

# Marginación a través de un modelo gravitacional. El caso de Guanajuato

*Ernesto Cervantes López<sup>1</sup>*

*José Luis Coronado Ramírez<sup>2</sup>*

*Sebastián A. Vargas Molina<sup>3</sup>*

## **Introducción**

En este siglo XXI existen varios problemas de gran importancia en México, tales como la violencia, la inseguridad y el rezago social. Es un país con desigualdades sociales muy marcadas, sobre todo en las regiones de Chiapas y Oaxaca. Estas asimetrías se observan entre regiones y al interior de ellas, incluso en las que ocupan lugares sobresalientes por su desarrollo económico.

Así, encontramos regiones que han logrado tener una participación económica destacada a nivel nacional, como lo es la región del Bajío, aunque hay una inquietud interesante dentro de los diferentes enfoques que se le puede dar al éxito

---

1

2

3

obtenido, y es precisamente la importancia de la marginación en cada uno de los estados que conforman la región, ya que es un reflejo medible de las diferencias entre zonas administrativas, como los municipios y los grupos de éstos al interior de un estado, puesto que la marginación es, según el Consejo Nacional de Población (CONAPO), un fenómeno multidimensional y estructural cuya importancia radica en que:

(...) expresa la dificultad para propagar el progreso en el conjunto de la estructura productiva, pues excluye a ciertos grupos sociales del goce de beneficios que otorga el proceso de desarrollo. La precaria estructura de oportunidades sociales para los ciudadanos, sus familias y comunidades los expone a privaciones, riesgos y vulnerabilidades sociales que, a menudo, escapan al control personal, familiar y comunitario, cuya reversión requiere del concurso activo de los agentes públicos, privados y sociales. (2011, p. 11)

La definición y cuantificación de la marginación son realizadas por la construcción de un índice estadístico que permite valorar las diferentes dimensiones que conlleva este fenómeno, pero se ha cuestionado que el resultado del índice está constreñido al año para el cual se calcula (Gutiérrez-Pulido y Gama-Hernández, 2010), por lo que se han propuesto otros acercamientos (Bustos, 2009).

Sin duda, es complicado obtener buenas aproximaciones ante un fenómeno multidimensional y dinámico, pero una de las vertientes que seguirá activa es la mejora o búsqueda de alternativas que nos permitan acercarnos y medir con precisión el problema de la marginación, haciendo uso de la información estadística oficial que es generada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), principal eje rector de información oficial en el país.

Además, con la información que se genera cíclicamente en el CONAPO sobre el Índice de marginación, se propuso el uso de una modificación del modelo de la ley de la gravitación universal desarrollado por Issac Newton en el año de 1687 en su libro *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, que describe la interacción gravitatoria entre distintos cuerpos con masa. Es un modelo que permite considerar a la marginación como una magnitud activa (una especie de fuerza) entre los dos cuerpos, tomando en cuenta, en este caso, a las unidades político-administrativas municipa-

les, de tal manera que nos permita clasificarlas por la intensidad de dicha magnitud.

## Desarrollo del trabajo

### Teoría y metodología

Cuando hablamos de aspectos cuantitativos y cualitativos, es difícil unirlos para utilizar a ambos de manera adecuada en la solución de un problema, es decir, encontrar una alternativa a partir de dos áreas cuyo su origen es ajeno. Sin embargo, desde 1970 comenzaron las investigaciones en la sociofísica y econofísica, dos novedosas ramas de la física interdisciplinaria que busca utilizar métodos y conceptos de la física en el estudio de interacciones colectivas en sociedades, generando nuevas alternativas de aproximar fenómenos sociales y económicos a través de modelos físicos (Galam, 2012). En la geografía económica se ha visto la aplicación de estas alternativas (Wilson, 1971; Santos, 1994).

En nuestro caso seleccionamos como una alternativa el modelo gravitacional, utilizado en diferentes aplicaciones de la física clásica, es decir,

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r} . \quad (1)$$

Con la misma idea de exploración que buscó, en su momento, de estimar un fenómeno natural, ahora lo aplicamos a uno socioespacial, asociado una característica física como la distancia, en conjunto con variables demográficas (población de los municipios) y socioeconómicas (su grado de marginación). Así, seleccionamos el estado de Guanajuato para su análisis con base en la información del censo de 2010, y consideramos varios supuestos en la aplicación del modelo en el ámbito social. Para este trabajo, el modelo propuesto tiene la siguiente forma:

$$F_{IM} = IM_p \frac{p_p p_i}{r_2} . \quad (2)$$

Donde  $IM_p$  es el cociente del Índice de marginación de la ciudad a la que se mide la fuerza de interacción con respecto a cada uno de los distintos municipios que forman el estado.  $P_p$  y  $P_i$  representan el total de población en la ciudad  $p$  e  $i$  con  $p \neq i$  respectivamente. Las distancias  $r$  son resultantes de una matriz origen-destino que mide cada distancia euclidiana calculada a partir del CONAPO (2011), entre el municipio pivote y cada uno de los municipios del estado, a partir de sus centroides respectivos. Y  $F_{IM}$  es la fuerza resultante de la interacción entre las variables señaladas.

Observemos que el cociente entre el producto de la población y la distancia es un valor positivo, lo que deriva en que el signo de la fuerza está completamente determinado por el valor que tenga asociado el Índice de marginación  $IM_p$ , es decir, si denotamos como  $I_p$  el Índice de marginación pivote con respecto al resto de los municipios, cuyo índice lo podemos denotar  $I_j$  con  $j$  de 1 al total de municipios en el estado. Se observa que cuando  $j = p$  se tiene un cociente con la unidad.

$$IM_p = \frac{I_p}{I_j}. \quad (3)$$

Debemos cambiar la signatura ya que ahora sí existe la fuerza nula (que sería el caso consigo mismo), de esta manera tengo fuerzas positivas y negativas en función del cociente de índices. En el concepto de marginación como tal no tiene sentido el cero ya que no es ausencia de marginación, por lo tanto, realizamos el siguiente convenio:

$$\text{Signatura de } \left\{ \begin{array}{l} +IM_p \\ -IM_p \end{array} \right. = \left\{ \begin{array}{l} \text{si } \frac{-I_p}{+I_j} \text{ y } I_j > I_p \\ \text{si } \frac{+I_p}{-I_j} \text{ y } I_p > I_j \\ \text{si } \frac{+I_p}{+I_j} \text{ y } I_p = I_j \\ \text{en cualquier otro caso} \end{array} \right. \quad (4)$$

Esto se debe a que el cociente aplica solamente sobre los valores y va a prevalecer el signo del índice con mayor magnitud en relación al cero, recordemos que un índice negativo establece un menor grado de marginación en el área de estudio, pero el cero no es carencia de marginación, según lo establecido por el CONAPO (2011). Ante la transformación del co-

ciente y al tomar como referencia la relación de fuerzas interactuantes con respecto a un cuerpo, el concepto de cero toma el valor de la fuerza consigo mismo y resulta nula.

Bajo este esquema conceptual, se utilizó el Índice de Anselin-Moran (1988), que tiene un carácter local y que detecta la posible presencia de autocorrelación espacial en un determinado subconjunto de unidades espaciales, lo que permite obtener un índice para cada unidad espacial que se analiza: el municipio. Con lo anterior, se puede revisar el grado de dependencia individual de cada unidad espacial respecto a las demás. De los índices de tipo global, el de Moran (1988) es el más utilizado y tiene la siguiente forma:

$$I = \frac{n}{S_0} \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad \text{para } i \neq j \quad (5)$$

Donde  $S_0 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}$  con  $n$  el número de unidades espaciales,  $\bar{x}$  el promedio y  $w_{ij}$  el peso espacial entre la característica  $j$  e  $i$ . La manera más adecuada para analizar e interpretar el índice  $I$  es normalizándolo, y se obtiene un  $Z(I)$ , el cual es asintóticamente normal, lo cual nos permite afirmar que, si asume valores positivos y significativos bajo un nivel de confianza establecido, entonces la información presenta una autocorrelación espacial positiva, en caso contrario se tendrá una correlación espacial negativa. Y una variante al Índice de Moran es el propuesto por Anselin (1995), bajo el supuesto de una hipótesis de ausencia de autocorrelación. A nivel global se puede definir el siguiente índice local:

$$I = \frac{(x_i - \bar{x})}{m_2} \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_j - \bar{x}) \quad \text{para } i \neq j \quad (6)$$

$$\text{con } m_2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}.$$

Al realizar su estandarización, su interpretación es similar a la que se realiza sobre el índice global, con la característica adicional de que para valores  $Z(I)$  positivos y significativos se confirma la existencia de un clúster de valores muy similares alrededor de la unidad espacial  $i$ , y de la misma manera con valores negativos y significativos, se encuentra un clúster de

valores diferentes alrededor de la  $i$ -ésima unidad espacial, que para nuestro análisis corresponderá a los municipios.

## Resultados

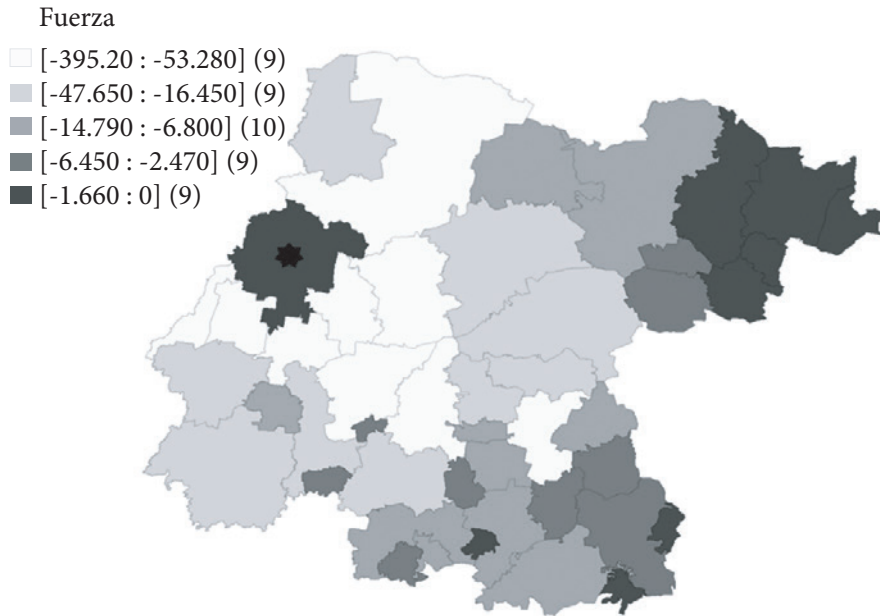
Al obtener la estimación de la fuerza resultante de un municipio, en este caso León, con respecto al resto de los municipios que pertenecen al estado de Guanajuato, se encuentra cada una de las fuerzas resultantes positivas o negativas, cuyo significado es muy similar al considerado en el CONAPO, es decir, entre más negativo es el valor de la fuerza menor grado de marginación asociado al municipio se tiene, y con la característica adicional de que entre más negativa sea su fuerza mejores serán las condiciones de referencia que se encuentran asociadas al Índice de marginación: educación, vivienda, ingresos, etcétera.

La estimación nos muestra un estado (Mapa 1) con poco grado de marginación: Silao (-395.3), Irapuato (-257.0), San Francisco del Rincón (-209.5) y Guanajuato (-133.5) son los municipios que representan los mejores índices de marginación y, por lo tanto, podríamos inferir menos rezago en la mayoría de los aspectos considerados al medir el concepto de marginación.

Se debe tener en consideración que al seleccionar el municipio de León como pivote para aplicar la variante del modelo gravitacional, junto con el resto de los municipios, se toma como una fuerza nula consigo mismo, es decir, la fuerza de León asume un valor de cero, y de manera implícita se convierte en el punto de referencia para la interpretación de las fuerzas, es decir, valores positivos conllevan un grado de marginación no adecuado mientras, como ya se ha mencionado, valores negativos se asocian con un mejor grado de marginación.

De esta manera, se tiene que los municipios con graves problemas de marginación son aquellos que se encuentran muy cercanos al cero, en el caso de que la fuerza de la variante del modelo gravitacional asuma valores negativos, y más alejados del cero cuando la fuerza que se calcula contenga valores positivos. Los municipios que presentan problemas de marginación para el estado de Guanajuato son: Atarjea (-0.4), Santa Catarina (-0.4), Xichú (-0.7), Coroneo (-0.7), Tarandacuao (-0.7 y Santiago Maraviato (-0.8).

Mapa 1. Fuerza expresada de la marginación respecto al municipio de León (municipio pivote marcado con una estrella negra), según municipios. 2010.



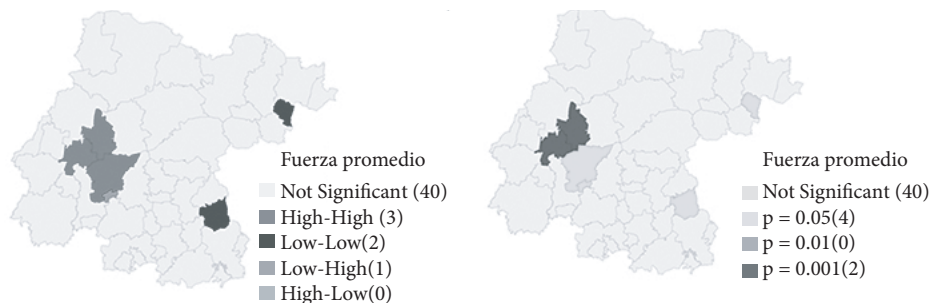
Fuente: Elaboración propia con cinco clases de intervalos acordes con las variables analizadas e información del CONAPO (2011).

Con la intención de validar aún más los resultados anteriores, se realizó la estimación del índice de Anselin-Moran (1995), donde se puede observar que en el primer cuadrante se ubican Silao, Irapuato y Romita, en el segundo cuadrante Pueblo Nuevo, y en el tercer cuadrante ubicamos a Santa Catarina y Apaseo el Alto (Mapa 2, izquierda). Al obtener diferentes niveles de significancia por medio del estadístico de prueba  $p$ -valor, observamos resultados congruentes ya que Silao y Romita son altamente significativos con un  $p = .001$ , y Pueblo Nuevo, Santa Catarina, Apaseo el Alto e Irapuato son significativos con  $p = .05$  (Mapa 2, derecha).

Observamos que con respecto al comportamiento de cada una de las entidades y su distribución, existen al menos cuatro entidades atípicas, fuertemente en el primer cuadrante. En el tercer cuadrante se observa un clúster un

poco más denso y cercano entre sí. El segundo cuadrante concentra el resto de las entidades, y sólo una aparece en el cuarto cuadrante (Mapa 2).

Mapa 2. Fuerzas promedio y sus niveles de significancia para el Índice de Anselin-Moran.



Fuente: Elaboración propia.

## Conclusiones

Como se ha apreciado, la idea central de asociar espacialmente la marginación como fenómeno social de fuerza gravitacional con variables sociodemográficas, tiene interesantes resultados. La aproximación de la sociofísica a temas sociales, como la marginación, demuestra ser un campo de análisis interesante por las posibilidades que ofrece: poder observar territorialmente cómo impulsa o no la marginación la distribución de los municipios en una región definida. Los principios gravitacionales siguen aportando elementos para encontrar respuestas a cuestiones de políticas sociales.

El estado de Guanajuato, dentro de la región del Bajío, tiene territorios con atracción notable, a partir del municipio de León, en los que la marginación comparte magnitudes semejantes, esto crea como consecuencia espacios estatales en los que ocurre lo contrario; son los municipios guanajuatenses más alejados de León. Allí la marginación, relativa a la fuerza que ejerce, parece mantener los altos valores que cualquier política pública desearía reducir.

La estandarización del Índice de Moran permite observar los casos singulares, tanto para observar los valores promedio de atracción y repulsión (o no-atracción), como los niveles de significancia mostrados por algunos



municipios. La identificación clara de las fuerzas resultantes son un válido identificador de los patrones de distribución geográfica de la influencia de la marginación a través del Índice de Marginación, a partir del municipio más importante en demografía y otras características socioeconómicas a analizar.

## Referencias

- Anselin, L. (1995). Local Indicators of Spatial Association-LISA. *Geographical Analysis*, 27(2), 93-115.
- Anselin, L. (1988). *Spatial Econometrics: Methods and Models*, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Bustos y de la Tijera, V.A. (2009). Indicadores sintéticos para seguir la evolución en el tiempo de fenómenos multidimensionales: una propuesta metodológica. *Boletín del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica*, 2(3), **AGREGAR PÁGINAS**.
- Consejo Nacional de Población (2011). *Índice de marginación por entidad federativa y municipio 2010*. México: CONAPO.
- Galam, S. (2012). *Sociophysics. A Physicist's Modeling of Psycho-political Phenomena*. United States: Springer.
- Gutiérrez Pulido, H. y Gama-Hernández, V. (2010). Limitantes de los índices de marginación de CONAPO y propuesta para evaluar la marginación municipal en México. *Papeles de Población*, 16(66), 227-257.
- Newton, I. (1687). *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*. **AGREGAR PAÍS: EDITORIAL (si es que la edición tiene esos datos)**
- Santos, J.M. (1994). Los modelos de interacción espacial y el análisis de los flujos migratorios interregionales. Aplicación al territorio español. *Espacio, Tiempo y Forma*, Serie VII, Geografía, t.7, 51-81.
- Wilson, A.G. (1971). A family of spatial interaction models, and associated developments. *Environment and Planning*, **AGREGAR NÚMERO DE VOLUMEN**(3), 1-32.

