

Materiales y métodos

Tipos de municipios en México

El análisis de la seguridad alimentaria se realizó a nivel nacional y municipal. Sin embargo, para integrar la diversidad de desafíos que enfrentan las personas para alimentarse en las ciudades y periferias, clasificamos los municipios en tres tipos: urbanos, rurales, y en transición a la urbanidad (municipios de interfaz) (Figura 2). Los parámetros para la clasificación de los municipios según el tamaño de las localidades se obtuvieron del Instituto Nacional para el Federalismo y Desarrollo Municipal (INAFED), con base en el Sistema Nacional de Información Municipal (SNIM) (2022), y se describen a continuación:

- Los municipios urbanos son aquellos en los que más del 50% de la población vive en localidades de entre 100.000 y más de un millón de habitantes.
- Los municipios rurales son aquellos en los que más del 50% de la población vive en localidades de menos de 2.500 habitantes.
- Los municipios de interfaz son aquellos en los que más del 50% de la población vive en localidades de más de 2500 y menos de 100.000 habitantes.

Datos

Estabilidad de los alimentos

Se incluyeron quince variables dentro de diez categorías en la dimensión Estabilidad alimentaria (Cuadro 1). Las variables climáticas se representaron mediante series temporales anuales para el período 2000-2020 de temperatura media anual y precipitación total anual proporcionadas por el servicio meteorológico nacional (SMN, 2022). Los desastres socioecológicos fueron series temporales anuales del período 2000-2020 de las declaratorias oficiales nacionales de huracanes, sequías, inundaciones y heladas proporcionadas por el Centro Nacional para la Prevención de Desastres (CENAPRED, 2022). A continuación, recopilamos un conjunto de mapas oficiales del INEGI a nivel nacional de uso de suelo y cobertura vegetal (mapas LUVIC INEGI) producidos a escala 1:250,000. Este conjunto corresponde a la secuencia temporal de 2002 (Serie III), 2007 (Serie IV), 2014 (Serie VI) y 2018 (Serie VII). A partir de estos insumos se generó la superficie vegetal (incluyendo bosques, selvas y matorrales) y la expansión del riego, pastos y agricultura de secano (2002-2018).

La variable inversión total se refiere al incremento de activos, insumos y productos que experimentaron las unidades económicas durante el año de referencia. Se obtiene sumando la variación de existencias al capital fijo bruto que reportan los censos económicos (INEGI, 2003; 2008; 2014; 2018). La población está representada por la población total del municipio con base en los censos de población y vivienda del INEGI (INEGI, 2000; 2010; 2020). La infraestructura vial se incorporó a través de la serie temporal anual reportada de 2014 a 2020 en la red vial nacional (IMT-INEGI, 2020). Las categorías de tamaño de finca (tamaño promedio de finca por unidad de producción), capacidad técnica y asistencia de las unidades de producción y tenencia de la tierra (propiedad común) se derivan del último Censo Nacional Agropecuario y Forestal de México (INEGI, 2007).

Disponibilidad de comida

La disponibilidad de alimentos se abordó a través de la producción nacional total de maíz blanco, maíz dulce, trigo, arroz y frijol, las diez frutas de mayor consumo per cápita en México (por ejemplo, naranja, manzana y limón, entre otras). Además, los cinco vegetales de mayor consumo per cápita en México (por ejemplo, cebolla, nopal y tomate, entre otros) fueron los cultivos significativos considerados en este estudio, y la carne de res, aves y cerdos fueron las principales categorías de ganado. Todos los datos fueron obtenidos a nivel de municipio (gobierno local) por el Servicio de Información Agropecuaria, Alimentaria y Pesquera de México (SIAP, 2020). Los datos están representados por series temporales anuales para 2003-2020, con la producción medida en toneladas.

Utilización de alimentos

Los restaurantes se clasificaron según el nivel de venta de alimentos ultra procesados en tres grupos: a) cadenas de comida rápida y franquicias (alimentos ultra procesados), b) restaurantes de botanas mexicanas (restaurantes de comida rápida mexicana), y c) posadas y economía cocinas (fondas). Estas tipologías se obtuvieron de la Clasificación Industrial Internacional del Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (INEGI, 2018). Los datos están representados por series temporales anuales para 2010-2020. Se utilizó el Modelo de Superficie de Costo del Tiempo de Viaje (Frakes et al., 2015) para obtener una serie temporal anual de accesibilidad (en minutos) a las tres categorías de restaurantes especificadas anteriormente. Este modelo proporciona superficies de tiempo de viaje generadas con productos de información geoespacial como el Continuo de Elevaciones de México 3.0 (INEGI, 2012), la Red Vial Nacional 2020 (INEGI e IMT-SCT, 2020), la Serie VII LUVIC (INEGI, 2018) y el Conjunto de Datos Vectoriales de Información Topográfica Digital Serie IV, la escala de 1:250000 (INEGI, 2015).

Los tiempos de viaje a localidades con dos tamaños de población diferentes se obtuvieron utilizando la herramienta TTCSM en ArcGis 10.3, que calcula el tiempo de viaje desde un conjunto de ubicaciones de origen específicas hasta las ubicaciones de destino de interés, que en nuestro caso corresponde a los centros de celdas de 250 m × 250 m que representaban el territorio nacional. Los supuestos para este cálculo son que las personas inician sus viajes desde sus localidades en automóvil a través de la red vial, viajando a la velocidad especificada para cada segmento —que a su vez es ponderada por dos factores de fricción, uno asociado a la pendiente y otro al tráfico en áreas urbanas— y luego continúan sus viajes caminando, a una velocidad que decrece en función de la pendiente de manera no lineal, según Theobald et al. (2010) y Tobler (1993) (Ec. 1). Aquí, la velocidad de marcha (w_s) también está ponderada por los factores de fricción asociados con la cobertura del suelo y los arroyos.

$$w_s = 6 * \text{EXP}(-3.5 * \text{ABS}(\text{TAN}((\text{pendiente de grado})/57.29578) + 0.05)) \quad (\text{Eq.1})$$

La información de la serie temporal anual de medida de accesibilidad (en minutos) a las tres categorías de restaurantes se agregó a nivel de municipio.

Accesibilidad alimentaria

Las unidades de negocio minorista de alimentos se clasificaron en cuatro grupos: supermercados, tiendas de conveniencia, tiendas de abarrotes y tiendas DICONSA (tiendas gubernamentales que abastecen de productos básicos a las comunidades rurales). Estas tipologías se obtuvieron de la Clasificación Industrial Internacional del Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (INEGI, 2018). Al igual que los restaurantes (otros entornos alimentarios), se generaron modelos de accesibilidad para la serie temporal anual, y los resultados se agregaron a nivel de municipio. Además de los modelos de accesibilidad al comercio minorista de alimentos, en 2000, 2010 y 2020 se incorporaron las medidas de marginación desarrolladas por el Consejo Nacional de Población en México (CONAPO, 2012).

Aplicación del Modelo de Ecuaciones Estructurales (SEM)

Tratamiento de datos

Muchos de nuestros datos son series temporales, por lo que era necesario realizar un tratamiento diferenciado. Las series de tiempo se transformaron para capturar el comportamiento temporal de las variables de manera más eficiente y hacer que los datos medidos en diferentes escalas sean comparables entre sí (Tabla 1). Dentro de las transformaciones lineales de la serie temporal destaca la estimación de la función media subyacente (Rao, 2021). Un modelo de serie de tiempo típico es el siguiente (Ec. 2):

$$Y_t = \mu_t + \varepsilon_t \text{ (Ec.2)}$$

Donde Y_t es la serie de tiempo transformada, μ_t es la media subyacente y ε_t son los residuos (errores) que la media no puede explicar y que ayudan a construir intervalos de confianza confiables para el estándar, especialmente en análisis con pocos datos ($N < 200$) (Rao, 2021). En nuestro caso, la serie de tiempo original se midió en un gran conjunto de datos ($N > 2000$), por lo que la media se considera robusta para el análisis y la transformación formal se definió como Eq. 3:

$$Y_t = \mu_t \text{ (Ec.3)}$$

Aplicación y ajuste del modelo de ecuaciones estructurales

Un SEM es un modelo teórico normal; por lo tanto, se asume normalidad multivariante para la distribución poblacional de las variables endógenas (Hair Jr et al., 2022). Se construyeron cuatro modelos SEM utilizando análisis factorial confirmatorio (AFC) dentro del paquete Lavaan R (Rosseel, 2012): uno a escala nacional y tres a escala municipal (uno para cada tipo de municipio). Se incluyeron todas las unidades espaciales con población rural distinta de cero (un total de 2.469 municipios a escala nacional). Primero, los datos se transformaron utilizando el logaritmo natural, luego se calculó la covarianza bivariada (Ec. 4), definida de la siguiente manera para 2 variables continuas x e y , como las estadísticas básicas de SEM:

$$\text{COV}_{xy} = r_{xy} \text{SD}_x \text{SD}_y \text{ (Ec.4)}$$

Donde r_{xy} es el coeficiente de correlación de Pearson y SD_x y SD_y son sus desviaciones estándar (Kline, 2015). Luego, se calcularon los coeficientes de ruta estandarizados y no estandarizados utilizando el estimador de máxima verosimilitud, seleccionando las variables que maximizan la probabilidad de que los datos (las covarianzas observadas) se extrajeran de una población objetivo de datos. Finalmente, nuestro modelo conceptual hipotético se evaluó a través del ajuste de SEM a los datos. Un modelo de buen ajuste es aquel que es razonablemente consistente con los datos y no requiere una nueva especificación. Este ajuste se probó utilizando el error cuadrático medio de aproximación (RMSEA) y el índice de ajuste comparativo (CFI), que son dos métricas ampliamente aplicadas para evaluar SEM (Lai y Green, 2016). Si el ajuste no era bueno, se aplicaba una reespecificación al modelo, excluyendo del conjunto de variables predictoras iniciales las variables predictoras que no presentaban significación estadística.

Para interpretar cuantitativamente los resultados SEM, esta investigación sigue la propuesta de Galeana-Pizaña et al. (2021) que compara la fuerza de la relación entre variables que intentan explicar la seguridad alimentaria en contextos rurales en México. Por tanto, consideramos que una relación positiva (coeficientes de camino estandarizados positivos) y estadísticamente significativa ($p\text{-valor} \leq 0,05$) se interpreta como la influencia positiva de una variable sobre otra. En cambio, una relación negativa (coeficientes de trayectoria estandarizados negativos) y estadísticamente significativa ($p\text{-valor} > 0,05$) se interpreta como la influencia negativa de una variable sobre otra.