventa) ha aumentado la dependencia de la importación de alimentos, así como el consumo de ultraprocesados, lo que ha afectado la seguridad alimentaria en nuestro país (Gálvez, 2022).

- Modelo de conocimiento

Nuestro modelo de conocimiento está fundamentado en el concepto de sistema agroalimentario, concepto que ayuda a entender el medio ambiente, las personas, los insumos, las instituciones y la infraestructura en relación con las actividades de producción, procesamiento, distribución, preparación y consumo de alimentos, así como sus consecuencias socioeconómicas y ambientales (Fig.1). Están conformados por tres componentes: 1) las cadenas de suministro de alimentos, 2) los entornos alimentarios y 3) los consumidores (Reyes-Puente *et al.*, 2022).



Figura 1. Esquema de sistema agroalimentario. (fuente: Elaboración propia)

El presente estudio se centrará en los entornos alimentarios, concepto que se refiere al contexto físico, económico, político y sociocultural que determina la interacción de los consumidores con el sistema alimentario durante la adquisición, preparación y consumo de alimentos (HLPE, 2017). Es decir, a las condiciones económicas, políticas y socioculturales que enmarcan la interacción de las personas con el sistema alimentario y dan forma a las decisiones sobre la adquisición y el consumo de alimentos (Fig. 2). Entender las características de los entornos alimentarios, es fundamental para explicar el creciente consumo de alimentos ultraprocesados y diseñar estrategias para afrontar la obesidad, la desnutrición y

otras enfermedades vinculadas con una mala alimentación, tales como la diabetes, la hipertensión y las cardiopatías isquémicas.



Figura 2. Esquema de entorno alimentario. (fuente: Elaboración propia)

A fin de comprender mejor los entornos alimentarios, resulta importante abordarlos desde sus cuatro dimensiones: físico (proximidad a los espacios en los que se compran y obtienen los alimentos), económico (depende de los ingresos y el poder adquisitivo de los consumidores), político (marcos legales y programas que influyen en las elecciones alimentarias de los consumidores) y sociocultural (que hace referencia a los valores culturales que determinan el consumo de alimentos).

El estudio de los entornos alimentarios se ha enfocado principalmente en zonas urbanas, que a partir de análisis de proximidad (distribución espacial de la oferta de alimentos) y asequibilidad (ingresos de la población para acceder a los insumos alimentarios), han categorizados los espacios urbanos en desiertos, oasis y pantanos. Los desiertos son definidos como áreas desfavorecidas donde los residentes tienen barreras para acceder a alimentos nutritivos y asequibles. Por el contrario, la segunda categoría son los oasis, definidos como áreas privilegiadas donde los residentes tienen acceso a una alimentación saludable y diversa. Finalmente, los pantanos son áreas donde se presenta una sobreoferta de alimentos ultraprocesados con alto contenido calórico (Reyes-Puente *et al.*, 2022).

La mayoría de las investigaciones sobre entornos alimentarios han abordado contextos urbanos, principalmente en países desarrollados, como Estados Unidos y Australia (Bridget *et al.*, 2011); a pesar de que hay una carencia de trabajos sobre este tema en países en desarrollo, en México, recientemente se han construido modelos espaciales para caracterizar los entornos alimentarios rurales (Galeana Pizaña, 2020 y Galeana Pizaña *et al.*, 2021).

La investigación basada en el análisis de entornos alimentarios está en sus primeras etapas, por lo que nuevos trabajos sobre el tema representan contribuciones importantes para comprender el efecto de la disponibilidad de comida en las elecciones que hacen las personas para su alimentación.

El presente trabajo se enfocará en los entornos alimentarios en zonas rurales de Puebla y busca aportar un panorama de los cambios a lo largo de las últimas décadas en el campo mexicano y de la configuración de las dietas de la población rural.

- **Objetivo general**

Construir una tipología de los entornos alimentarios rurales en Puebla y explorar su relación con respecto a las dinámicas de enfermedades asociadas a la mala nutrición.

- **Objetivos específicos**

- Probar el método de agrupación espacial multivariante para categorizar entornos alimentarios.
- Caracterizar las principales fuentes de abasto de alimentos en contextos rurales de Puebla para estimar los niveles de accesibilidad.
- Identificar las principales enfermedades relacionadas a problemas alimentarios para analizar relaciones con respecto a la tipología propuesta.

- **Antecedentes y contexto rural en Puebla**

La situación del campo en México ha cambiado drásticamente a lo largo de los últimos cincuenta años, debido principalmente a las modificaciones impulsadas por el modelo de desarrollo neoliberal de índole global, guiado por dinámicas

transnacionales. Desde los años noventa “Fenómenos como la desagrarización del campo, el incremento de los ingresos no agrícolas, la pluriactividad, la caída en la participación de la agricultura dentro del empleo y el producto, el envejecimiento rural, la feminización del campo y el reconocimiento de la multifuncionalidad de la agricultura” forman parte del diagnóstico del estado actual de las sociedades rurales (Hernández Flores, 2013).

Con la puesta en marcha del modelo neoliberal en México se llevaron a cabo importantes reformas a las leyes agrarias, lo que reconfiguró la propiedad de la tierra en el campo mexicano, a la vez que atrajo a inversores y grandes productores que desde entonces han optado por los monocultivos y el uso de insumos agroindustriales en todo el proceso agrícola, desde las semillas modificadas genéticamente hasta el uso pesticidas y fertilizantes industriales.

A su vez, se han reducido los apoyos del estado a los pequeños agricultores. Esta política repercutió en el decremento de los rendimientos de maíz e ingresos económicos de los trabajadores del campo, lo que ha acentuado la emigración de la población rural hacia Estados Unidos y el desplazamiento de la población hacia las zonas más urbanizadas del país.

“Los costos sociales y económicos de la política neoliberal han tenido un impacto negativo en la gran mayoría de la población, lo que ha llevado a la disminución de la calidad de vida de un alto porcentaje de sus habitantes, es decir, que aumentó el número de personas viviendo en pobreza y pobreza extrema” (Castillo Ordóñez *et al.*, 2007).

Ante esta situación, resulta fundamental esbozar un diagnóstico de la situación actual del campo en México, particularmente este estudio se enfocará en el Puebla, por ser un estado mayoritariamente agrícola con fuertes bases campesinas e indígenas, que pudiera ser representativo de las condiciones rurales de México debido a su diversidad cultural y ambiental. A partir de un análisis de los entornos alimentarios rurales de Puebla, se intentará evidenciar las repercusiones de las políticas neoliberales en la alimentación de la población rural y la expansión de los centros de venta con baja calidad nutricional, lo que ha tenido incidencia en las actuales tasas de obesidad y desnutrición, así como otras enfermedades propiciadas por una mala alimentación.

En 2010 alrededor de 49.9 millones de personas padecieron inseguridad alimentaria en México. Las nuevas dinámicas rurales han hecho que las actividades agrícolas pasen a ser complementarias, lo que ha generado una pérdida de identidad con el cambio de dietas y el alto consumo de productos externos, con una importación de

al menos 35% del consumo interno en el país que ha provocado problemas de salud como el sobrepeso (Marcial Romero *et al.*, 2019).

Puebla: características geográficas y sociodemográficas

La superficie total del estado es de 3 millones 429 mil hectáreas (ocupa el lugar 21 a nivel nacional). Tiene una población total de 6 millones 583 mil 278 habitantes (es el 5to estado con mayor población a nivel nacional), de los cuales 73% corresponden a población urbana y el 27% a población rural.

El Estado de Puebla está conformado por siete regiones que responden no sólo a cuestiones geográficas, sino también a divisiones culturales y sirven como impulsoras socioeconómicas, en ellas existe gran variedad de microclimas, de cultivos y de valores culturales asociados a los procesos de producción: Sierra Norte, Sierra Nororiental, Valle Serdán, Angelópolis, Valle de Atlixco y Matamoros, Mixteca y Tehuacán y Sierra Negra (INCA Rural A.C., 2013) (Fig. 3).

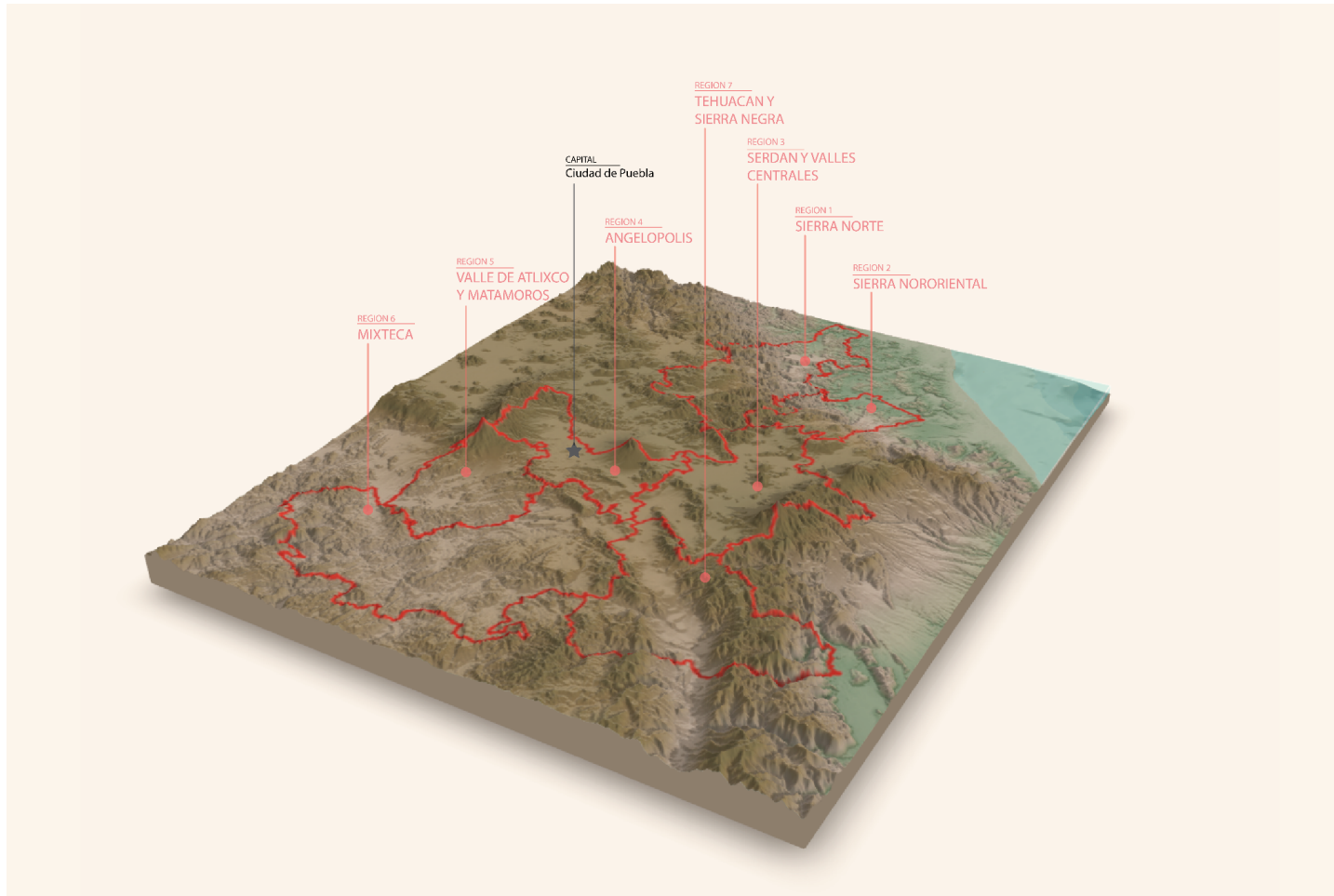


Figura 3. Mapa de Regiones en Puebla (fuente: Elaboración propia)

El considerar estas regiones en nuestro análisis será de utilidad para explicar los entornos alimentarios de las localidades rurales de Puebla, ya que en algunos casos la geografía de las zonas de sierra es un factor determinante para la accesibilidad a centros de distribución de alimentos, asimismo, la identidad indígena de algunas regiones tiene relación con altos niveles de marginación y limitada accesibilidad a unidades económicas.

De esta manera, resulta fundamental para el análisis distinguir entre las localidades rurales que tienen acceso a alimentos que provienen del exterior y los que, mayoritariamente, dependen del autoconsumo y de la producción local para satisfacer sus necesidades alimentarias.

La mencionada reconfiguración del campo mexicano a partir de las políticas neoliberales ha ocasionado importantes cambios en los estilos de vida campesinos, que incluían, por lo general, parcelas de subsistencia para asegurar el abasto de alimentos. Además, en los últimos cincuenta años ha aumentado significativamente la migración hacia Estados Unidos y a las principales zonas urbanas del país, lo que ha significado un sostenido abandono del campo y de las actividades agrícolas. Esto debido a que la migración representa una alternativa de los campesinos para hacer frente a los problemas económicos en el campo y lograr mantener la economía familiar.

Puebla tradicionalmente no destacaba entre los principales estados con población migrante hacia Estados Unidos, tales como Jalisco y Michoacán, seguidos por Zacatecas, Guanajuato, Oaxaca y San Luis Potosí. Sin embargo, desde hace una década, “Puebla es uno de los estados que en los últimos veinte años se ha convertido en un importante expulsor de migrantes hacia los Estados Unidos. Aunque las zonas centro y sur del estado eran reconocidas por tener un mayor flujo migratorio, las del norte empiezan a entrar en esta dinámica” (Eliosa-Martínez, 2012).

Además de la creciente migración hacia los Estados Unidos (en 2020 emigraron poco más de 25,000 personas), en Puebla se ha dado una importante migración del campo hacia las ciudades. En los últimos 20 años la población urbana aumentó de 35.7% en el año 2000 al 73% en 2020 (Fig. 4).

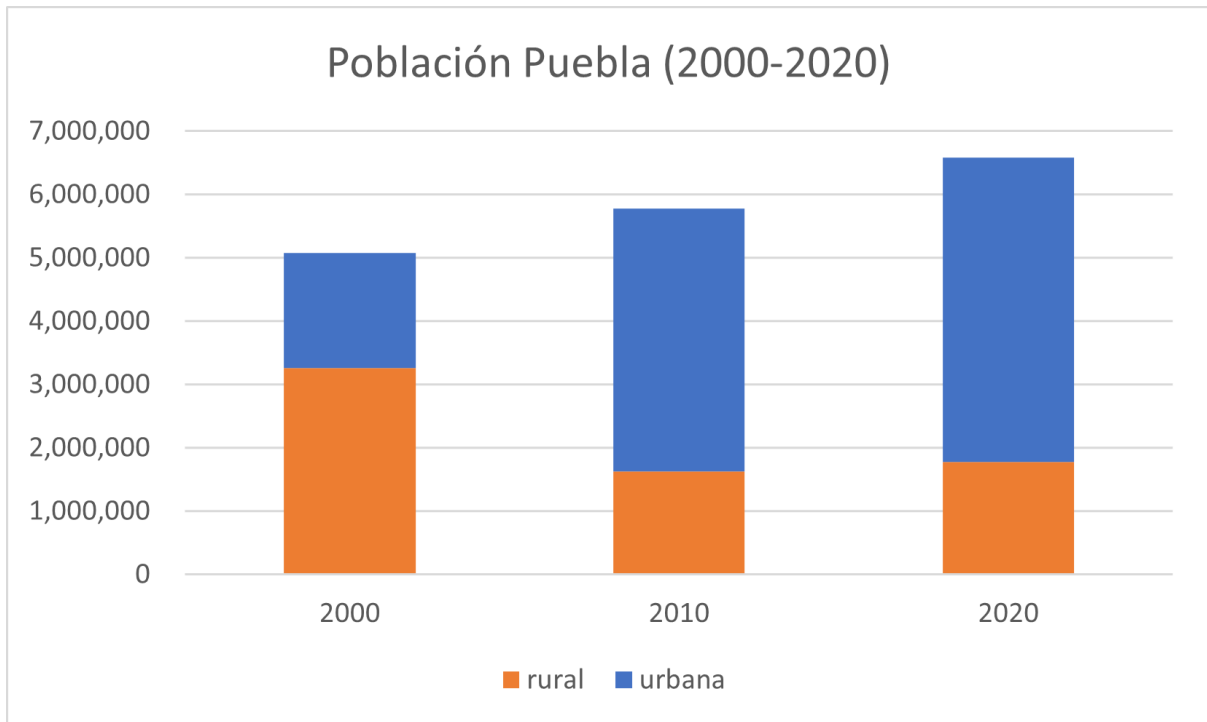


Figura 4. Población rural y urbana en Puebla.

Según datos de CONEVAL, 62% de los habitantes de Puebla se encuentran en situación de pobreza y 30% presentan problemas de acceso a alimentación nutritiva y de calidad.

- Tradiciones agrícolas y principales cultivos

Puebla tiene una tradición agrícola cuyo origen se remonta a las culturas prehispánicas que habitaron estos territorios con raíces olmeca, totonaca, nahua, mixteca, zapoteca y otomí. Las variedades de cultivos que fueron domesticados en estas tierras perduran hoy en día y se siguen sembrando variedades de maíces que ahora se consideran en declinación o en peligro de extinción, tal es el caso del Cónico norteño, Elotes cónicos y Pepitilla. También se registraron por todo el estado de Puebla, otras variedades nativas como el Arrocillo, Arrocillo amarillo, Bolita, Palomero, Cacahuacintle, Tepecintle y Chalqueño (Boege Schmidt, 2008).

El patrimonio biocultural de los pueblos indígenas no solo se limita al maíz, sino que también se cultivan desde hace siglos el frijol, la calabaza, el jitomate y más

recientemente, Puebla ha consolidado como uno de los estados en donde se desarrolla el manejo orgánico de café bajo sombra, además de ser un importante productor de aguacate, manzanas, duraznos, peras y otros frutales.

Distinguir las regiones de Puebla resulta útil para este estudio en la medida en que nos permite identificar los municipios con mayores volúmenes de producción de cada región, lo que pudiera ser indicativo de las zonas más fértiles y con mayor potencial para abastecer de alimentos a la población rural de Puebla, sobre todo, aquella que está en algún tipo de inseguridad alimentaria (Fig. 5 - 10).

A su vez, el análisis de los volúmenes de producción agrícola puede aportar información relevante para el presente estudio al ayudar a distinguir los municipios con mayor producción de cada uno de los principales cultivos. Esto resulta fundamental para identificar los cultivos que mejor se adaptan a las diferentes regiones y sus particulares condiciones geográficas y climáticas.

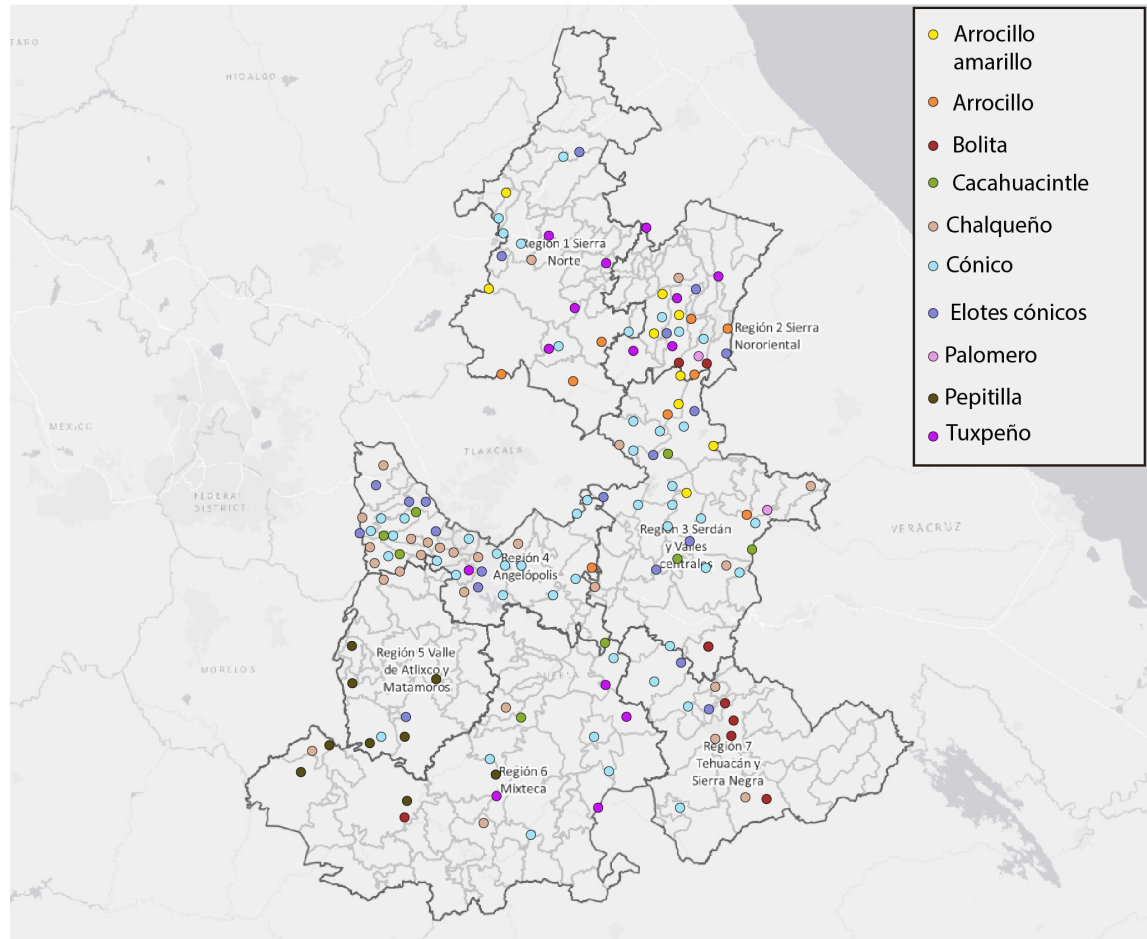


Figura 5. Distribución de maíces nativos en Puebla. Elaboración propia a partir de mapas publicados en Boege Schmidt (2008)

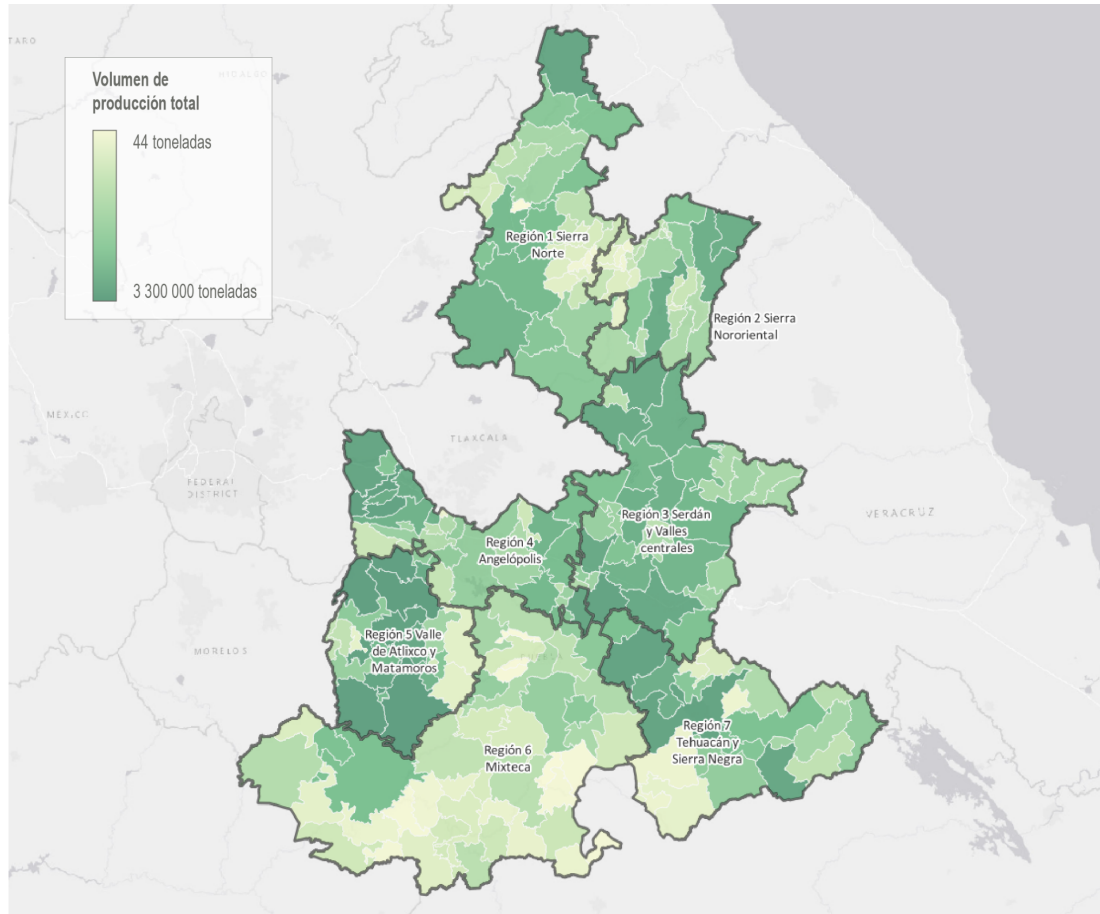


Figura 6. Volumen de producción total por municipio. Elaboración propia con datos del SIAP 2020

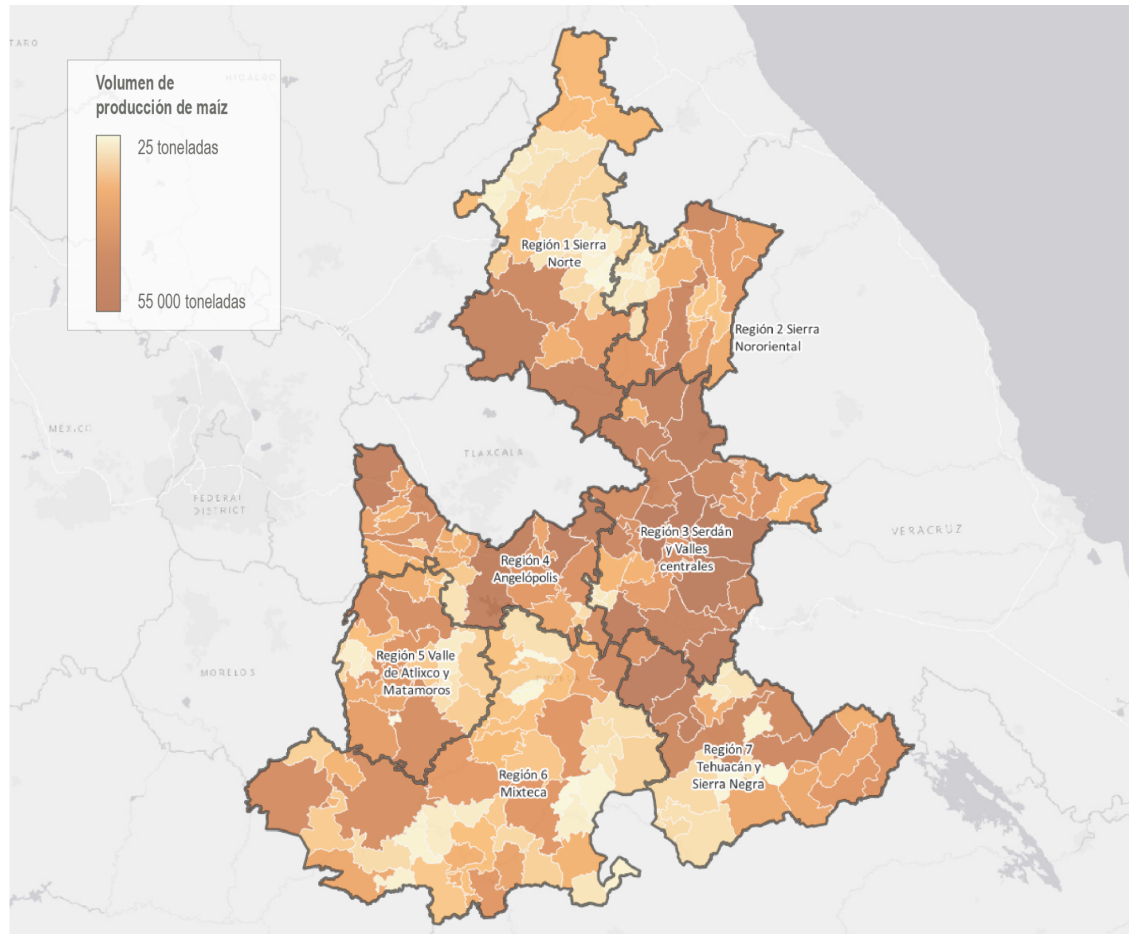


Figura 7. Volumen de producción de maíz por municipio. Elaboración propia con datos del SIAP 2020

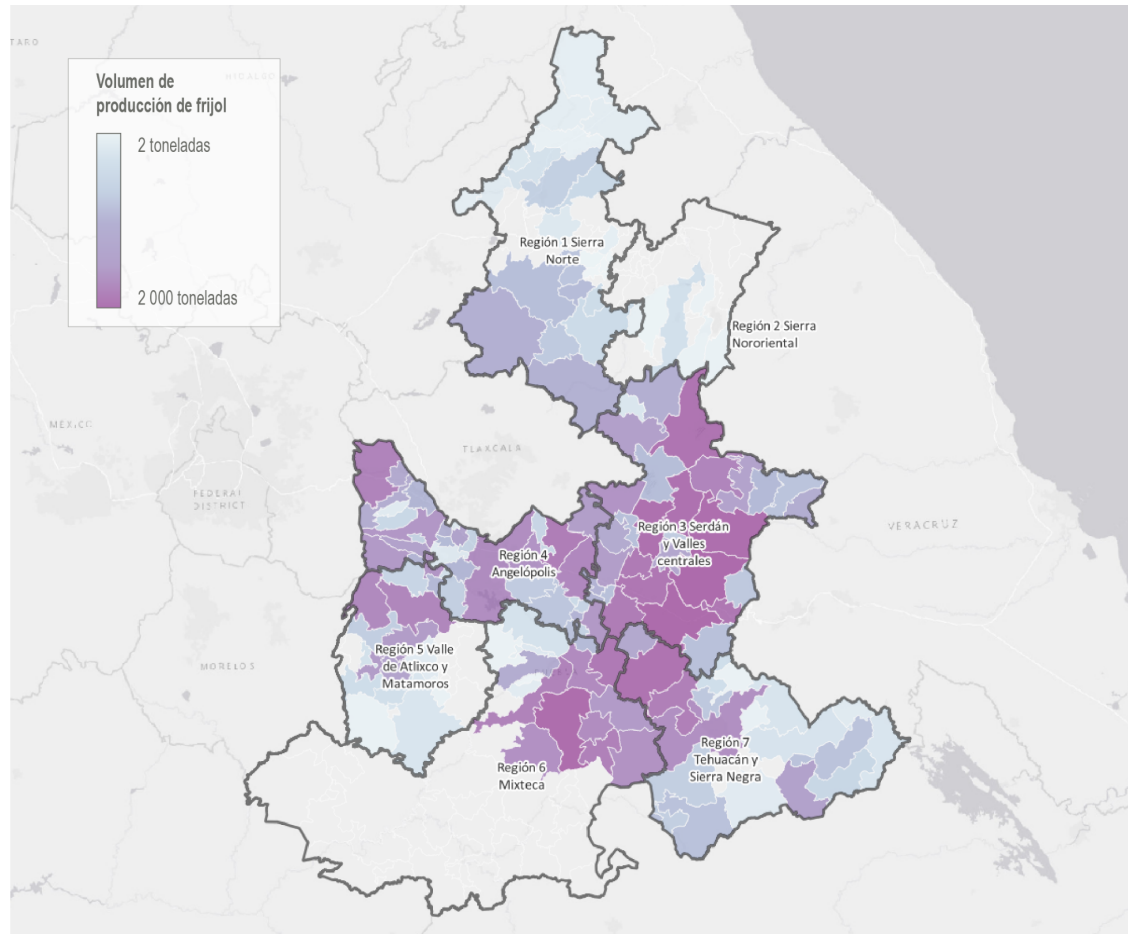


Figura 8. Volumen de producción de frijol por municipio. Elaboración propia con datos del SIAP 2020

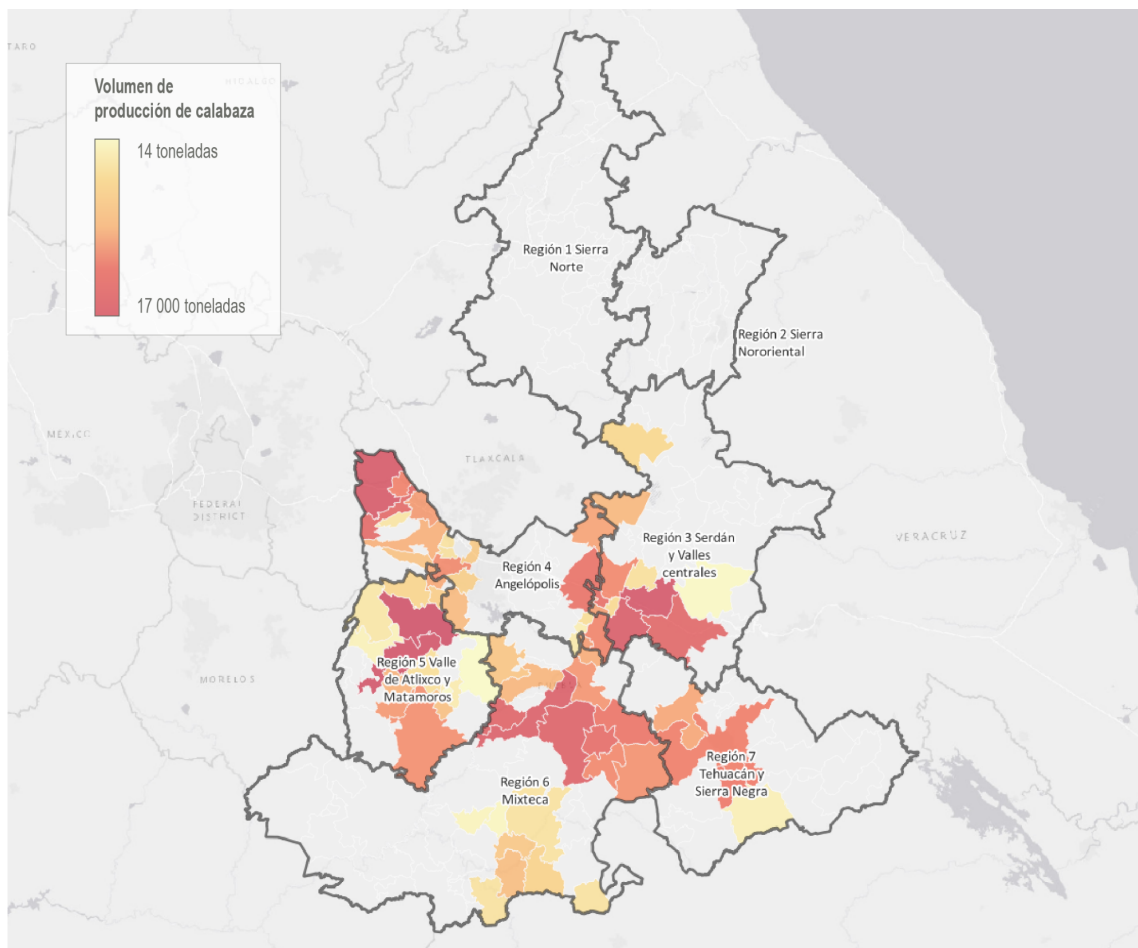


Figura 9. Volumen de producción de calabaza por municipio. Elaboración propia con datos del SIAP 2020

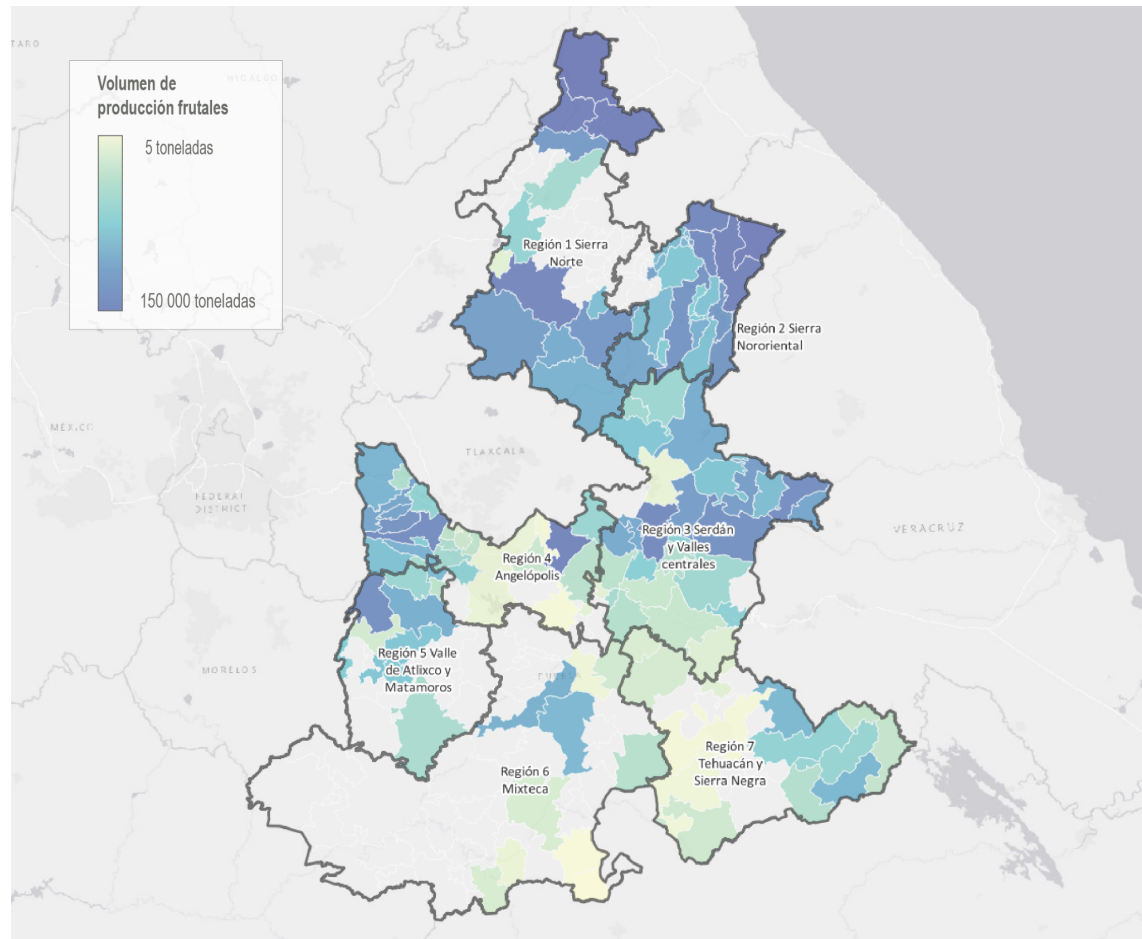


Figura 10. Volumen de producción de frutales por municipio. Elaboración propia con datos del SIAP 2020

Programas de fomento a la agricultura

En Puebla, desde la década de los sesenta, se implementó el modelo del llamado Plan Puebla, que consistió en una serie de incentivos para mejorar las condiciones de producción en las parcelas y consolidar alianzas entre los agricultores. Este modelo ayudó a consolidar el papel central de Puebla en la producción agropecuaria del centro del país, lugar que aún ocupa hoy en día.

El Plan Puebla surgió como programa agrícola regional para abordar la problemática de la escasez de alimentos, los bajos ingresos y la nutrición deficiente prevaleciente entre la población rural del valle de Puebla, comenzó en la década de 1960 y operó hasta 1992, mediante una estrategia para mejorar los rendimientos de maíz de temporal de los pequeños productores del estado de Puebla. “Los éxitos del Plan se lograron mediante una serie de acciones en las que interaccionan los distintos actores (instituciones-productores-técnicos) para difundir un conjunto de recomendaciones que el agricultor debió seguir para aumentar sus rendimientos en el corto plazo” (Huesca Mariño, 2019).

El modelo del Plan Puebla fue tan eficiente que fue replicado en varios estados del país, incrementando los rendimientos agrícolas con el uso extensivo de agroquímicos y ayudando a fortalecer los consorcios de agricultores, lo que permitió regular los precios de los productos agrícolas y disminuir el coyotaje y los intermediarios en los procesos de distribución y comercialización de los alimentos.

El Plan Puebla resultó un programa muy eficiente para mejorar la productividad agrícola, en gran medida porque consideraba a las organizaciones campesinas y los lazos de solidaridad entre ellas, por lo que se crearon asociaciones de productores tan emblemáticas como la Unión de Cooperativas Tosepan.

Una vez finalizado el programa del Plan Puebla a principios de los noventa, hubo una significativa reducción de los apoyos agrícolas hasta que, en 2010 como parte de la Cruzada Nacional contra el Hambre, se puso en marcha el programa de Modernización Sustentable de la Agricultura Tradicional (MasAgro), que hasta 2020 fue una estrategia plurianual que ofreció capacitación en prácticas agronómicas mejoradas de conservación y precisión, así como semilla de alto rendimiento mejorada.

La estrategia central de MasAgro para desarrollar, difundir y mejorar las tecnologías consistió en implementar una red de nodos o redes de excelencia enfocados a

sistemas de producción específicos, con la finalidad de desarrollar y promover un conjunto de tecnologías dirigidas a los productores agrícolas de maíz.

A pesar de que MasAgro fue un programa ambicioso, los productores no lo consideraron tan relevante y en general se consideró como poco útil, debido a que “las sugerencias (paquetes tecnológicos y maquinaria para agricultura de conservación) fueron de altos costos económicos y la poca viabilidad para aplicar todas las sugerencias tecnológicas en las parcelas pequeñas que poseen” (Huesca Mariño, 2019).

Solución colaborativa

- Metodología y análisis

La metodología se desarrolló en tres etapas:

1. Delimitación de las unidades espaciales de análisis.
2. Propuesta de tipificación de las unidades de análisis en categorías de entornos alimentarios.
 - a) Procesamiento de los datos asociados a entornos alimentarios.
 - b) Modelado de agrupamiento espacial multivariante utilizando k-medoids.
3. Relación entre la tipificación de los entornos alimentarios rurales, con respecto a las defunciones por enfermedades asociadas a una mala nutrición.
 - a) Estimación de tasas de mortalidad para cada enfermedad de interés por área de control.
 - b) Pruebas estadísticas para comparar las tasas de mortalidad, de las enfermedades de interés, con relación a la tipología de entorno alimentario propuesta.

- Delimitación de las unidades espaciales de análisis

Las unidades de análisis utilizadas en este trabajo son las *áreas de control*, establecidas por el INEGI para el control operativo de Censos y Encuestas Agropecuarias, con la finalidad de tener mayor detalle de referencia en el área rural.

Un área de control es una subdivisión del Área Geoestadística Básica Rural (AGEB rural), del Marco Geoestadístico Nacional, “*se trata de polígonos delimitados por rasgos físicos naturales y culturales, reconocibles en campo, que cuentan en su interior con uno o más terrenos, los cuales pueden tener uso del suelo de tipo agropecuario o forestal, y diferentes tipos de tenencia*” (INEGI, 2016).

En Puebla existen 9,642 áreas de control, sin embargo, en este trabajo únicamente se analizaron las que contienen localidades rurales, es decir aquellas localidades con una población menor a 2,500 habitantes, que no son cabeceras municipales, de

acuerdo con el Marco Geoestadístico del Censo Nacional de Población y Vivienda 2020 (Censo 2020) (INEGI, 2020). Finalmente, se obtuvieron 3,566 áreas de control como unidades análisis (Fig. 11).

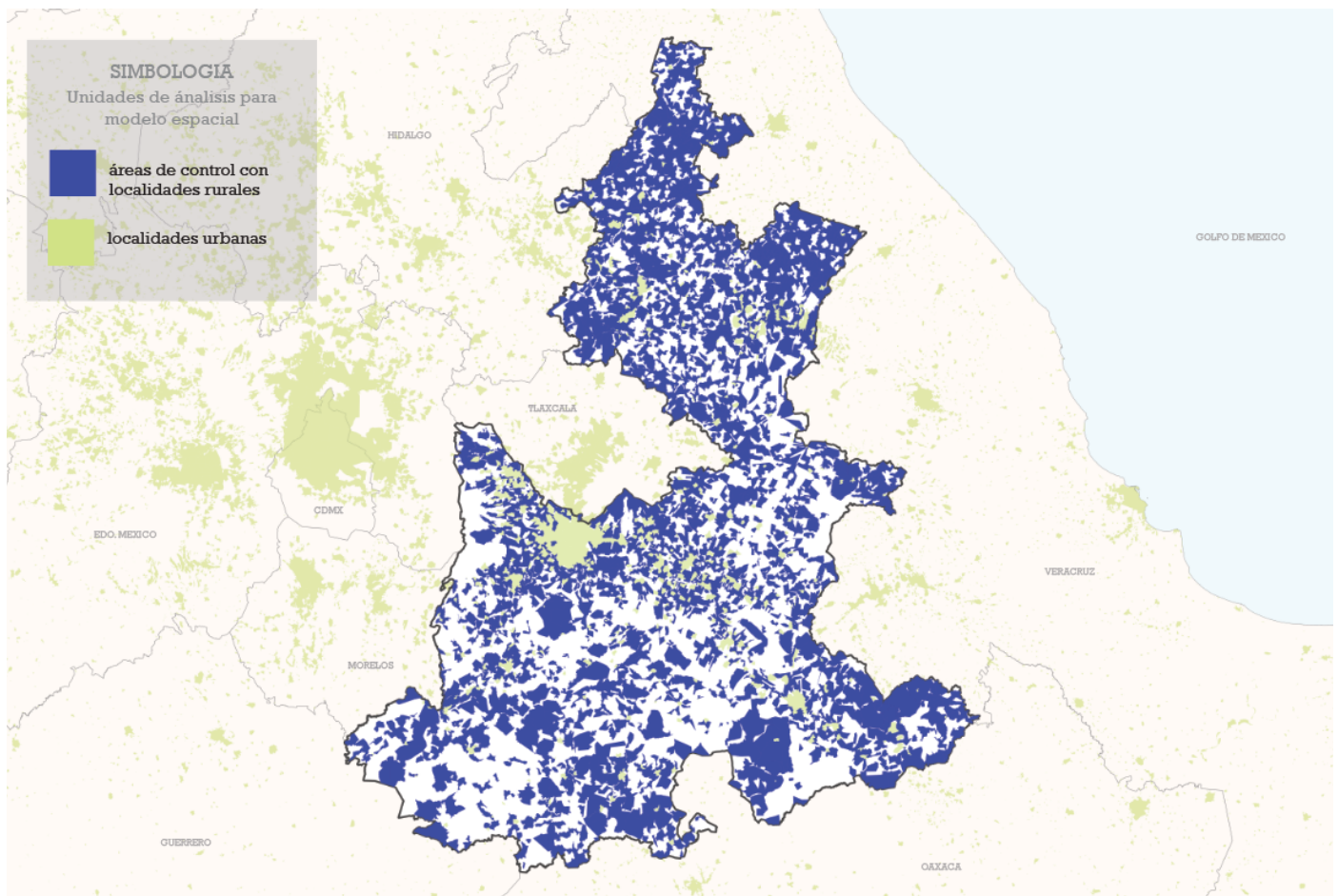


Figura 11. Mapa de las 3566 áreas de control delimitadas como unidades de análisis, por contener localidades rurales (fuente: Elaboración propia)

- Propuesta de tipificación de las unidades de análisis en categorías de entornos alimentarios

Los estudios de entornos alimentarios se han enfocado principalmente a contextos urbanos de países de altos ingresos (Turner *et al.*, 2020), en dichos estudios comúnmente se utilizan las categorías oasis, pantano y desierto, de acuerdo con la

proximidad de los consumidores a los puntos de venta, y la calidad nutricional de los alimentos que se ofertan (Bridle-Fitzpatrick, 2015).

Considerando que existe un vacío de información sobre entornos alimentarios rurales, nuestra propuesta de tipología se construyó a partir del acomodo natural de datos de interés, en tres vectores medios, obtenidos a partir del modelo de agrupación multivariada k-medoids. Estos vectores medios, o categorías, se diferencian por sus características, en términos de consumo local, mixto y externo.

Tomando en cuenta los componentes de los entornos alimentarios, a continuación, se presentan las variables utilizadas en el modelo de agrupación multivariada, así como las fuentes de información (Cuadro 1):

Cuadro 1. Variables y datos utilizados en el modelo de agrupación multivariada.

Componente	Variable y fuente de datos	Descripción
Acceso físico	Tiempo de traslado en minutos a unidades económicas de venta de alimentos, elaboración propia. Localización puntual de unidades económicas del DENUE, 2020.	Distancia a los siguientes tipos de unidades económicas: tiendas de abarrotes, tiendas de conveniencia, supermercados, establecimientos de comida rápida, establecimientos con alimentos de valor nutricional medio (p.e. rosticerías), fondas y restaurantes, centrales de abasto y mercados públicos.
	Índice de marginación, CONAPO, 2020.	Mide el impacto de las carencias que padece la población debido a la falta de acceso a la educación, residencia en viviendas inadecuadas y carencia de bienes.
Acceso económico	Destino de la producción agrícola (Galeana-Pizaña, 2020) a partir de los datos del Censo Agropecuario y Ejidal 2007 del INEGI.	Medida de los ingresos obtenidos por la producción agrícola, de acuerdo con la categorización de áreas de control, en función del porcentaje dominante del destino de la producción agrícola: subsistencia, mixto, empresarial de base familiar y empresarial.
	Diversidad de cultivos en las unidades de producción, (Galeana-Pizaña, 2020) a partir de los datos del Censo Agropecuario y Ejidal 2007 del INEGI.	Medida del acceso a alimentos variados que permitan a los pobladores satisfacer sus necesidades nutricionales.
Componente sociocultural	Superficie promedio de las unidades de producción (ha), elaboración propia, a partir	Se utilizó para explorar las características de las unidades de producción en conjunto con la diversidad de cultivos.

	del Marco Censal Agropecuario 2016.	
	Cobertura de las redes móviles 3G y 4G, Idegeo, 2020.	Mide la exposición a la publicidad, promoción e información sobre alimentos, tanto de alta como baja calidad nutricional.
	Porcentaje de población que habla una lengua indígena, elaboración propia, ITER, 2020.	Medida de la presencia de población indígena; los hábitos alimenticios ancestrales, como la dieta mesoamericana, son ejemplos valiosos de gestión de la biodiversidad y riqueza nutricional (Castillo, 2020), se tomó como argumento para inferir del conocimiento de los habitantes para preparar y usar alimentos locales.
	Tiempo de traslado en minutos a escuelas de cualquier nivel educativo, elaboración propia	Distancia a escuelas, considerándolas espacios en los que la población puede tener acceso a educación nutricional y programas alimentarios. La presencia de escuelas, puede reducir la marginación y desigualdad de los habitantes rurales al mejorar el acceso a la educación y el desarrollo de competencias laborales.
Componente político	Tiempo de traslado en minutos a tiendas Diconsa, elaboración propia.	Distancia a tiendas que forman parte del Programa de Abasto Rural, a cargo de Diconsa, dirigido a mejorar el acceso físico y económico de alimentos, a través de puntos de venta distribuidos en localidades rurales de alta y muy alta marginación.
	Tiempo de traslado en minutos a centros de desarrollo comunitario, elaboración propia (OSM, 2022).	Distancia a centros comunitarios en los que se tiene acceso a programas sociales y apoyos dirigidos a mejorar la alimentación de grupos vulnerables.

Finalmente, todos los datos correspondientes a las variables mencionadas, después de su procesamiento, se agruparon a nivel de área de control.

Modelo para la estimación de tiempos de traslado

El tiempo de traslado, en minutos, a las distintas unidades económicas, escuelas primarias y centros comunitarios se estimó utilizando el modelo *Travel Time Cost Surface* (Frakes *et al.*, 2015). Este modelo genera un mapa ráster, del área de interés definida por el usuario, en el que los valores de cada celda corresponden al

tiempo de traslado requerido para llegar a una celda determinada desde uno o varios sitios puntuales de inicio.

El tiempo de traslado se modela en función de las variables de costo y velocidad, definidas por el usuario. La variable costo define el peso o impedancia de trasladarse a través de una celda, mientras que, la velocidad a la que el movimiento ocurre en la celda, es una función de la velocidad promedio a pie, definida por el usuario, y la pendiente, exceptuando las partes en las que está presente la red de caminos, en éstas la velocidad es igual al límite de velocidad definido para un camino determinado (Frakes *et al.*, 2015).

La ventaja del modelo es que para su funcionamiento requiere de productos de información geoespacial fácilmente obtenibles (sitios puntuales de inicio y modelo digital de elevación) y puede adecuarse a las características del área de interés, con insumos adicionales (capa de uso de suelo y vegetación con un valor de transitabilidad asociado para cada categoría y red de caminos con el límite de velocidad).

Los insumos utilizados en el modelo *Travel Time Cost Surface* en este trabajo fueron:

Indispensables:

- a) Sitios puntuales de inicio: capas puntuales con la localización de las unidades económicas, incluidas tiendas Diconsa, escuelas y centros comunitarios.
- b) Modelo digital de elevación: Continuo de Elevaciones Mexicano 3.0 del INEGI.
- c) Velocidad normal de caminata en millas por hora: 5.5 mph
- d) Tiempo de traslado máximo (determina un límite de tiempo de traslado, tiempos mayores a este se despliegan como “sin dato”): 2880000 segundos, es decir 800 horas, de manera que despliegue datos para toda el área de interés sin restricciones.
- e) Pendiente máxima transitable: 80 grados, define cuando una pendiente se convierte en una barrera absoluta.

Opcionales para adecuar al área de interés:

- a) Capa de uso de suelo y vegetación con un valor de transitabilidad asociado para cada categoría, en términos de la proporción de velocidad máxima de traslado posible, los valores van entre 0 y 1, siendo 0 una barrera absoluta y 1 indica la

ausencia de barreras (Cuadro 2). Capa elaborada por Núñez *et al.*, 2021 a partir de la serie de uso de suelo y vegetación VI (INEGI, 2016).

Cuadro 2. Transitabilidad por tipo de uso de suelo y vegetación a partir de la serie de uso de suelo y vegetación VI (INEGI, 2016). Fuente: Núñez *et al.* (2021).

Categorías de uso de suelo y vegetación	Transitabilidad
Agricultura	0.80
Asentamientos humanos	0.95
Bosques	0.66
Cuerpos de agua	0
Matorrales	0.70
Otros	0.56
Pastizales	0.80
Selvas	0.68

b) Red de caminos: capa de polilíneas con una velocidad asociada, en este caso el límite de velocidad determinado para cada vía. Se utilizó la Red Nacional de Caminos del Instituto Mexicano del Transporte.

Asumiendo que los pobladores de las localidades rurales de Puebla no se limitan a obtener sus alimentos, y a asistir a escuelas y centros comunitarios, únicamente dentro de las fronteras del estado, se incorporaron las unidades económicas, tiendas Diconsa, escuelas y centros comunitarios de los municipios, de estados adyacentes, que colindan en primer orden con los límites de Puebla. Asimismo, los productos de información geoespacial se recortaron incluyendo municipios adyacentes.

A continuación se presenta un ejemplo de mapa ráster resultado del modelo *Travel Time Cost Surface* (Fig. 12):

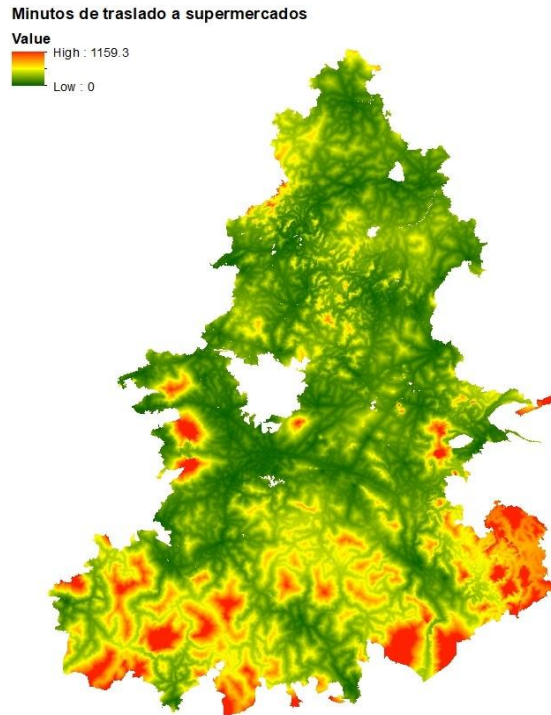


Figura 12. Ejemplo del ráster obtenido con el modelo Travel Time Cost Surface, las celdas representan valores de tiempo de traslado, en minutos, a supermercados.

Modelo de clustering para definir categorías de entornos alimentarios

El método de regionalización o clustering permite encontrar agrupaciones (clusters) de observaciones con atributos similares, de manera que, la similitud de las observaciones dentro de un grupo se maximiza y entre las observaciones de diferentes grupos se minimiza (Anselin, 2020).

Existen diversas técnicas para realizar un clustering, en este trabajo se utilizó el método basado en particiones (k-medoids), que consiste en general, en el siguiente proceso: a partir de una agrupación inicial (no óptima) de los datos en k grupos, se relocaliza cada dato hacia su dato más semejante y se actualizan los datos representantes de los grupos al calcular la suma mínima de las disimilitudes entre el dato representante del grupo y todos los datos que lo componen, se repite la relocalización y actualización hasta que se cumple la condición para detenerse, que puede ser un número predefinido de iteraciones o un valor umbral de distancia entre las observaciones de los grupos.

A diferencia de otros algoritmos de clustering, como k-means o k-medians, que usan centroides para inicializar las particiones, k-medoids utiliza un dato al azar, de los que componen conjunto de datos, y conforme avanzan las particiones, utiliza el medoide, es decir, el dato más representativo del grupo, aquel con la suma mínima de disimilitudes con otros datos. Esta característica hace a k-medoids más robusto porque es menos sensible a valores atípicos (Jin y Han, 2011).

- Relación entre la tipología de los entornos alimentarios rurales y la mortalidad de enfermedades asociadas a una mala nutrición

Para explorar la relación entre el número de defunciones provocadas por enfermedades asociadas a una mala nutrición, y la tipología propuesta de entornos alimentarios, se analizaron los datos abiertos de defunciones, disponibles en el sitio web de la Dirección General de Información en Salud (DGIS), de la Secretaría de Salud.

A partir de los registros de defunciones por localidad rural, acumulados entre 2013 y 2020, cuya causa haya sido desnutrición, diabetes mellitus tipo II, hipertensión arterial y cardiopatías isquémicas, se realizó una sumatoria de ocurrencias por enfermedad por área de control.

A fin de hacer los datos de defunciones por enfermedad comparables entre áreas de control con diferentes tamaños de población, se calcularon las tasas de mortalidad por cada 100,000 habitantes, para el periodo 2013 - 2020 por área de control.

- Pruebas estadísticas para comparar las tasas de defunción de las enfermedades con relación a la tipología de entorno alimentario de ocurrencia

Para determinar si existen diferencias entre las tasas de mortalidad de las cuatro enfermedades de interés, con relación a las categorías de entornos alimentarios de ocurrencia, se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, con un nivel de significancia de $p < 0.05$. Cuando las diferencias entre categorías de entornos

alimentarios fueron significativas, se aplicó la prueba de rangos con signo de Wilcoxon, con un nivel de significancia de $p < 0.05$, para identificar los pares de categorías significativamente diferentes.

Resultados

Propuesta de tipificación de las áreas de control en categorías de entornos alimentarios.

El modelo de agrupación obtenido por el algoritmo k-medoids explica el 78.5% de la varianza total de los datos, e indica que las áreas de control se pueden agrupar en tres distintas categorías (Fig. 13), de acuerdo con la accesibilidad para adquirir alimentos de origen local, mixto o externo. Los promedios de las variables consideradas para la tipificación, que resumen las características de cada categoría de entorno alimentario, se muestran en el Cuadro 3. Se puede observar que las áreas de control de consumo externo se localizan principalmente en las periferias de las localidades urbanas, mientras que, las de consumo local, se concentran en mayor medida en las regiones del sur del estado.

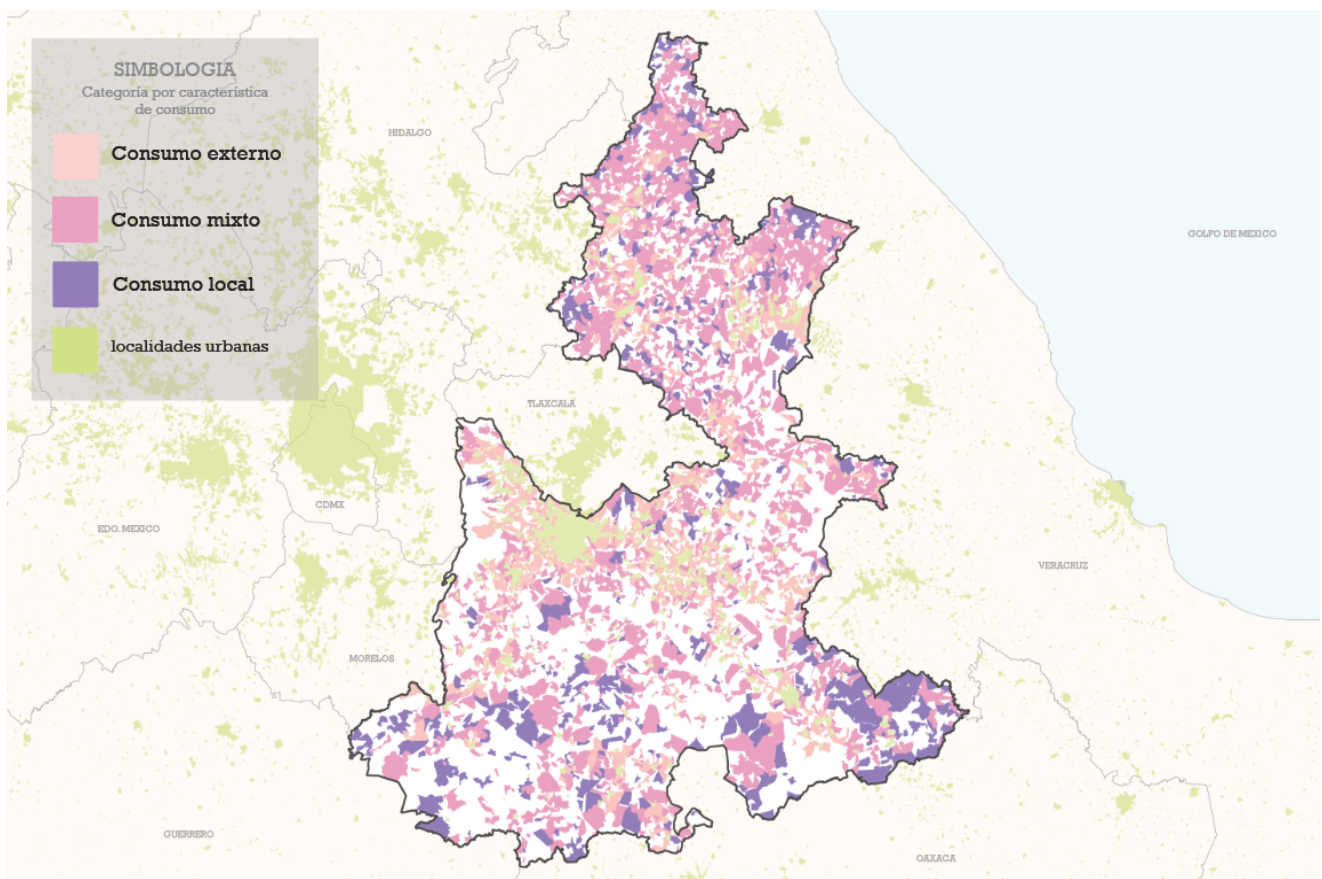


Figura 13. Mapa de tipologías para contextos rurales en Puebla (fuente: Elaboración propia).

Cuadro 3. Características promedio de cada categoría de entorno alimentario.

Categoría	Número de áreas de control y % que representan	Tiempos de traslado, en minutos, a unidades económicas											Índice de marginación	Destino de la producción agrícola	Índice de diversidad de cultivos	Tamaño de unidad de producción (ha)	% de superficie con cobertura 3G y 4G	% de población que habla lenguas indígenas
		Abarrotes	Tiendas de conveniencia	Supermercados	U.E. Grupo 1	U.E. Grupo 2	U.E. Grupo 3	Centrales de abasto	Mercados públicos	Tiendas Diconsa	Escuelas	Centros comunitarios						
Consumo local	552 (15.48%)	42.12	28.88	77.11	44.13	42.12	42.98	135.48	63.88	28.88	31.29	86.67	0.53	1.68	0.20	66.33	6.45	17.95
Consumo mixto	1,870 (32.08%)	11.24	7.10	36.06	12.63	11.10	11.88	88.12	31.61	7.10	5.16	49.72	0.65	2.26	0.23	32.45	15.61	17.25
Consumo externo	1,144 (52.44%)	5.33	7.73	19.40	5.75	5.10	5.82	60.19	20.65	7.73	2.76	35.94	0.72	1.61	0.30	13.01	75.54	7

Consumo local: mayores tiempos de traslado a las unidades económicas, los niveles más altos de marginación, destino de la producción agrícola entre subsistencia y mixto (entre subsistencia y empresarial de base familiar), baja diversidad de cultivos en las unidades de producción, las mayores superficies de unidades de producción, cobertura de servicios de telefonía móvil menores a 7% de la superficie total, mayor porcentaje (17.9%) de habitantes que hablan lenguas indígenas, y mayores tiempos de traslado a escuelas, centros comunitarios y tiendas Diconsa.

Consumo mixto: tiempos de traslado intermedios a las unidades económicas, excepto a las tiendas de conveniencia por ser la categoría que las tiene más cerca, los niveles de marginación son medios, el destino de la producción agrícola es mixto (entre subsistencia y empresarial de base familiar), tiene una diversidad media de cultivos en las unidades de producción, y tamaño medio de las unidades de producción, coberturas de servicios de telefonía móvil mayores a 15% de la superficie total, un porcentaje promedio alto (17.25%) de habitantes que hablan lenguas indígenas con respecto a las demás categorías, y tiempos de traslado intermedios a escuelas, centros comunitarios y tiendas Diconsa.

Consumo externo: menores tiempos de traslado a las unidades económicas, los niveles de marginación más bajos, destino de la producción agrícola entre subsistencia y mixto (entre subsistencia y empresarial de base familiar), alta diversidad de cultivos en las unidades de producción, tamaños pequeños de las unidades de producción, coberturas de servicios de telefonía móvil mayores a 75.54% de la superficie total, el menor porcentaje promedio (7%) de habitantes de que hablan lenguas indígenas y menores tiempos de traslado a escuelas, centros comunitarios y tiendas Diconsa.

Comparación de tasas de mortalidad por enfermedades relacionadas con una mala nutrición, en función de la tipología propuesta

A continuación, se presentan mapas de la distribución espacial, a nivel de áreas de control, de las tasas de defunción de las enfermedades de interés, estadísticas descriptivas por categoría de entorno alimentario y nivel de significancia de las diferencias entre las tasas de defunción por categoría de entorno alimentario (Figs. 14-21, Cuadros 4-7).

Desnutrición

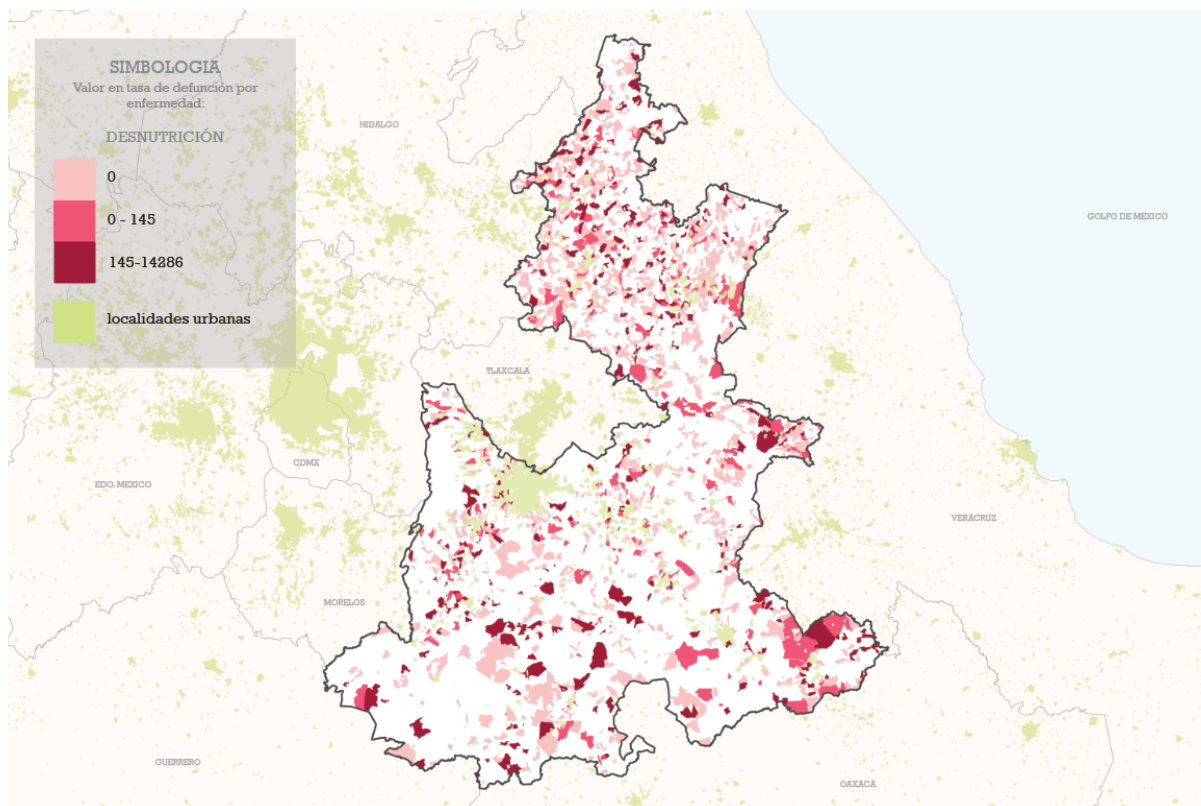


Figura 14. Mapa graduado por cuantiles de tasa de defunción por enfermedad: Desnutrición
(fuente: Elaboración propia)

Cuadro 4. Tasa de defunción por desnutrición (2013-2020) por cada 100,000 habitantes.

Categoría	Promedio	Desviación estándar
Consumo local	120.23	316.33
Consumo mixto	103.20	339.56
Consumo externo	211.31	889.90

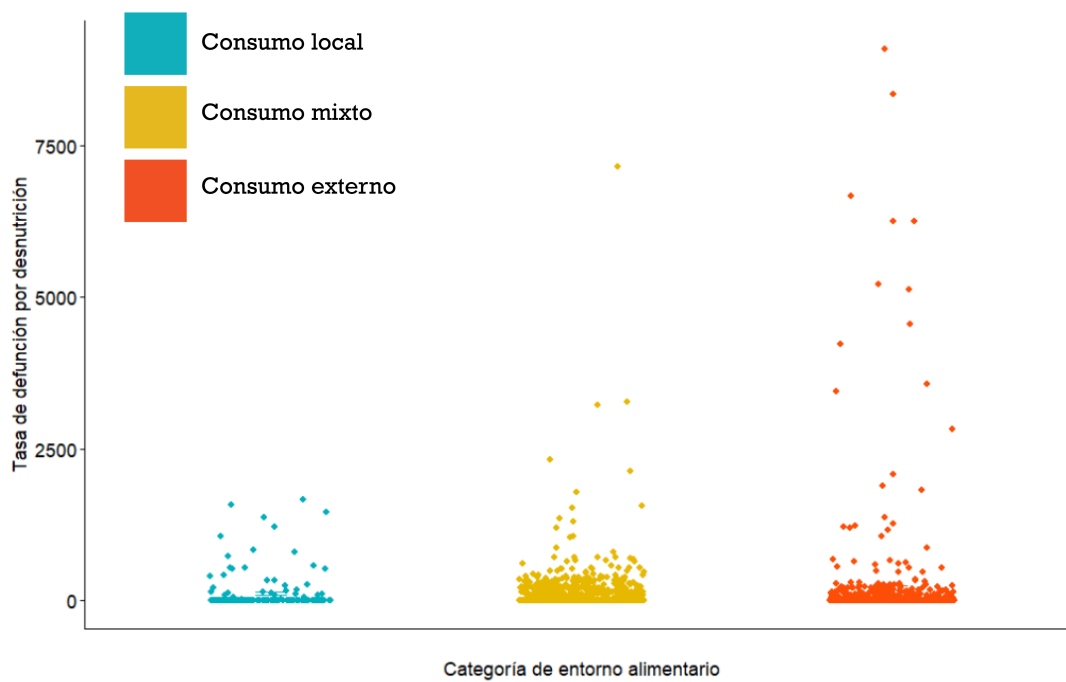


Figura 15. Distribución de las tasas de defunción por desnutrición (periodo 2013-2020) en función de la tipología propuesta.

De acuerdo con la prueba de Kruskal Wallis no existen diferencias significativas en las tasas de defunción por desnutrición entre las diferentes categorías de entorno alimentario, $\chi^2 = 4.53$, g.l. = 2, $p = 0.103$.

Diabetes mellitus tipo II

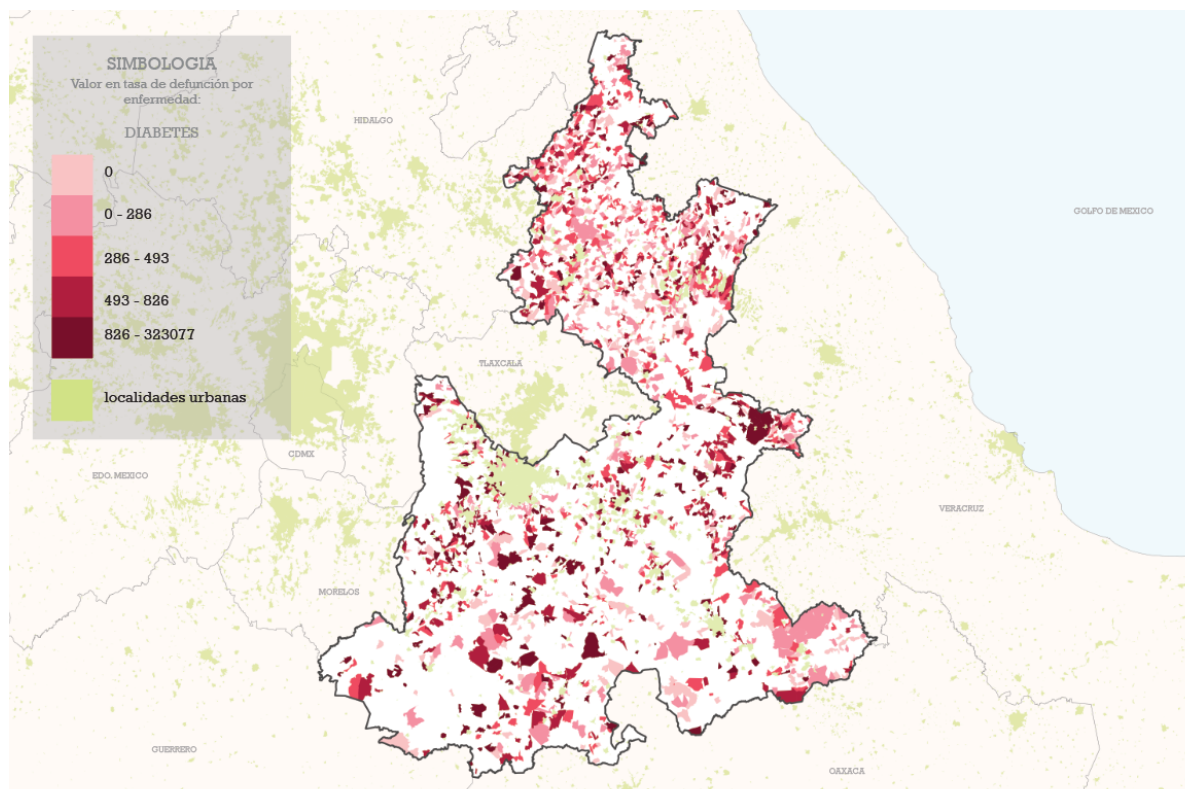


Figura 16. Mapa graduado por cuantiles de tasa de defunción por enfermedad: Diabetes mellitus tipo II
(fuente: Elaboración propia)

Cuadro 5. Tasa de defunción por diabetes mellitus (tipo II) (2013-2020) por cada 100,000 habitantes.

Categoría	Promedio	Desviación estándar
Consumo local	401.30	1,104.46
Consumo mixto	829.77	3,448.73
Consumo externo	2,249.33	8,431.51

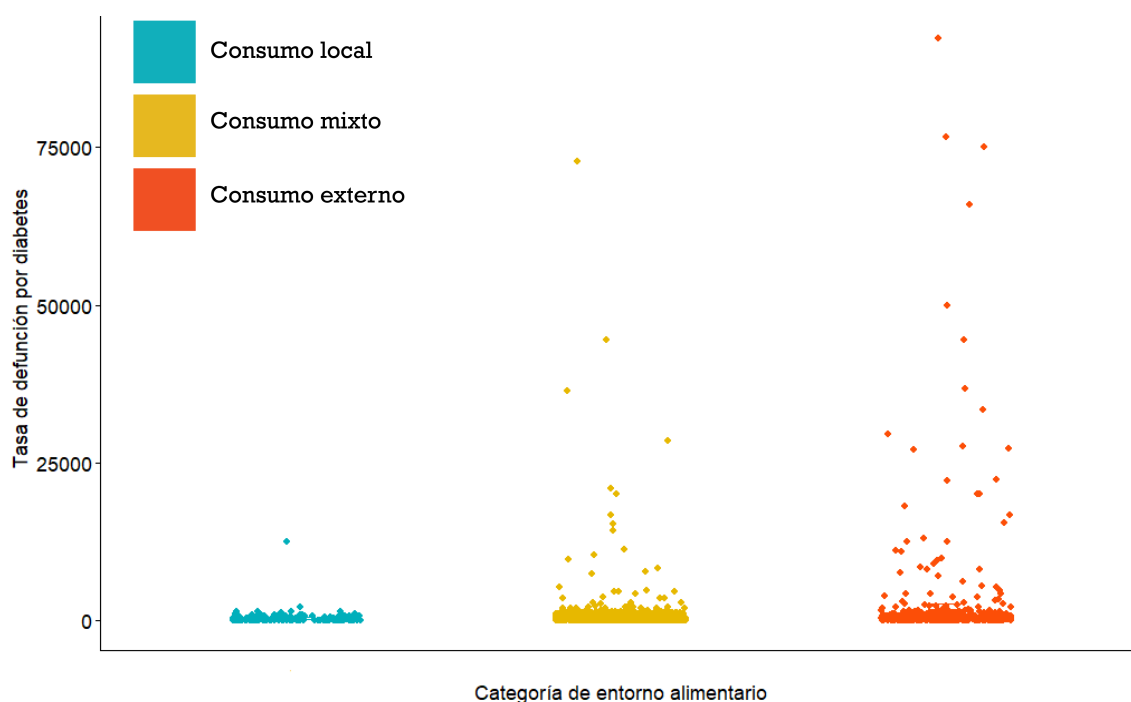


Figura 17. Distribución de las tasas de defunción por diabetes mellitus tipo II (periodo 2013-2020) en función de la tipología propuesta

De acuerdo con la prueba de Kruskal Wallis existen diferencias significativas en las tasas de defunción por diabetes entre las diferentes categorías de entorno alimentario, $\chi^2 = 50.21$, g.l. = 2, $p < 0.05$. La prueba de rangos con signo de Wilcoxon mostró diferencias significativas en todas las categorías entre sí $p < 0.05$.

Hipertensión arterial

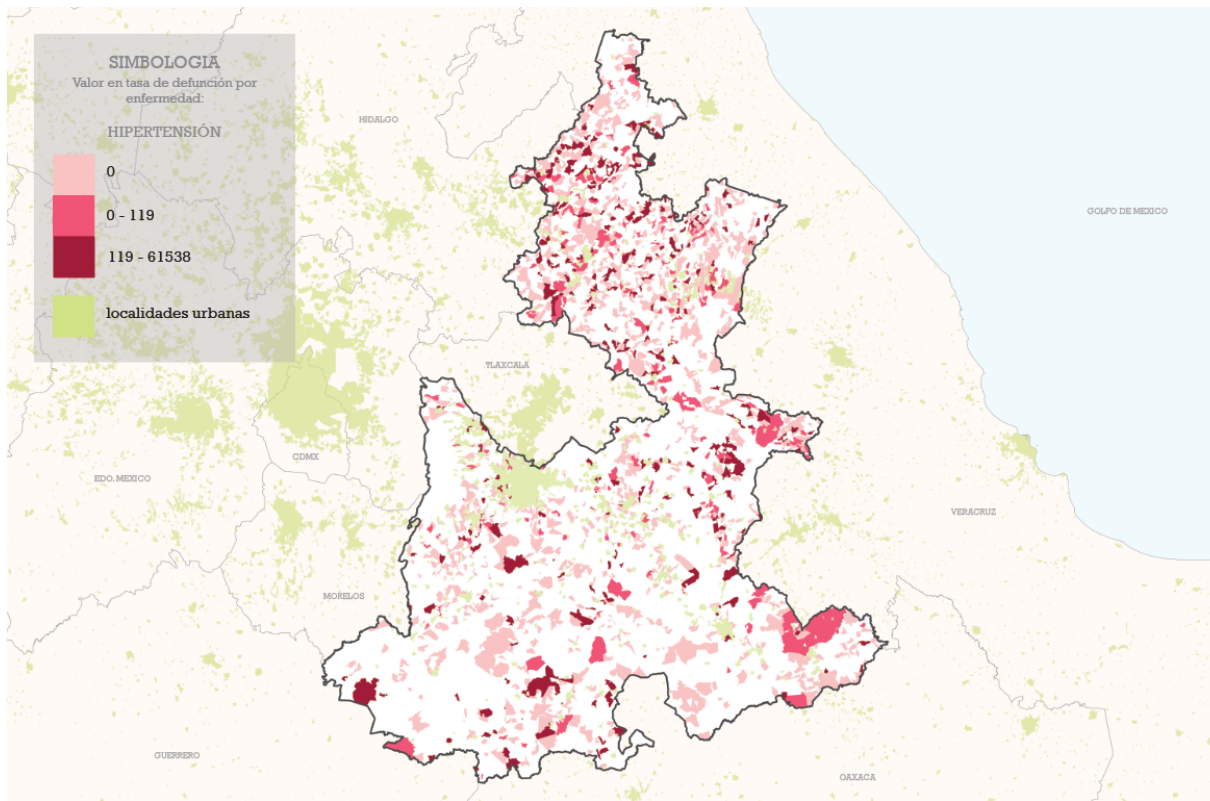


Figura 18. Mapa graduado por cuantiles de tasa de defunción por enfermedad: Hipertensión arterial
(fuente: Elaboración propia)

Cuadro 6. Tasa de defunción por hipertensión arterial (2013-2020) por cada 100,000 habitantes.

Categoría	Promedio	Desviación estándar
Consumo local	46.38	174.79
Consumo mixto	126.16	705.79
Consumo externo	218.57	1,465.96

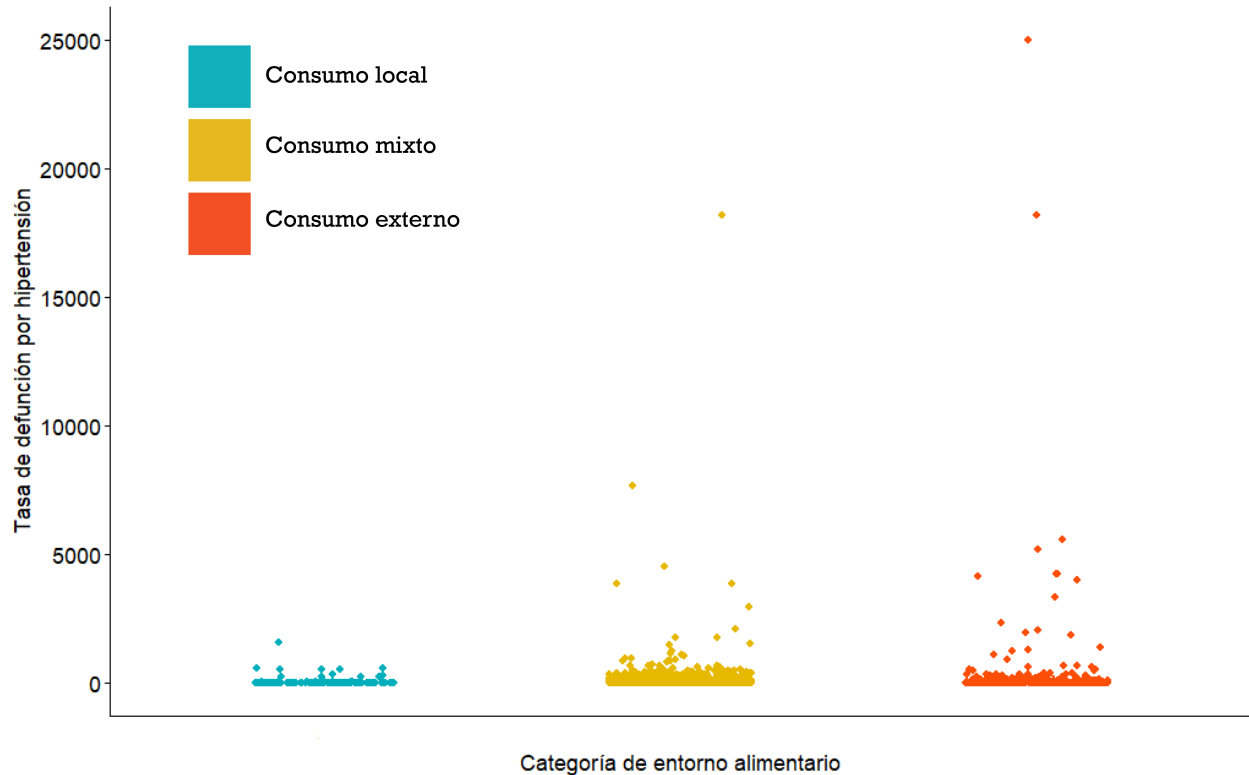


Figura 19. Distribución de las tasas de defunción por hipertensión arterial (periodo 2013-2020) en función de la tipología propuesta

De acuerdo con la prueba de Kruskal Wallis existen diferencias significativas en las tasas de defunción por hipertensión arterial entre las diferentes categorías de entorno alimentario, $\chi^2 = 18.26$, g.l. = 2, $p < 0.05$. La prueba de rangos con signo de Wilcoxon mostró diferencias significativas entre las categorías de consumo mixto y consumo local, y entre consumo local y consumo externo, $p < 0.05$.

Enfermedades isquémicas del corazón

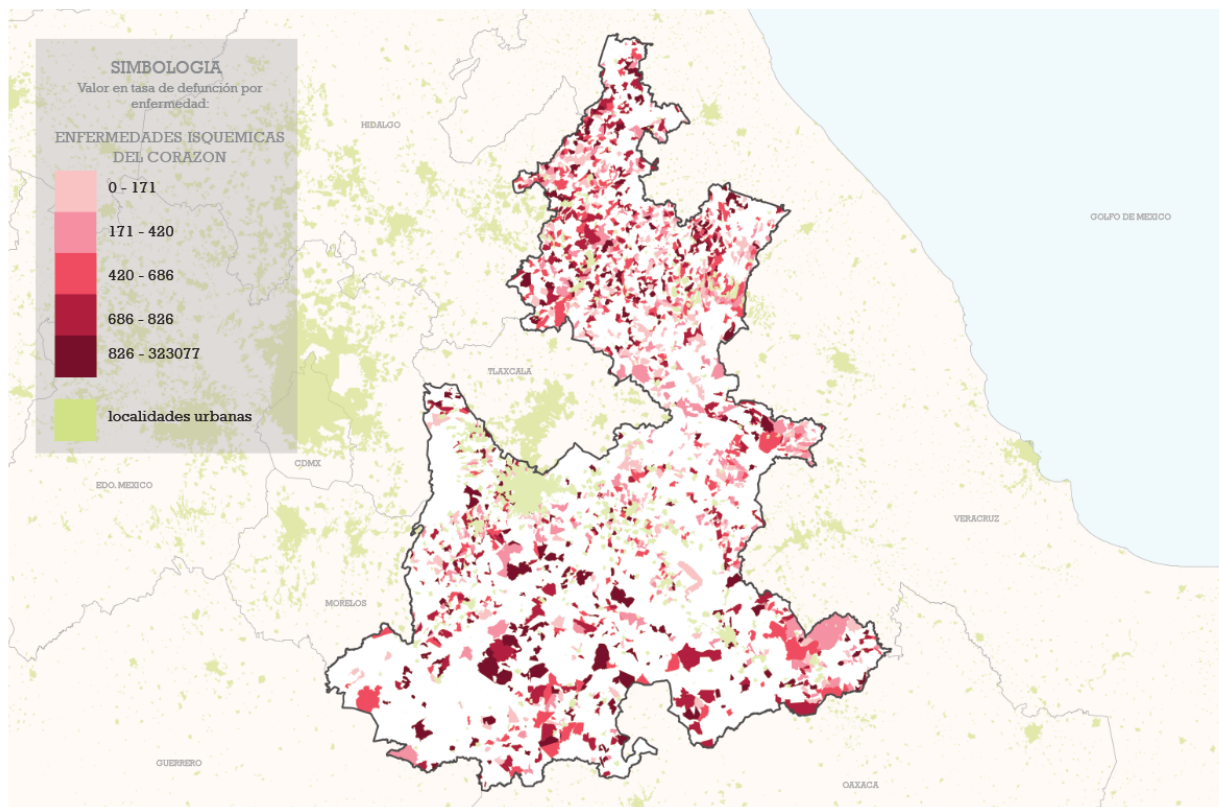


Figura 20. Mapa graduado por cuantiles de tasa de defunción por enfermedad: isquémicas del corazón.
(fuente: Elaboración propia)

Cuadro 7. Tasa de defunción por cardiopatías isquémicas (2013-2020) por cada 100,000 habitantes.

Categoría	Promedio	Desviación estándar
Consumo local	885.36	1,354.11
Consumo mixto	942.62	2,133.97
Consumo externo	1,828.70	6,074.67

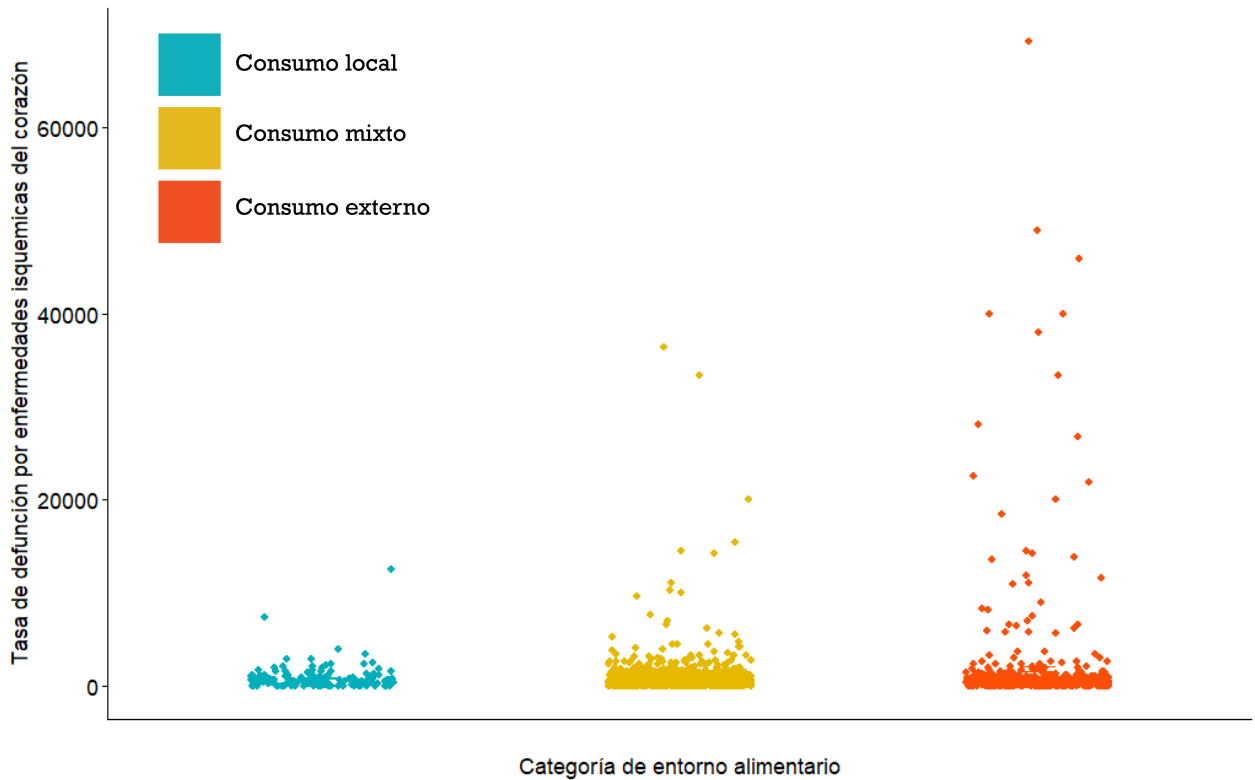


Figura 21. Distribución de las tasas de defunción por enfermedades isquémicas del corazón (periodo 2013-2020) en función de la tipología propuesta

De acuerdo con la prueba de Kruskal Wallis no existen diferencias significativas en las tasas de defunción por enfermedades isquémicas del corazón entre las diferentes categorías de entorno alimentario, $\chi^2 = 0.81$, g.l. = 2, $p = 0.666$.

Conclusiones

Las tipologías ayudaron a entender las relaciones socio-territoriales que influyen en los entornos alimentarios y el acceso a alimentos. El análisis de agrupamiento espacial o clustering permitió identificar tres categorías de entornos alimentarios rurales (consumo local, mixto y externo), que difieren entre sí principalmente por el acceso físico a sitios de provisión de alimentos. Las unidades espaciales analizadas parecen responder a dinámicas donde los habitantes se desplazan a las localidades urbanas más cercanas para la obtención de alimentos.

Para comprender mejor los resultados, fue necesario entender el área de estudio, su relieve, sus conexiones con municipios de estados colindantes, aspectos socioculturales y demográficos propios de la región y demás características relevantes en el proceso de obtención de alimentos de los pobladores rurales.

La categorización propuesta en este estudio permite apreciar que las áreas con *consumo local* se encuentran en zonas con menor accesibilidad a alimentos en el sur de Puebla, en las regiones de la Mixteca y Tehuacán-Sierra Negra. Por su geografía esta zona se encuentra poco conectada con la red de carreteras y tiene un consumo local con producción agrícola de subsistencia, el cual se basa en el cultivo del maíz y en la Sierra Negra también se da el cultivo de frutales.

La categoría de *áreas de consumo mixto* se encuentran mayoritariamente en las regiones al norte del estado, en la Sierra Norte y Sierra Nororiental, que son regiones relativamente bien conectadas a la red de caminos, pero también con un importante consumo local por la presencia de comunidades indígenas y el cultivo de razas de maíz nativo. Además estas regiones por sus características climáticas son importantes productoras de frutales.

Las áreas de *consumo externo*, se distinguen por estar en localidades cercanas a las principales zonas urbanas, particularmente en la región de Angelópolis cerca de la zona metropolitana de la ciudad de Puebla y otras de las ciudades más pobladas del estado (Fig. 22).

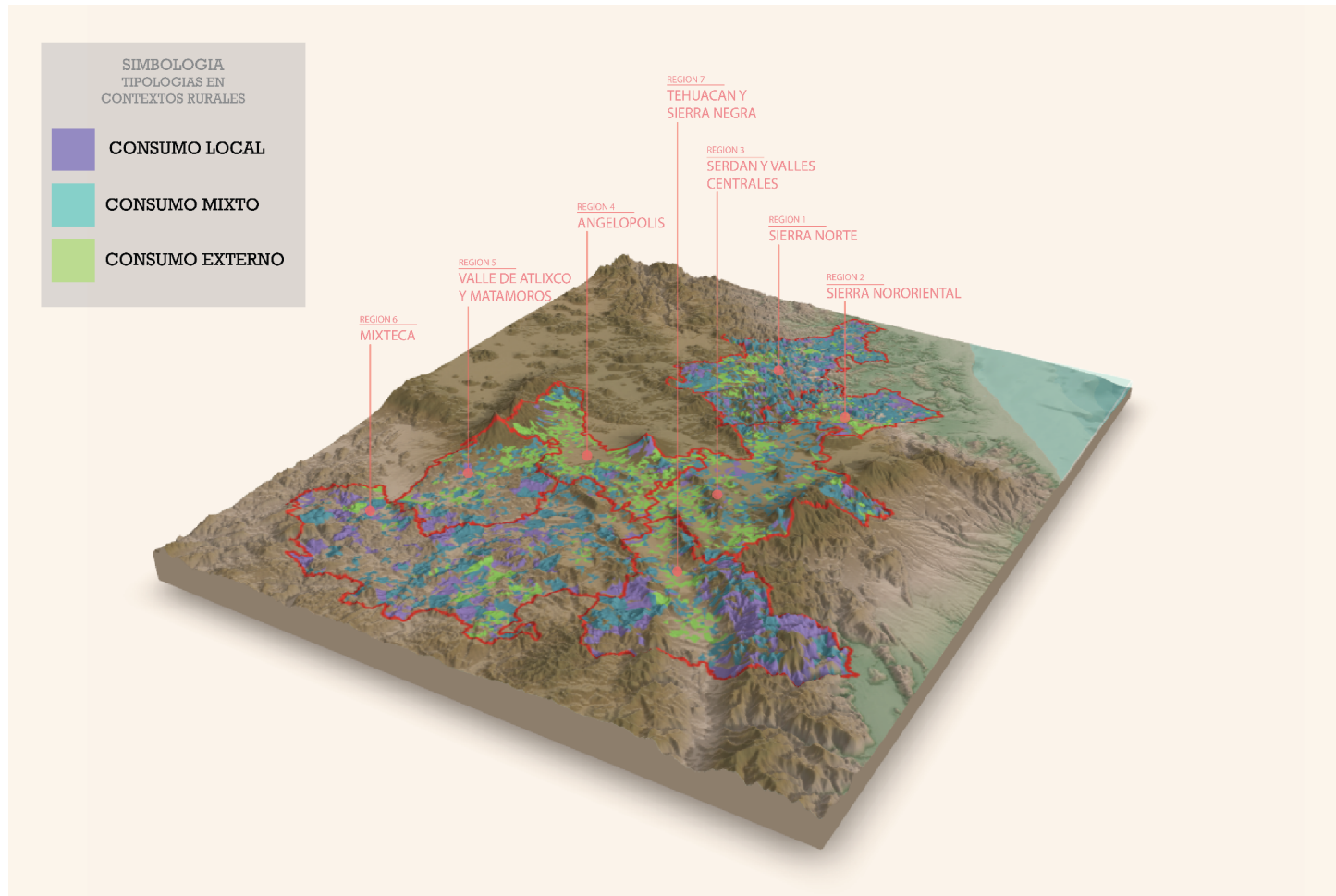


Figura 22. Mapa de elevación 3D con las tipologías obtenidas (fuente: Elaboración propia)

Los resultados obtenidos en la clasificación de los entornos rurales y su relación con enfermedades fueron satisfactorios y con validez estadística, por lo que el estudio puede ser replicable en otros contextos. Consideramos que la propuesta constituye un aporte a los estudios sobre entornos alimentarios rurales y que la clasificación puede servir de referencia para posteriores investigaciones.

Al espacializar los datos de las variables utilizadas fue posible desarrollar una serie de hipótesis en torno a donde se encontraban aglomeraciones o concentraciones de cada categoría en el área de estudio, para esto fue necesario tomar en cuenta el relieve geográfico de la región, ya que afecta directamente en la accesibilidad a alimentos.

La ausencia de diferencias significativas en las tasas de defunción por desnutrición, entre las categorías de entornos, podrían indicar que los programas para favorecer la disponibilidad y el acceso físico de alimentos, como el Programa de Abasto Rural están teniendo un impacto favorable en las dietas de las poblaciones rurales.

Las pruebas estadísticas permitieron identificar mayores tasas de defunción por diabetes e hipertensión en las categorías de consumo mixto y externo, lo que podría estar relacionado con la mayor accesibilidad y asequibilidad de alimentos de bajo valor nutricional, así como una mayor exposición a publicidad de este tipo de alimentos.

Los hallazgos de este trabajo pueden contribuir con información útil para la focalización de programas sectoriales agroalimentarios y de salud por ejemplo huertos familiares, programas de DICONSA, programas de educación nutricional, entre otros.

Trabajo a futuro

Una tarea pendiente será la de replicar el modelo con datos actualizados del próximo censo agropecuario, a fin de hacer un análisis temporal para constatar cambios a lo largo de las últimas décadas, así como la validez de su aplicación en otros estados del país.

Se utilizaron variables que consideramos tienen mayor influencia dentro de un entorno alimentario rural. Sin embargo, se podría robustecer la geodatabase al integrar más variables para complementar la clasificación.

Además de las unidades económicas que se consideraron en este estudio, sería conveniente incorporar otros puntos de adquisición de alimentos que podrían representar una alternativa a los negocios consolidados de venta de alimentos, por ejemplo, mercados sobre ruedas, tianguis y ferias en las que se facilite el intercambio de productos agrícolas, a fin de esbozar un panorama más completo de los entornos alimentarios rurales.

Sería conveniente robustecer el análisis de las enfermedades asociadas a la mala nutrición con datos segmentados por grupos de edad, así como con otras variables sobre la prevalencia de enfermedades.

Agradecimientos

Proyecto apoyado por CONACYT a través del FORDECYT-PRONACES con número 10422 titulado “Dinámica espacio-temporal de la malnutrición desde la perspectiva del sistema agroalimentario 2000-2020”.

Referencias

Anselin, L. Cluster Analysis K-means Clustering. Recuperado el 8 de agosto de 2022, de https://geodacenter.github.io/workbook/7bk_clusters_1a/lab7b.html

Ayala Ramírez, S., Castillo Girón, V. M. (2014). La distribución de alimentos y bebidas en México: una perspectiva desde el comercio tradicional. *Espacio Abierto*, 23(4), 661-681.

Baños, G., Amyris, S. (2016). Análisis basado en la evidencia de seguridad alimentaria. *Revista de Ciencias Sociales*, IV(154), 129-148. Recuperado el 21 de 04 de 2022, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=15351156009>

- Barquera, S., Hernández-Barrera, L., Trejo-Valdivia, B., Shamah, T., Campos-Nonato, I., Rivera-Dommarco, J. (2020). Obesidad en México, prevalencia y tendencias en adultos. *Ensanut 2018-19. Salud Publica Mex.* 2020; 62, 682-692 Recuperado el 11 de 05 de 2022. <https://doi.org/10.21149/11630>
- Boege Schmidt, E. (2008). El patrimonio biocultural de los pueblos indígenas de México. Hacia la conservación in situ de la biodiversidad y agrodiversidad en los territorios indígenas. México: INAH/ CDI.
- Bridget, K., Flood, V. M., Yeatman, H. (2011). Measuring local food environments: An overview of available methods and measures. *Health & Place*, 17(6), 1284-1293. Recuperado el 01 de 06 de 2022, de <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2011.08.014>
- Bridle-Fitzpatrick, S. (2015). Food deserts or food swamps?: A mixed-methods study of local food environments in a Mexican city. *Social Science Medicine*, 142, 202-213.
- Castillo Ordóñez, S., Juárez Sánchez, J. P., Ramírez Valverde, B., Rojo Martínez, G. E. (2007). Política Agrícola y Migración Campesina: El Caso del Municipio de San Juan Atenco, Puebla, México. *Revista de Políticas Públicas*, II(2), 83-102.
- Castillo, A. M., Alavez, V., Castro-Porras, L., Martínez, Y., Cerritos, R. (2020). Analysis of the Current Agricultural Production System, Environmental, and Health Indicators: Necessary the Rediscovering of the Pre-hispanic Mesoamerican Diet?. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4, 5.
- CEDRSSA. (2020). Caracterización del entorno alimentario. Reporte para el análisis de proyecto de iniciativa de ley general del derecho a la

alimentación adecuada. Ciudad de México: Cámara de Diputados LXIV Legislatura.

CEPAL (2017). Impacto social y económico de la doble carga de la malnutrición. Modelo de análisis y estudio piloto en Chile, el Ecuador y México. Santiago de Chile. Obtenido de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/42535/1/S1700443_es.pdf

Charreire, H., Casey, R., Salze, P., Simon, C., Chaix, B., Banos, A., . . . Oppert, J. M. (2010). Measuring the food environment using geographical information systems: a methodological review. *Public Health Nutrition*, 13(11), 1773–1785.

Chaudhari, L. S., Begay, R. C., Schulz, L. O. (2013). Fifteen years of change in the food environment in a rural Mexican community: the Maycoba project. *Rural and Remote Health*, 13(2404). Recuperado el 01 de 05 de 2022, de <https://www.rrh.org.au/>

CONAPO. (2020). Índice de marginación 2020.

CONEVAL. (s.f.). Estadísticas de pobreza en Puebla. Recuperado el 05 de 07 de 2022, de <https://www.coneval.org.mx/coordinacion/entidades/Puebla/Paginas/principal.aspx>

Cruz Sánchez, Y., Moral, J., Ramirez Garcia, A., Monterroso Rivas, A. I. (2022). Enfoques metodológicos de evaluación de seguridad alimentaria en México. *Revista de filosofía*, 39(100). doi:10.5281/zenodo.6028687

Cuaya, M. (25 de 04 de 2021). Se duplica la población en las zonas urbanas de Puebla. Obtenido de El Sol de Puebla:

<https://www.elsoldepuebla.com.mx/local/se-duplica-la-poblacion-en-las-zonas-urbanas-de-puebla-6639226.html>

Díaz Núñez, F. O. (2006). Trabajo rural y unidad campesina. La multifuncionalidad como vía de reproducción social. V Congreso Nacional AMET, (págs. 1-15).

Eliosa-Martínez, J. A. (2012). Migración internacional. Estrategias de sobrevivencia e identidad campesina en San Felipe Teotlalcingo, Puebla, México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 9(1), 71-84.

FAO. (2019). El sistema alimentario en México - Oportunidades para el campo mexicano en la Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible. Ciudad de México. Recuperado el 01 de 06 de 2022, de <https://www.fao.org/3/CA2910ES/ca2910es.pdf>

FAO, OPS, WFP y UNICEF. (2019). Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe. Hacia entornos alimentarios más saludables que hagan frente a todas las formas de malnutrición. Santiago de Chile.

FAO-SAGARPA. (2013). Propuesta de políticas públicas para el desarrollo del sector rural y pesquero (SRP) en México.

Frakes, B. T., Flowe, T., Sherrill, K. R. (2015). National park service travel time cost surface model (TTCSM). Natural Resource Report NPS/NRSS/NRR-2015/933. Fort Collins: National Park Service.

Galeana Pizaña, J. M. (2020). El impacto de la expansión agropecuaria y de la estructura del sistema agrícola sobre la seguridad alimentaria en México. UNAM . Ciudad de México: Tesis de Doctorado en Geografía.

Galeana Pizaña, J. M., Couturier, S., Figueroa, D., Jiménez, A. D. (2021). Is rural food security primarily associated with smallholder agriculture or

with commercial agriculture?: An approach to the case of Mexico using structural equation modeling. *Agricultural Systems*, 190. Recuperado el 01 de 04 de 2022, de <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103091>

GBD Diet Collaborators. (2019). Health effects of dietary risks in 195 countries, 1990-2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *The Lancet*, 393(10184), 1958-1972.

Gálvez, A. (2022). Comer con el TLC. Comercio, políticas alimentarias y la destrucción de México. Ciudad de México: FCE/ Ítaca.

Gobierno del Estado de Puebla. (2005). El Campo en Puebla. Entre el desarrollo ideal y lo posible. Puebla.

Hartley, D., Anderson, N., Fox, K., Lenardson, J. (2011). How Does the Rural Food Environment Affect Rural Childhood Obesity? *Childhood Obesity*, 7(6), 450-461. Recuperado el 01 de 05 de 2022, de https://digitalcommons.usm.maine.edu/population_health

Hernández Flores, J. Á. (2013). ¿Nueva ruralidad o nuevas identidades rurales? El papel de la agricultura en la región conurbada de Puebla. En E. Guzmán Gómez, N. B. Guzmán Ramírez, *Conocimientos y organización en la gestión de recursos. Experiencias en regiones rurales de México* (págs. 63-98). México: Universidad Autónoma del Estado De Morelos, Juan Pablos Editor.

Herrero, M., Thornton, P. K., Power, B., Bogard, J. R., Remans, R., Fritz, S., ... Havlík, P. (2017). Farming and the geography of nutrient production for human use: a transdisciplinary analysis. *The Lancet Planetary Health*, 1(1), e33-e42.

HLPE. (2017). La nutrición y los sistemas alimentarios. Un informe del Grupo de alto nivel de expertos en seguridad alimentaria y nutrición del Comité de Seguridad Alimentaria Mundial. Roma. Recuperado el 01 de

06 de 2022, de
https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/hlpe/hlpe_documents/HLPE_Reports/HLPE-Report-12_EN.pdf

Holt-Giménez, E. (2017). El capitalismo también entra por la boca. Comprendamos la economía política de nuestra comida . Monthly Review Press y Food First Books.

Huesca Mariño, J. M. (2019). El extensionismo en programas agrícolas regionales: Plan Puebla y MasAgro. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional, 29(53), 2-19.

INCA Rural A.C. (2013). Plan Estratégico para la Operación Anual del Componente de Desarrollo de Capacidades y Extensionismo Rural del Estado de Puebla. Puebla.

INEGI. (2016). Actualización del Marco Censal Agropecuario 2016.

INEGI. (2018). Presentación de resultados Encuesta Nacional de Salud y Nutrición.

INEGI. (2020). Marco Geoestadístico Nacional del Censo de Población y Vivienda 2020.

Jin, X., Han, J. (2011). K-Means Clustering. En Sammut C. y Webb G. (Eds). Encyclopedia of Machine Learning. Springer.

Isidro, S., Plassot, T., Reyes, M. (2021). Caracterización de los espacios rurales en México a partir de estadísticas nacionales. Ciudad de México: Publicación de las Naciones Unidas.

Kaufman, P. R. (1999). Rural Poor Have Less Access to Supermarkets, Large Grocery Stores. Rural Development Perspectives, 13(3), 19-26.

- Love, P., Whelan, J., Bell, C., McCracken, J. (2019). Measuring Rural Food Environments for Local Action in Australia: A Systematic Critical Synthesis Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(2416), 2-21. Recuperado el 01 de 06 de 2022, de <https://www.mdpi.com/1660-4601/16/13/2416>
- Marcial Romero, N., Sangerman-Jarquín, D. M., Hernández Juárez, M., León Merino, A., Escalona Maurice, M. J. (2019). Vulnerabilidad alimentaria en hogares rurales y su relación con la política alimentaria en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(4), 935-945.
- McKinnon, R. A., Reedy, J., Morrissette, M. A., Lytle, L. A., Yaroch, A. L. (2009). Measures of the Food Environment: A Compilation of the Literature, 1990–2007. *American Journal of Preventive Medicine*, 1(12), 124-133. Recuperado el 01 de 05 de 2022, de <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2009.01.012>
- Méndez-Espinoza, J. A. (2016). Análisis de la seguridad alimentaria en los hogares del municipio de Xochiapulco Puebla, México. *Estudios Sociales Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 25(47), 67-85.
- Mora Martínez, L. (2018). Nueva ruralidad en la Huasteca poblana: otomíes y nahuas de Pahuatlán (1960-2010). *Estudios de historia y sociedad*, 39 (154), 71-136.
- Mundo-Rosas, V., Unar-Munguía, M., Hernández, M., Pérez-Escamilla, R., Shamah-Levy, T. (2019). La seguridad alimentaria en los hogares en pobreza de México: una mirada desde el acceso, la disponibilidad y el consumo. *Salud Pública de México*, 61(6), 866-975. Recuperado el 01 de 05 de 2022, de <https://doi.org/10.21149/10579>

- Nguyen, T., Thi Mai, H. P., van den Berg, M., Thi Thanh, T. H., Béné, C. (2021). Interactions between Food Environment and (Un)healthy Consumption: Evidence along a Rural-Urban Transect in Viet Nam. *Agriculture*, 11(789), 1-30.
- OECD. (2021). Applying the Degree of Urbanisation: A Methodological Manual to Define Cities, Towns and Rural Areas for International Comparisons. OECD Regional Development Studies, OECD Publishing, Paris/European Union, Brussels. doi:<https://doi.org/10.1787/4bc1c502-en>
- OMS. (2020). Las 10 principales causas de defunción. Recuperado el 05 de 07 de 2022, de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death>
- OPS. (2015). Alimentos y bebidas ultraprocesados en América Latina: tendencias, efecto sobre la obesidad e implicaciones para las políticas públicas.
- OPS. (2016). Factores de riesgo de las enfermedades no transmisibles en la Región de las Américas: Consideraciones para fortalecer la capacidad regulatoria.
- OPS-OMS. (2017). *Las dimensiones económicas de las enfermedades no transmisibles en América Latina y el Caribe*. Washington, DC. Recuperado el 5 de 07 de 2022, de <https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/33994/9789275319055-spa.pdf?sequence=1>
- Osorio García, N. (2006). Análisis de la situación actual de la producción de maíz y de la pluriactividad de los agricultores en el Valle de Puebla.

Colegio de Postgraduados. Puebla: Tesis de Maestría en Ciencias Agrícolas.

Pineda, A. E. (2018). Examining relationships between food environments and adult obesity in Mexico using geographical information systems. University College London, PhD Thesis.

Popkin. B. 2020. Ultra-processed foods' impacts on health. 2030 – Food, Agriculture and rural development in Latin America and the Caribbean, No. 34. Santiago de Chile. FAO

Popoca Cruz, P. E. (2014). El modelo gravitacional como medida del acceso alimentario: una propuesta para México. CentroGeo. Tesis de Maestría en Geomática.

Poti, J. M., Mendez, M. A., Popkin, B. (2015). Is the degree of food processing and convenience linked with the nutritional quality of foods purchased by US households? *American Journal of Clinical Nutrition*, 99(1), 162-171. doi:10.3945/ajcn.114.100925

Ramírez Torres, R. (2011). Características sociodemográficas y estrategias de sobrevivencia de las UDC. El caso del municipio de San Pedro Cholula, Puebla. Colegio de Postgraduados. Puebla: Tesis de Maestría en Ciencias Agrícolas.

Reyes-Puente, A. L., Peña-Portilla, D. G., Alcalá-Reyes, S., Rodríguez-Bustos, L., Manuel Núñez, J. (2022). Changes in Food Environment Patterns in the Metropolitan Area of the Valley of Mexico, 2010–2020. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(8960), 1-15. Recuperado el 01 de 06 de 2022, de <https://www.mdpi.com/1660-4601/19/15/8960>

Sánchez Olarte, J. (2010). El Plan Puebla: una visión de los actores locales sobre la tecnología generada y sus efectos en el nivel de desarrollo de

los participantes. Colegio de Postgraduados. Puebla: Tesis de Maestría en Ciencias Agrícolas.

Sánchez-Olarte, J., Álvarez-Gaxiola, F., Sánchez-Hernández, M., Ramos-Manzo, F., Ortega-Martínez, L. D. (2011). La pertinencia de la estrategia de operación del Plan Puebla en el contexto de la extensión parcialmente privatizada. *Ra Ximhai*, 7(2), 281-295.

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2018). Informe de Evaluación 2016 - 2018 Puebla. Puebla: Programa de Concurrencia con las Entidades Federativas.

Téllez Vázquez, Y., Ruiz Guzmán, L., Velázquez Isidro, M., López Ramírez, J. (2013). Presencia indígena, marginación y condición de ubicación geográfica. La situación sociodemográfica de México.

Turner, C., Aggarwal, A., Walls, H., Herforth, A., Drewnowski, A., Coates, J., . . . Kadiyala, S. (2018). Concepts and critical perspectives for food environment research: A global framework with implications for action in low- and middle-income countries. *Global Food Security*, 18, 93-101. Recuperado el 06 de 01 de 2022, de <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2018.08.003>

Velázquez López, J., Juárez Sánchez, J. P., Ramírez-Valverde, B., del Valle Sánchez, M., Jiménez Morales, J., Taboada Gaytán, O. R. (2019). Regionalización de la producción de maíz de temporal en el Estado de Puebla. *Cuadernos Geográficos*, 58 (2), 152-167.