

Proceso de no estacionariedad espacial de la Mortalidad por Diabetes Mellitus en Adultos Mayores en México

Abigail Vanessa Rojas Huerta
El Colegio de México

Resumen

En México se ha observado una mayor esperanza de vida al nacer y el aumento de la población de adultos mayores. Este incremento numérico ha centrado los estudios a analizar la dinámica sociodemográfica, económica y de salud de la población mayor de 60 años, siendo tema primordial la salud. Durante la primera década del siglo XXI, las estadísticas muestran que las principales causas de muerte están relacionadas con enfermedades del tipo crónico-degenerativas. La diabetes mellitus en México se encuentra entre las principales causas de mortalidad en la población, siendo la primera causa en 2012 en la población de adultos mayores de 60 años. Las evidencias indican que la prevalencia de la diabetes aumenta con la edad, sin embargo, el diagnóstico y control se ve limitado, ya que en el adulto mayor suele ser asintomática y atípica. Los análisis estadísticos sobre la incidencia o prevalencia de enfermedades crónicas han enfocado la atención en estudiar las características o los factores de riesgo de los individuos. Son pocos los estudios que han analizado las relaciones geoespaciales de la morbilidad y mortalidad de diabetes mellitus con las condiciones socioeconómicas y medioambientales propias del lugar. **Objetivo.** Contribuir al estudio de la mortalidad por diabetes mellitus en la población adulta mayor haciendo uso del análisis espacial y mostrar si hay heterogeneidad espacial. Se busca ver la variación de las tasas de mortalidad que existe a lo largo del territorio nacional y si depende de características contextuales como la pobreza, estructura demográfica, urbanización y acceso a servicios de salud de los municipios. **Datos y métodos.** Los datos se obtienen de las bases de mortalidad de SSA-INEGI, correspondientes al periodo 2005 a 2010 a nivel municipal. La variable dependiente son las tasas de mortalidad por diabetes mellitus de la población de 60 años y más y las variables explicativas son el porcentaje de la población sin derechohabiencia a servicios de salud, porcentaje de población en pobreza patrimonial, el porcentaje de población en zonas rurales y el índice de envejecimiento. El Análisis de Regresión Geográficamente Ponderada Poisson (GWR-P) se aplica para probar la no estacionariedad de la mortalidad en México por diabetes mellitus y el Análisis Descriptivo Espacial para poder identificar la autocorrelación espacial entre las variables. Adicionalmente el método de interpolación por Kriging es utilizado para estimar las tasas donde no había información. **Conclusiones.** El análisis espacial permite comprender de manera alterna como el envejecimiento poblacional es heterogéneo dentro de un territorio y como las variables contextuales pueden dar señal de las situaciones que afectan o benefician a una población específica.

Palabras clave. Envejecimiento, mortalidad por diabetes Mellitus, análisis espacial.

Proceso de no estacionariedad espacial de la Mortalidad por Diabetes Mellitus en Adultos Mayores en México

Introducción

En México, al igual que en otros países de Latinoamérica, ha aumentado la esperanza de vida al nacer y con ello la población de adultos mayores. El incremento numérico de esta población ha centrado el interés por analizar la dinámica sociodemográfica, económica y de salud de la población mayor de 60 años. El tema de salud de esta población preocupa a todas las esferas de la sociedad debido a las implicaciones sociales y económicas que se han observado en poblaciones envejecidas.

Durante la primera década del siglo XXI, las estadísticas muestran que las principales causas de muerte se relacionan con enfermedades del tipo crónico-degenerativas. La diabetes mellitus se encuentra entre las principales causas de mortalidad en la población mexicana y en 2012 se posicionó como la primera causa en la población adulta mayor (SSA-INEGI, 2014). La evidencia estadística indica que la prevalencia de la diabetes aumenta con la edad (INEGI, 2013), sin embargo, el diagnóstico y control se ve limitado, ya que, por lo general, la diabetes en el adulto mayor suele ser asintomática y atípica (Gómez *et. al*, 2012).

Los análisis estadísticos sobre la incidencia y prevalencia de enfermedades crónicas han enfocado la atención en estudiar las características o los factores de riesgo de los individuos, como son el tabaquismo, la inactividad física, el consumo de alcohol, obesidad, antecedentes familiares, entre otros riesgos. Y son pocos los estudios que han analizado las relaciones geoespaciales de la morbilidad y mortalidad por enfermedades crónico-degenerativas.

Es así que el objetivo de este trabajo es contribuir al análisis geoespacial de la diabetes mellitus, considerando las tasas de mortalidad por este padecimiento en México en la población de 60 años y más. La hipótesis del trabajo es que la mortalidad por diabetes mellitus en los adultos mayores varía a lo largo del territorio nacional y depende de características contextuales de los municipios como es la pobreza, la estructura demográfica, la urbanización y el acceso a servicios de salud, entre otras. La técnica estadística espacial constó de tres etapas, la primera tiene relación con aplicar el método de interpolación por Kriging para estimar las tasas de mortalidad en donde no se tiene información. Posteriormente, se aplicó el análisis descriptivo espacial que permite identificar la autocorrelación espacial entre las variables. Y finalmente se

realizó el análisis de Regresión Geográficamente Ponderada Poisson (GWR-P) para probar la no estacionariedad de la mortalidad en México por diabetes mellitus.

Revisión de la literatura

La diabetes ha sido identificada como un importante predictor de las condiciones de salud de los adultos mayores. Las evidencias indican que la prevalencia de la diabetes aumenta con la edad (INEGI, 2013); sin embargo, el diagnóstico y control se ve limitado, ya que por lo general, la diabetes en el adulto mayor suele ser asintomática y atípica (Gómez *et. al*, 2012). En México, según datos de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2012, la prevalencia autoreportada de diabetes (con diagnóstico médico previo) entre la población con 20 años o más de edad fue de 24%, mientras que entre los individuos mayores de 59 años fue de 41%. En esta misma encuesta se encontró que una cuarta parte del total de adultos mexicanos que mencionaron haber sido diagnosticados con diabetes en algún momento de su vida tenían 60 años o más de edad.

Estas cifras son mayores a las observadas en países como EU donde la prevalencia de diabetes en personas de 20 a 79 años es de 9.2% y en países de Sudamérica esta cifra es menor al 10% (IDF, 2013). Se estima que para 2030 los países de ingreso medio y bajo tengan poco más de 80 millones de adultos mayores de 65 años con este padecimiento, mientras que en los países de ingresos altos esta cifra podría llegar a los 48 millones aproximadamente.

Entre la población envejecida la diabetes se ha asociado con el deterioro funcional (físico y cognoscitivo), la pérdida de independencia, la comorbilidad, el aumento del número de hospitalizaciones y el riesgo de morir. Los cambios en la composición corporal, debido al sobrepeso y la obesidad, así como el consumo regular de determinados fármacos, también se relacionan con la presencia de la diabetes en etapas avanzadas de la vida. Los adultos mayores suelen acumular mayor adiposidad global y visceral, lo que reduce los efectos de acción de la insulina. De acuerdo con la ENSANUT 2012, 40.2% de los adultos mayores con 60 años o más entrevistados tuvieron sobrepeso, 30% obesidad y 82.4% obesidad abdominal. Los estilos de vida poco saludables como el consumo de tabaco y alcohol, la baja actividad física y hábitos dietéticos con alto contenido de calorías, carbohidratos y grasas aumentan el riesgo de aparición de diabetes (Villalpando *et al.*, 2010). Algunos estudios señalan que la prevalencia de diabetes en adultos mayores seguirá en ascenso debido al aumento de los diagnósticos clínicos, la supervivencia de las personas y el envejecimiento de la población (Villalpando *et al.*, 2010).

Holt y Lo (2007: 149-150) señalan en su trabajo que hay un gran rango de variables sociodemográficas relacionadas con la salud, entre ellas se menciona a los ingresos, la pobreza, la riqueza, el nivel de escolaridad, el estatus ocupacional y de empleo, posesión de vivienda y propiedades, el estatus socioeconómico y el grado de urbanización. Esta última variable puede ayudar a interpretar las variaciones geográficas en la salud porque está vinculada con beneficios que afectan a la salud como es el hecho de que aumentan los recursos físicos y humanos en determinadas áreas. Estos autores señalan que hay evidencia empírica de los efectos positivos y negativos en la mortalidad debido a la urbanización, y señalan que la correlación positiva de la mortalidad, con la privación material y social, así como de la densidad poblacional.

En el estudio de Siordia y otros (2012) se muestra la relación espacial que hay entre pobreza y la prevalencia diabetes mellitus durante 2005-2009 en Estados Unidos a nivel de condado. Hacen uso de la técnica de regresión geográficamente ponderada para predecir la prevalencia de diabetes autoreportada a nivel macro con pobreza y hallan que no se asocia siempre positivamente. Lo cual significa que se deben interpretar con precaución los datos realizados con otras técnicas donde se ha encontrado que la pobreza está asociada positivamente con la pobreza. Además de que las estadísticas muestran que donde hay más privaciones económicas presentan las tasas de diabetes más altas.

Material y métodos

Este trabajo tiene el objetivo de responder si existe asociación espacial entre la mortalidad por diabetes mellitus en adultos mayores de 60 años y más y el acceso a servicios de salud, la estructura etaria, el porcentaje de localidades rurales, y pobreza en el territorio mexicano en el periodo 2005-2010. Así mismo se desea demostrar la no heterogeneidad de la mortalidad por esta causa y las variables explicativas mencionadas anteriormente. Para alcanzar dicho objetivo se usaron diversas fuentes de información que en los siguientes párrafos se describen.

El número de defunciones de adultos mayores de 60 años de edad por diabetes mellitus se obtuvo de las Estadísticas Vitales de Mortalidad General de la Secretaría de Salud e INEGI considerando como filtro el lugar de residencia a nivel municipal durante un periodo de 6 años (2005 a 2010)¹. Las defunciones registradas son codificadas según los criterios de la

¹ Existe evidencia que las cifras observadas de mortalidad presentan problemas de subregistro y son muy diferentes entre estados. Lozano, Frenk y González (1996) señalan que el subregistro para la población de 60 años y más no es mayor al 5%. Para efectos de este ejercicio no se realizó ninguna corrección de subregistro y mala clasificación de las muertes observadas.

Clasificación Internacional de Enfermedades, tomando en cuenta la décima edición (CIE-10). De acuerdo a esta clasificación se utilizó el código E10 a E14, que corresponde al código de diabetes mellitus. Datos que no especificaban la edad o no coincidía el año de defunción con el periodo observado fueron excluidos del análisis.

Para calcular las tasas de mortalidad y las muertes esperadas se hizo uso de las Estimaciones de Población a Nivel Municipal 2005-2012 obtenidas de CONAPO. La población estimada para el año 2008, que corresponde a la mitad del periodo analizado, fue utilizada para realizar el cálculo. La cartografía necesaria para la georreferenciación se obtuvo del Marco Geoestadístico Nacional 2010 a nivel municipal de INEGI, este marco proporciona la ubicación de los municipios del país utilizando coordenadas geográficas (datos vectoriales)².

Las variables independientes que se utilizaron para el análisis estadístico son cuatro y están a nivel municipal: el porcentaje de la población sin derechohabiencia a servicios de salud (PSDHSS), índice de envejecimiento (IE), porcentaje población en localidades rurales (Rural) y porcentaje de población en pobreza patrimonial (Pob_Patrimonial). La variable PSDSS se obtuvo de los indicadores que conforman el Índice de Rezago Social de CONEVAL 2010. La variable IE es el cociente de la población de 60 años y más entre la población menor a 15 años multiplicando por 100 en el año 2010, los datos fueron obtenidos de las Estimaciones de Población Municipal CONAPO 2005-2010. La variable Rural se estimó de la muestra del censo de Población y Vivienda 2010 con representatividad municipal considerando el porcentaje de localidad con menos de 2,500 habitantes. Finalmente, la variable Pob_Patrimonial se obtuvo de CONEVAL 2010 y corresponde al porcentaje de población con insuficientes ingresos disponibles para adquirir la canasta alimentaria, así como realizar los gastos necesarios en salud, vestido, vivienda, transporte y educación, aunque la totalidad del ingreso del hogar fuera utilizado exclusivamente para la adquisición de estos bienes y servicios.

La regresión geográficamente ponderada de Poisson (GWR-P por su siglas en inglés) es la técnica del análisis espacial que se aplicará para investigar la existencia de la estacionariedad espacial entre la mortalidad por diabetes mellitus en la población de 60 años y las variables predictoras descritas anteriormente. El motivo de escoger este tipo de modelo de regresión es porque la mortalidad es una variable de recuento y se recomienda utilizar modelos basados en la

² Estos conjuntos de datos vectoriales se encuentran en formato shape y tienen proyección geográfica Cónica Conforme de Lambert (CCL) con datum de referencia ITRF92. Para efectos de este trabajo se cambiaron las coordenadas a WGS-1984.

distribución Poisson (Nakaya *et. al*, 2005; Holt & Lo, 2007). Si bien el número de defunciones por diabetes mellitus en adultos mayores está aumentando a nivel nacional, las tasas de mortalidad presentan diferencias por localidad de ocurrencia y residencia, edad, sexo y periodo de ocurrencia. El modelo de regresión de Poisson se puede expresar como:

$$\lambda_i = P_i \exp\left(\beta_0 + \sum_k \beta_k x_{ik}\right)$$

Donde λ_i es la media de una distribución para un recuento de y_i , variable dependiente, los β_s son funciones de regresión, x_s son variables independientes, y P_i es un desplazamiento utilizados para dar cuenta de una población en riesgo. Por lo que la extensión a GWR con el modelo de Poisson toma la forma:

$$\lambda_i = P_i \exp\left(\beta_0(u_i, v_i) + \sum_k \beta_k(u_i, v_i) x_{ik}\right)$$

Donde (u_i, v_i) denota las coordenadas del punto i -ésimo en espacio y β_0 y β_k son funciones continuas de (u, v) en el punto i .

Para hacer la GWR-P se utilizó el número de muertes observadas como variable dependiente, el número de muertes esperadas como variable offset o de compensación, y las variables de porcentaje de población en pobreza patrimonial, de población en localidades rurales, de población sin derechohabencia a servicios de salud y el índice de envejecimiento como variables predictores. El software que se ocupó para aplicar esta técnica espacial fue GWR 4.0.

El tipo de Kernel que se eligió para este modelo fue el Adaptativo Gaussiano, el método para el cálculo del ancho de banda fue el Golden considerando el criterio AIC para la calibración, recomendado por Nayaka (2014) para este tipo de modelos. Es así que el tamaño de ancho de banda óptimo obtenido de GWR 4.0 fue 50 con un AIC de 13336.354 (convergencia alcanzado después de ocho iteraciones). Las estimaciones de los parámetros locales se calcularon para cada una de las áreas censales (municipios) utilizando la geometría de los centroides de los polígonos (medidos en GWS 1984) como los puntos de regresión, se utilizó el software ArcGIS 10.2. Las estimaciones de los parámetros locales, residuos, z-valores locales, y las estimaciones de devianza explicada locales se exportaron a ArcGIS 10.2 para mapear los patrones espaciales. También se utilizó software GEODA 1.6 para el análisis descriptivo espacial.

Antes de mostrar los resultados del modelo de GWR-P, cabe mencionar que en 61 municipios no se obtuvieron datos para esta causa de muerte. Esto se puede explicarse por el

subregistro que hay en poblaciones de áreas rurales y que llega a ser 85%, mientras que el subregistro en el grupo etario mayor de 60 años no supera el 5% en (Lozano, Frenk y González, 1996)³. Por lo que se aplicó el método de interpolación Kriging para estimar dichos valores, y para aplicar la técnica de GWR es necesario no tener valores faltantes. Por lo cual, el método de interpolación permitió estimar las tasas brutas de mortalidad donde no se tenían dichas mediciones basados en los atributos de puntos observados y considerando la dependencia espacial entre las observaciones (Sánchez, 2014). La selección del método de interpolación fue Kriging Ordinario, y debido a que las tasas brutas de mortalidad por diabetes se acumulan a la derecha se transformó la variable y el mejor ajuste fue una función Box-Cox con parámetro de poder (λ) de 0.44⁴, el efecto del tipo de modelo fue Exponencial y el número de lags de 30. Los valores predichos con este método fueron sustituidos en los 61 municipios que no se tenían tales valores, además dos municipios en el estado de Chiapas (Tuxtla Gutiérrez y Tonalá) registraron tasas muy altas por lo tanto se eligieron las tasas predichas por el método de interpolación. Una vez obtenidas todas las tasas se procedió a calcular el número de muertes observadas y las esperadas para cada municipio para así poder aplicar el GWR-P.

Resultados y discusión

1. Análisis Espacial Descriptivo

Para tener una imagen del comportamiento espacial de la mortalidad por diabetes mellitus en los adultos mayores de 60 años se utilizaron las técnicas del análisis exploratorio de datos espaciales. Con estas herramientas se visualizó y estimo la autocorrelación de este fenómeno con las variables independientes mencionadas en la sección anterior.

Se procedió primero a mapear la razón de mortalidad estandarizada (REM)⁵. La figura 1 muestra cual es el comportamiento de la REM en el país, se observa que los riesgos de morir por esta causa en la población mayor de 60 años no tienen un patrón de agrupamiento espacial en el país, hay heterogeneidad en la concentración de municipios con riesgos similares. Por ejemplo,

³ Del total de municipios, 44 de ellos son localidades rurales, además de que no se registra población menor de 15 años en 2010.

⁴ Se realizaron varios escenarios con distintas λ , así como la transformación logarítmica.

⁵ Nayaka et. al. (2005) señala que para modelar las tasas de incidencia de enfermedades es recomendable usar la razón de mortalidad estandarizada. Ésta permite comparar las muertes de manera regional. El cálculo se realiza de la siguiente manera: $REM = O_i / E_i$ donde i indica el lugar i , O_i son las muertes observadas y E_i las muertes esperadas basadas sobre la referencia de la tasa estandarizada de mortalidad por la estructura demográfica del lugar o de la región.

los agrupamientos con más incidencia de morir por esta enfermedad se localizan en municipios del Noroeste y Noreste del país, aunque también se observan agrupamientos de menor área en municipios del Este, Sur y Centro del país.

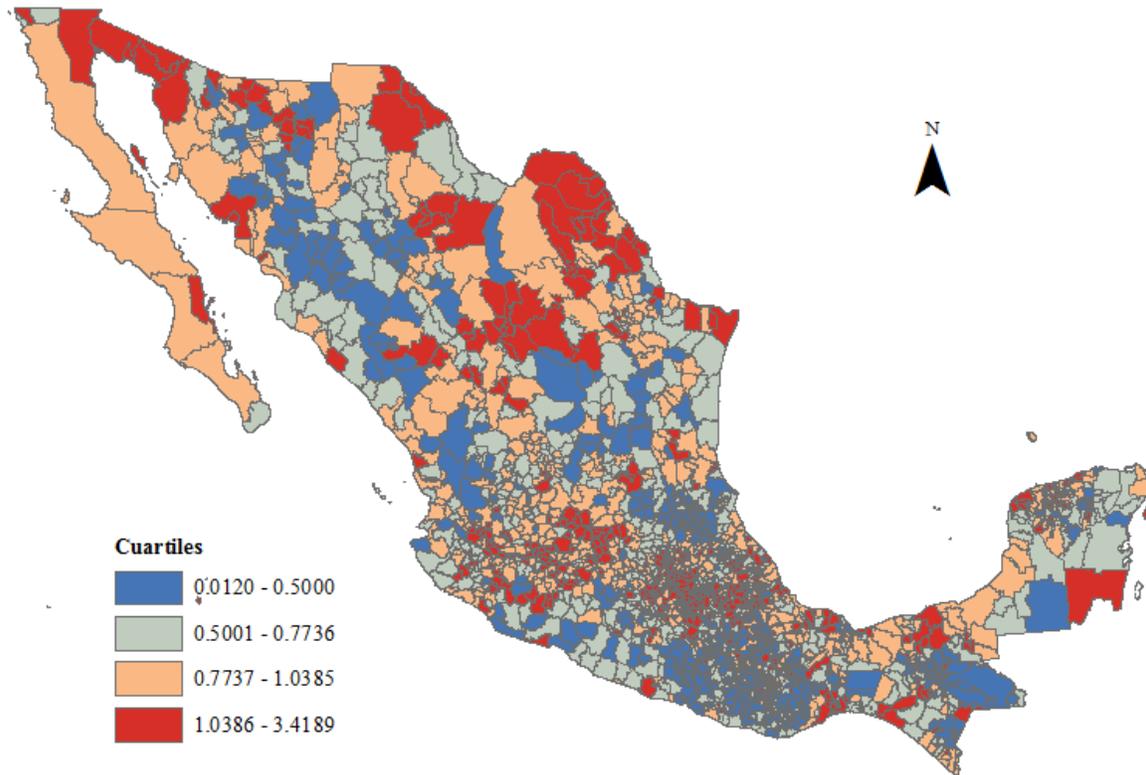


Figura 1. Mapa de la distribución por cuartiles de la Razón Estandarizada de Mortalidad por Diabetes Mellitus en personas mayores de 60 años en México, 2005-2010

Fuente: Elaboración propia con base en las Estadísticas Vitales de Mortalidad 2005-2010, SSA-INEGI; Estimaciones de Población municipal 2005-2012, CONAPO.

En este mismo sentido fueron mapeadas las tasas ajustadas de mortalidad (no incluido en el trabajo) y se observa el mismo agrupamiento que en el mapa de la REM. Se aprecia que las tasas más grandes se localizan en donde están las REM con valores mayores, por ejemplo, en los municipios que registraron tasas de 25.97 a 116.09 por cada mil habitantes corresponde a los cuartiles de la REM que contienen valores de 1.03 a 3.42 (color rosa y rojo de la Fig. 1). Cabe mencionar que es sorprendente que se tienen municipios donde el riesgo llega a triplicarse. Ejemplo de ello es Villaflores, municipio en Chiapas, que tiene el riesgo de morir por diabetes mellitus en adultos mayores más alto del país y la situación puede ser alarmante si se vincula que 78.4% de su población está en pobreza patrimonial.

Se calcularon las I de Moran e Indicadores Locales de Asociación Espacial (LISA) con el propósito de identificar la relación espacial de la variable dependiente (REM) y las variables independientes (PSDHSS, IE, Rural, y Pob_Patrimonial). Para fines de este ejercicio se eligió una matriz de pesos geográficos de continuidad reina de primer orden. En la tabla 1 se resume estas medidas y se observa que REM tiene una I de Moran de 0.49, por lo que hay evidencia de una fuerte autocorrelación espacial que indica la agrupación de valores similares (bajos-bajos o altos-altos) por tener signo positivo. Todas las variables predictoras tienen el mismo comportamiento de manera individual. Situación que cambia al calcular las I de Moran bivariadas, en tres de las variables independientes se observa que el indicador es negativo (los valores disimiles tienden a agruparse en el espacio) y los valores de este indicador muestran que la autocorrelación es menos fuerte. Para el índice de envejecimiento si bien el signo de la I de Moran es positivo, el valor es cercano a cero.

Tabla 1. I de Moran Univariadas y Bivariadas

Variable	I de Moran	I de Moran Bivariada
Razón Estandarizada de Mortalidad	0.4994 *	NA
% Población:		
Sin derechohabencia a servicios de salud	0.4365 *	-0.0309
En localidades rurales	0.4477 *	-0.3670
En pobreza patrimonial	0.7173 *	-0.3942
Índice de envejecimiento	0.3244 *	0.0551 *

* $p < 0.001$

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 2 se presenta el mapa de clústeres de LISA para la REM, y se puede observar, con un nivel de significancia de $p < 0.05$, que existen clústeres distribuidos de manera heterogénea a lo largo del territorio. Se aprecia que los agrupamientos con REM's de valores similares y que están distribuidos en el Centro, Norte y Sur del país, que podría relacionarse con las condiciones de infraestructura, de salud y demográficas propias de los municipios. En la figura 3 se muestran los clústeres mediante LISA de la REM y PSDHSS⁶, y en el mapa se observa un mayor agrupamiento de valores disimiles destacando los municipios donde se presenta el mayor riesgo de morir por diabetes y un mayor porcentaje de población con acceso a los servicios de salud.

⁶ Para fines de este ejercicio sólo se muestra el mapa de LISA para la variable de porcentaje de población sin derechohabencia a salud (PSDSS) pues se considera que esta variable es determinante en la salud de la población.

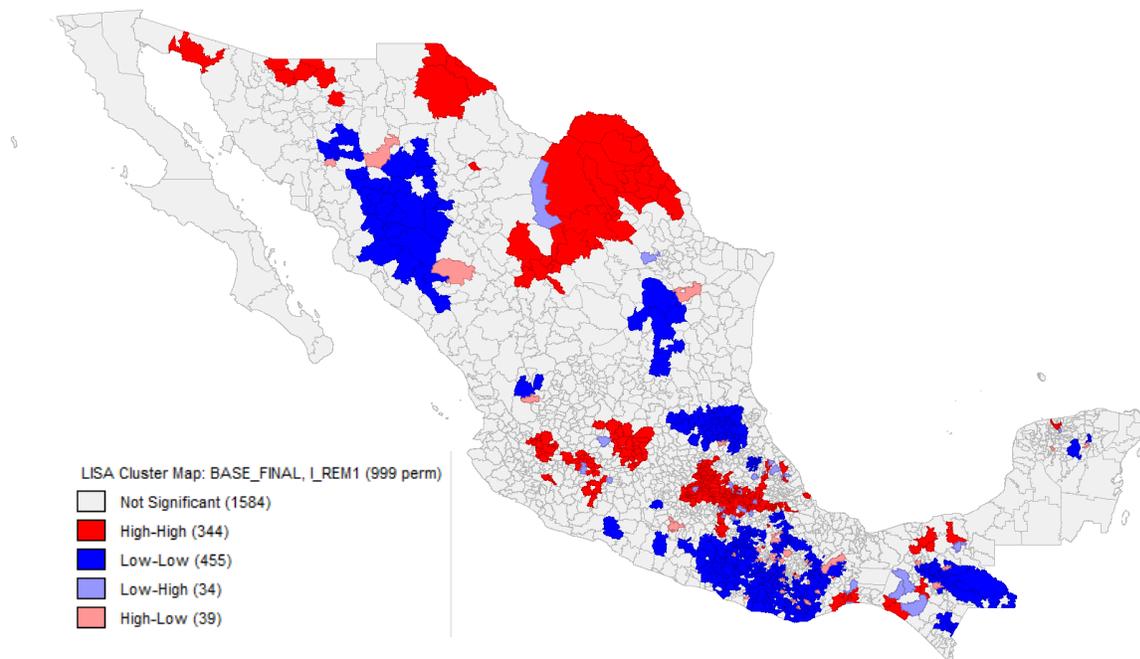


Figura 2. LISA. Mapa Clústeres de la Razón Estandarizada de Mortalidad

Fuente: Elaboración propia.

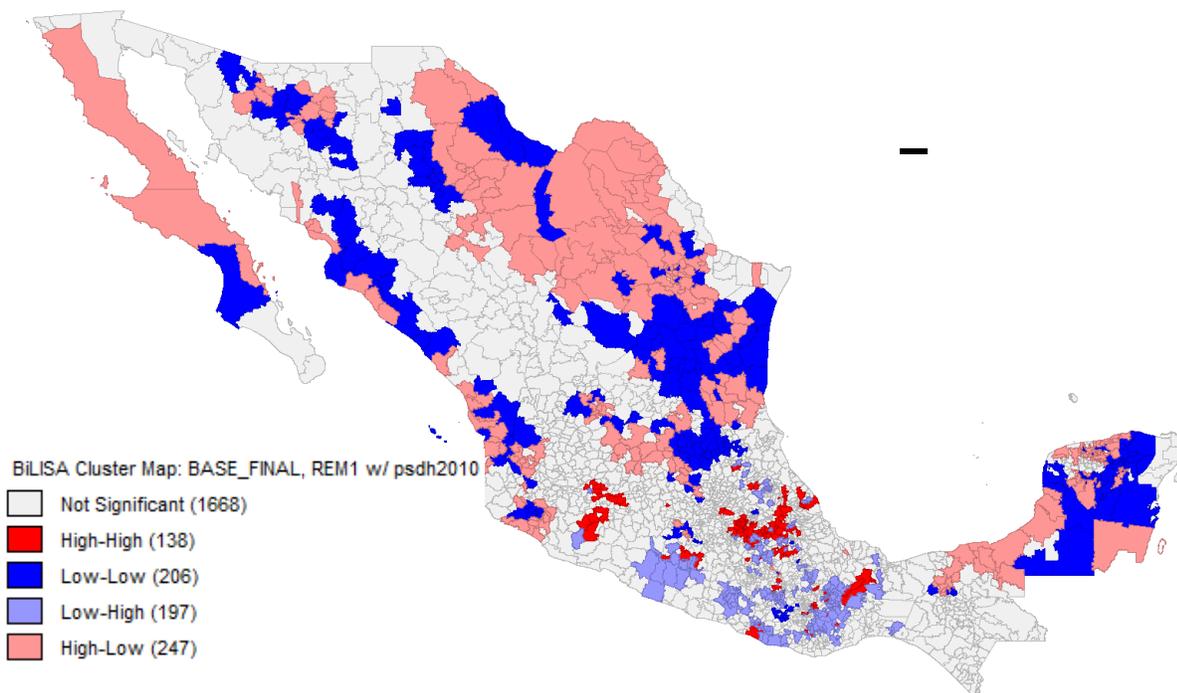


Figura 3. LISA. Mapa Clústeres de la Razón Estandarizada de Mortalidad y Porcentaje de población sin derechohabiencia a servicios de salud

Fuente: Elaboración propia.

2. Análisis de no estacionariedad espacial

A continuación, se presenta el análisis de la no estacionariedad de los datos. GWR-P permite explorar como es la asociación entre el riesgo de morir por diabetes mellitus y las variables explicativas. Esta técnica nos permite identificar en que zonas es mejor el modelo y si los efectos que tienen las variables en las regiones son iguales u opuestos.

En la tabla 2 se muestran los parámetros estimados de la regresión global y se observa que únicamente tiene un efecto positivo la variable PSDHSS, es decir, el riesgo de morir aumenta con el aumento del porcentaje de población que no cuenta con acceso a servicios de salud. Todos los parámetros son estadísticamente significativos con $\alpha=0.5$.

Tabla 2. Resultados de Regresión Global

VARIABLES	Parámetros Estimados (β_k)	Estándar Error	$\exp(\beta_k)$	t-value
Intercepto	0.30737	0.01045	1.35984	29.423
% Población:				
Sin derechohabencia a servicios de salud	0.00070	0.00002	1.00070	45.386
En localidades rurales	-0.00668	-0.00668	0.99334	-68.433
En pobreza patrimonial	-0.00225	-0.00225	0.99775	-13.235
Índice de envejecimiento	-0.00214	-0.00214	0.99786	-15.480

AIC: 22254.656792 AICc:22254.681282 Porcentaje de Devianza Explicada: 0.399375

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 3 se muestra el resumen de cinco valores de la distribución de los coeficientes del modelo GWR-P (mínimo, primer cuartil, mediana, tercer cuartil y máximo) que se obtienen después de realizarse las 2,456 regresiones. Se puede observar que todos los parámetros oscilan de valores negativos a positivos, lo cual permite deducir que estos valores varían de manera importante entre los municipios del país. Por ejemplo, el coeficiente para la variable PSDSS tiene un valor mínimo de -0.027 lo cual indica el efecto negativo que existe en algunas zonas mientras que en otras el efecto es contrario pues llega a ser positivo tomando un valor máximo de 0.012. Para el caso del coeficiente de PSDSS se observa que los valores comienzan a ser positivos a partir del primer cuartil, lo cual indica que a mayor porcentaje de población sin derechohabencia a servicios de salud es más posible que se estén presentando casos de muerte por diabetes mellitus. Por otra parte, se presenta DIFF Criterion, criterio que indica si hay variabilidad espacial y que compara los términos locales con el global y si la diferencia es positiva indica que no hay variabilidad espacial. En el ejercicio se obtienen que todos los valores son negativos, por

lo que se puede decir que los efectos de las variables PSDSS, Rural, IE, y Pob_Patrimonial no se comporta de la misma manera entre los municipios y por lo tanto hay diferencias locales.

Tabla 3. Resultados de Regresión Geográficamente Ponderada Poisson

Variables	Mínimo	Primer cuartil	Mediana	Tercer cuartil	Máximo	DIFF of Criterion
Intercepto	-0.321	0.111	0.502	0.502	2.226	-1000.481
% Población:						
Sin derechohabiencia a servicios de salud	-0.027	0.001	0.006	0.006	0.012	-1132.462
En localidades rurales	-0.010	-0.007	-0.004	-0.004	0.001	-278.347
En pobreza patrimonial	-0.022	-0.008	-0.001	-0.001	0.008	-956.837
Índice de envejecimiento	-0.020	-0.004	-0.0005	-0.0005	0.004	-485.416

AIC: 13325.349790 AICc: 13336.354414 Porcentaje de Devianza Explicada: 0.646307

Nota: Los valores positivos de diff-Criterion (AICc, AIC, BIC/MDL or CV) sugiere que no hay variabilidad espacial en términos del criterio del modelo seleccionado.

Fuente: Elaboración propia.

En las figuras 4, 5, 6 y 7 se muestran los coeficientes locales del modelo GWR-P en donde son significativos dichos valores y para cada una de las variables independientes. En la figura 4 se puede apreciar el comportamiento espacial del coeficiente de PSDSS, y se observa que los valores muy bajos están localizados al Noroeste, Sureste y Occidente del país, mientras que los valores muy altos se concentran en el Noroeste y Centro del país, así como en municipios del Occidente. Se debe mencionar que las zonas del Centro, Occidente y Sureste concentran los municipios con mayor porcentaje de población sin derechohabiencia, lo cual puede ser contradictorio porque se esperaba que en los lugares donde se tiene menos acceso a servicios de salud las personas enfermen más, sin embargo, la epidemiología de las enfermedades crónico-degenerativas, como la diabetes mellitus, han sido relacionadas más con estilos de vida y alimentación.

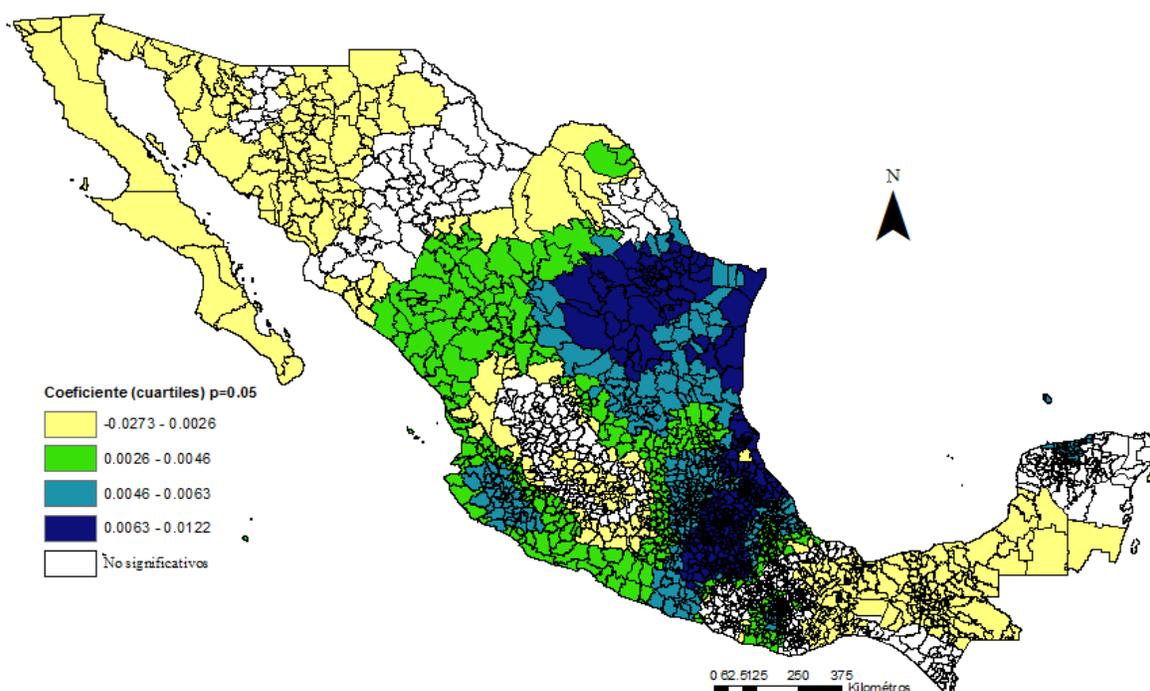


Figura 4. Mapa GWR Poisson. Coeficiente de porcentaje de población sin derechohabencia a servicios de salud

Fuente: Elaboración propia con base en las Estadísticas Vitales de Mortalidad 2005-2010, SSA-INEGI; Estimaciones de Población municipal 2005-2012, CONAPO; Indicadores de Rezago Social 2010, CONEVAL.

El coeficiente de la variable Rural muestra gran mutabilidad incluso dentro de las mismas zonas en las que se divide el país⁷. Por ejemplo, los municipios de la zona del Noroeste tienen coeficientes que varían de los valores más bajos hasta los más altos. El efecto que tiene este coeficiente en la mortalidad por diabetes mellitus en adultos mayores suele ser mayor en las zonas del norte donde la población rural es inferior al 25% de la población de esos estados⁸ y contrasta con el mismo efecto para estados del Sureste donde la población rural es mucho mayor. En el primer caso podría estar asociado con estilos de vida más sedentarios y dietas, mientras que para los municipios del Sureste podría asociarse con factores estructurales de vivir en zonas rurales y por ello las personas tienen menos posibilidad de ser diagnosticadas con la enfermedad y llevar un tratamiento.

⁷ Noroeste: Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Sinaloa y Sonora. Noreste: Coahuila, Durango, Tamaulipas, Nuevo León, y San Luis Potosí. Centro: Distrito Federal, Estado de México, Guerrero, Hidalgo, Morelos, Puebla y Tlaxcala. Occidente: Aguascalientes, Colima, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Querétaro y Zacatecas. Sureste: Campeche, Chiapas, Oaxaca, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán.

⁸ Dato tomado de <http://www.cepal.org/celade/noticias/paginas/6/47466/5-2JoseLuisAvila.pdf>

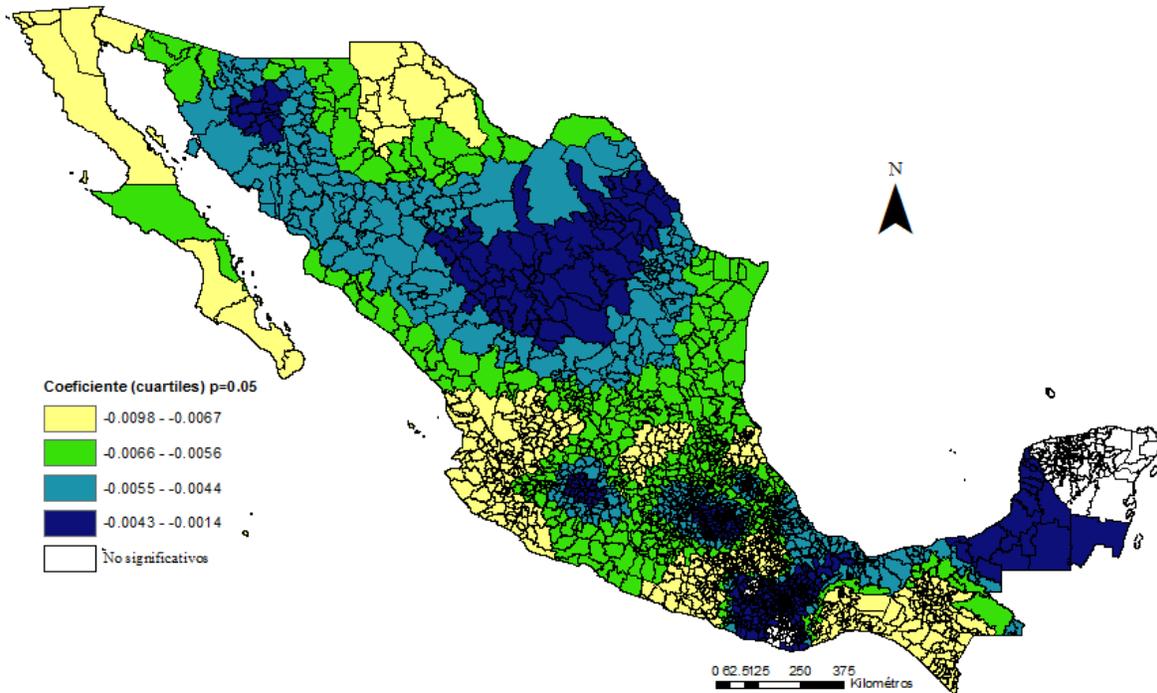


Figura 5. Mapa GWR Poisson. Coeficiente de porcentaje de población rural

Fuente: Elaboración propia con base a las Estadísticas Vitales de Mortalidad 2005-2010, SSA-INEGI; Censo de Población y Vivienda 2010, INEGI.

El efecto del coeficiente de Pob_Patrimonial se muestra en la figura 6 y se observa un efecto mayor en las zonas donde el porcentaje de población en pobreza patrimonial es menor. Lo que hace suponer que la mortalidad por esta causa en adultos mayores está más asociado a estilos de vida. Estos resultados son similares con los obtenidos por Siordia y otros (2012), quienes muestran la relación geoespacial de diabetes mellitus con las condiciones socioeconómicas y medioambientales propias del lugar y obtienen que no hay una asociación positiva entre la diabetes mellitus y la pobreza.

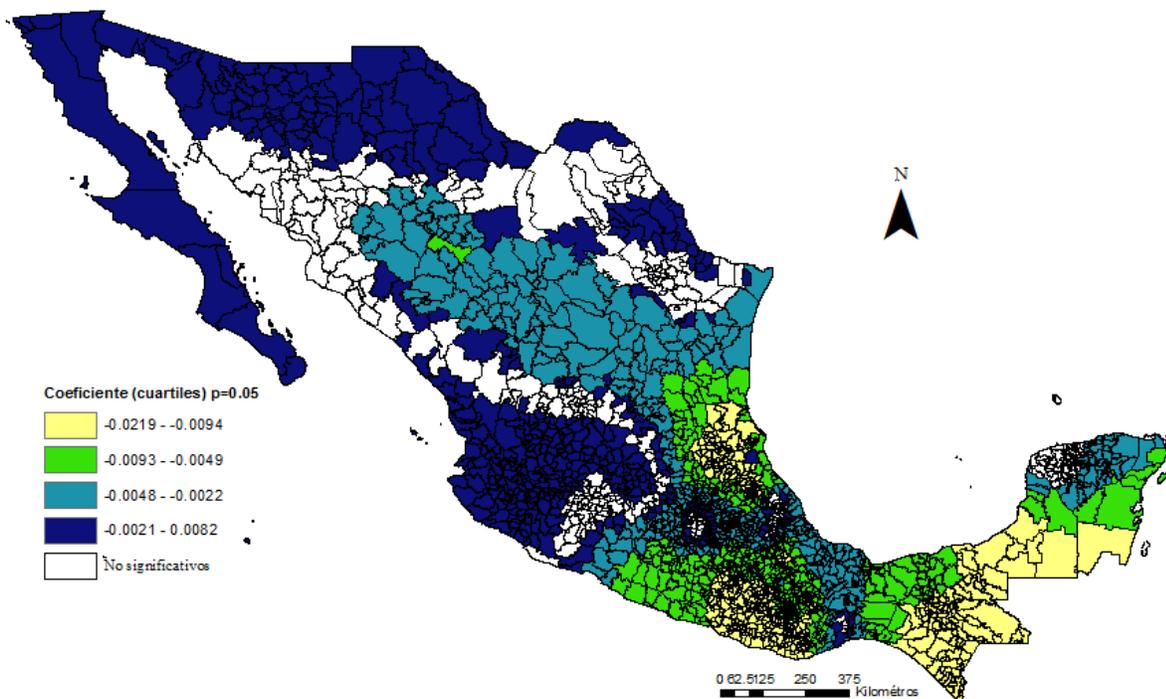


Figura 6. Mapa GWR Poisson. Coeficiente de porcentaje de población en Pobreza Patrimonial
 Fuente: Elaboración propia con base a las Estadísticas Vitales de Mortalidad 2005-2010, SSA-INEGI; Evolución de la Pobreza de Ingresos 2000-2010, CONEVAL.

La figura 7 muestra los coeficientes del índice de envejecimiento. Cabe señalar que el país muestra una gran heterogeneidad en la composición y estructura de la población por localidades, municipios y estados. Es así que, en términos generales, el IE es mayor en municipios del Norte del país y en el Sur sucede lo contrario, ya que la mayoría de los municipios presentan IE menores. Por lo que se observan que los efectos de esta variable son muy heterogéneos entre las mismas regiones. Efectos menores se aprecian en los municipios del Norte (en los límites de la frontera) así como en los municipios cerca de la frontera sur. Mientras que los efectos mayores están localizados en algunos municipios del Noroeste, Occidente y Centro. Por lo cual, no se encuentra una asociación espacial de esta variable con la mortalidad por diabetes mellitus (lo cual se presenta con la I de Moran que es 0.05, una autocorrelación muy débil). Así que se propone realizar otro análisis considerando grupos etarios de esta población, las estadísticas muestran que los adultos mayores más jóvenes (60 a 79 años) mueren más por esta enfermedad.

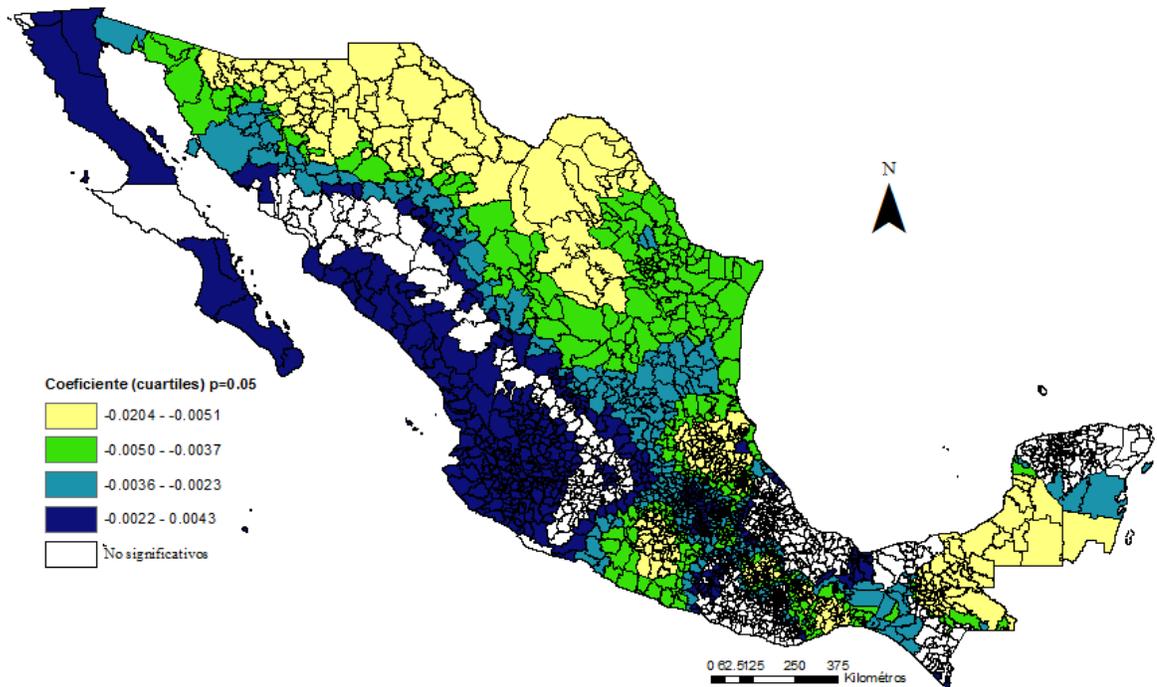


Figura 7. Mapa GWR Poisson. Coeficiente del Índice de Envejecimiento

Fuente: Elaboración propia con base a las Estadísticas Vitales de Mortalidad 2005-2010, SSA-INEGI; Estimaciones de Población municipal 2005-2012.

En la figura 8 se muestra donde es mejor el ajuste del modelo propuesto. Para ello se mapeo el porcentaje local de devianza explicada. Se aprecia que el modelo se ajusta mejor en municipios del Noroeste cerca de la frontera Norte así como del Noreste. También se ajusta bien en municipios del Occidente y Sur del país. Visualmente se percibe que son menos los municipios (color amarillo y verde) en donde no se ajusta muy bien el modelo, es decir, nuestras variables tienen un menor poder predictivo explicando la mortalidad por diabetes mellitus en adultos mayores. Finalmente, se debe señalar que el Criterio de Información de Akaike (AICc) sugiere que el modelo local es mejor que el modelo global (13336.35 vs. 22254.68, respectivamente).

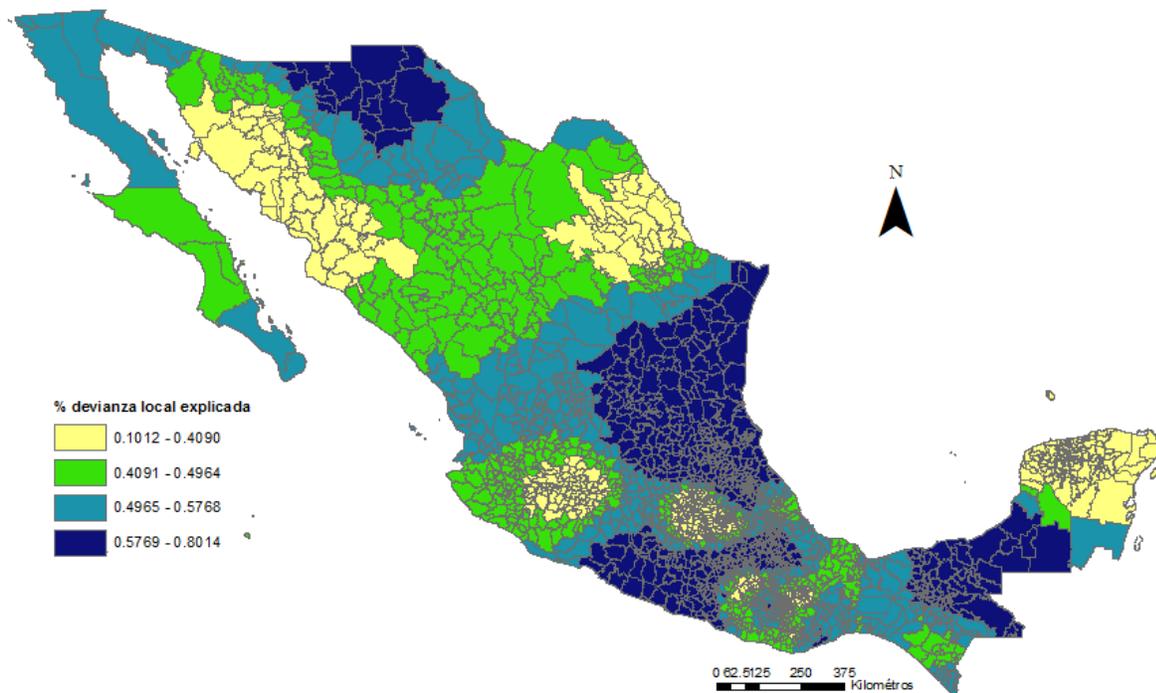


Figura 8. Ajuste Local – Porcentaje de devianza explicada

Fuente: Elaboración propia con base a las Estadísticas Vitales de Mortalidad 2005-2010, SSA-INEGI; Estimaciones de Población municipal 2005-2012, CONAPO; Indicadores de Rezago Social 2010 y Evolución de la Pobreza de Ingresos 2000-2010, CONEVAL; Censo de Población y Vivienda 2010, INEGI.

Consideraciones finales

Realizar análisis epidemiológicos a nivel agregado espacialmente no ha sido muy explotado, y tal vez una de las razones se debe a la limitación de la información sobre el tema. Variables explicativas como ingresos hospitalarios, tasas de incidencia o prevalencia, entre otras, no están a nivel agregado. Por lo cual se podría instar a las instituciones de salud a tener bases de datos abiertas con esta información. Por otra parte, este tipo de análisis permite comprender de manera espacial como el envejecimiento poblacional es heterogéneo y como las variables contextuales pueden dar señal de las situaciones que afectan o benefician a este grupo poblacional en particular.

Referencias bibliográficas

Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL). Índice de Rezago Social 2010 a nivel municipal. CONEVAL. Recuperado de <http://www.coneval.gob.mx/Medicion/Paginas/%c3%8dndice-de-Rezago-social-2010.aspx>, Acceso noviembre de 2014

- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL). Evolución de la pobreza por ingresos 1990-2010. CONEVAL. Recuperado de <http://www.coneval.gob.mx/Medicion/Paginas/Evolucion-de-las-dimensiones-de-la-pobreza-1990-2010-.aspx>, Acceso noviembre de 2014.
- Consejo Nacional de Población (CONAPO). Estimaciones de Población a nivel municipal 2005-2010. **CONAPO**. Recuperado de http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Proyecciones_Datos, Acceso noviembre de 2014.
- Consejo Nacional de Población (CONAPO). Conciliación censal de la población 1990-2010. **CONAPO**. Recuperado de http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Proyecciones_Datos, Acceso noviembre de 2014.
- Gómez, R., Diez-Espino, J., Formiga, F., Lafita, J., Rodriguez, L., González-Sarmiento, E. Menendez, E., Sangros, J. Conferencia de Consenso: Tratamiento de la diabetes tipo 2 en el paciente anciano. **Medicina Clínica**, 2012. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1016/j.medcli.2012.10.003>
- Holt, J. & Lo, C.P. The geography of mortality in the Atlanta metropolitan area. **Computers, Environment and Urban Systems**. 32 (2008). p.149-164, 2007.
- International Diabetes Federation. (*IDF*). **Diabetes Atlas, 6th edn**. Brussels, Belgium: IDF, 2013. Recuperado de <http://www.idf.org/diabetesatlas>, Acceso en noviembre 2014.
- Instituto Nacional de Geografía e Informática (INEGI). *Estadísticas a propósito del Día Mundial de la Diabetes*. Aguascalientes, **INEGI**, 18p, 2013. Recuperado en <http://www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/Contenidos/estadisticas/2013/diabetes0.pdf>, Acceso en noviembre 2014.
- Instituto Nacional de Geografía e Informática (INEGI). Marco Geoestadístico Nacional 2010, Datos vectoriales a nivel municipal. **INEGI**, 2014. Recuperado en http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geoestadistica/m_geoestadistico.aspx
- Lozano, R., Frenk, J. y González, M. El peso de la enfermedad en adultos mayores, México 1994. **Salud Pública de México**, Vol. 38 (6), p. 419-429, 1996. Recuperado en <http://www.redalyc.org/pdf/106/10638604.pdf>, Acceso noviembre de 2014
- Nakaya, T. GWR 4 User Manual. **GeoDa Center for Geospatial Analysis and Computation**. Recuperado de https://geodacenter.asu.edu/drupal_files/gwr/GWR4manual.pdf, 2014.
- Nakaya, T., Fotheringham, S., Brunson, C. and Charlton, M. Geographically weighted Poisson regression for disease associative mapping. **Statistics in Medicine**, 24, p. 2695-2717, 2005.
- Sánchez-Peña, L. **Notas de Clase de Análisis Espacial**, El Colegio de México, 2014.
- Secretaría de Salud- Instituto Nacional de Geografía e Informática. (SSA-INEGI). **Registros administrativos-Bases de datos de Mortalidad, 2005-2010**. SSA-INEGI Recuperado de <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/microdatos/encuestas.aspx?c=33398&s=est>, Acceso noviembre, 2014.
- Siordia, C., Saenz, J., & Tom, S. (2012). An introduction to macro-level spatial nonstationarity: A geographically weighted regression analysis of diabetes mellitus and poverty. **Journal of Studies and Research in Human Geography**, p. 5-13, 2012.
- Villalpando, S., Shamah-Levy, T., Rojas, R., & Aguilar-Salinas, C.A. Trends for type 2 diabetes and other cardiovascular risk factors in Mexico from 1993-2006. **Salud Publica Mex**, 52 (1), p. 72-79, 2010.