

Modelación espacial bayesiana del riesgo de inmigración municipal en Chiapas

Bayesian spatial modeling of municipal immigration risk in Chiapas

Gerardo Núñez Medina¹, Jorge López Arévalo²

¹ CEDES-Universidad Autónoma de Chiapas, Chiapas, México.

² Profesor, Universidad Autónoma de Chiapas, Chiapas, México.

Recibido: 01/08/2018

Aceptado: 04/02/2019

Correspondencia: Gerardo Núñez Medina. C. Abutilon 378, Tuxtla G. Chiapas. México. E-mail: gerardo.nm1@gmail.com

© Revista Internacional de Estudios Migratorios. CEMyRI. UAL (España)

Resumen

Introducción: El trabajo busca analizar la distribución espacial de la inmigración municipal observada en municipios de Chiapas al 2015, bajo el supuesto que la inmigración se concentra espacialmente conformando patrones no aleatorios.

Método: para la identificación de patrones de inmigración se utilizó un modelo log-lineal aditivo bayesiano, el cual se especifica a través de un proceso estocástico espacial indexado por medio de un campo markoviano gausseano.

Resultados: Los resultados comprueban la existencia de un patrón espacial sobre una ruta migratoria de paso, no obstante, los niveles registrados de pobreza y acceso a servicios de salud no arrojan resultados significativos.

Discusión y/o Conclusión: se analiza la hipótesis que sostiene que la inmigración responde a factores como el acceso a servicios de salud y al porcentaje de población en condiciones de pobreza, de forma que bajos niveles de pobreza y altos niveles de acceso a servicios de salud harán a los municipios más atractivos a la inmigración. Los resultados parecen contradecir tal afirmación.

Palabras Clave: Campo aleatorio de Gauss Markov, modelos log-lineales aditivos, pobreza, R-INLA.

Abstract

Introduction: The work seeks to analyze the spatial distribution of municipal immigration observed in municipalities of Chiapas in 2015, under the assumption that immigration is spatially concentrated forming non-random patterns.

Method: the identification of immigration patterns was made with a Bayesian additive log-linear model that is specified through a spatial stochastic process indexed by a Gaussian Markov Random Field.

Results: The results prove the existence of a spatial pattern on migratory route of passage, however, the recorded levels of poverty and access to health services do not yield significant results.

Discussion and/or Conclusion: The hypothesis that immigration responds to factors such as access to health services and the percentage of the population living in poverty is analyzed, so that low levels of poverty and high levels of access to health services will make municipalities more attractive to immigration. The results seem to contradict such a statement.

Keywords: Gaussian Markov random field, Additive loglinear models, poverty, R-INLA.

1. Introducción

La migración es un fenómeno fundamentalmente espacial debido que a involucra el tránsito de personas entre lugares, con la intención de cambiar su lugar de residencia habitual. Dicho desplazamiento debe involucrar el cruce de una frontera física o política. A pesar del carácter espacial de la migración, su estudio se ha centrado principalmente en la medición, el análisis y la caracterización de tasas, flujos, determinantes y redes, dejando de lado el análisis espacial de fenómeno.

Los principales estudios sobre migración en Chiapas tratan a la entidad como un lugar de tránsito, como un área expulsora de población, como destino y más recientemente como retorno; Chiapas reúne todas las dimensiones de la migración. En este sentido buscamos analizar la importancia de la inmigración para la entidad, la distribución espacial de los inmigrantes, así como el efecto que factores como la pobreza y la marginación ejercen en la decisión de inmigrar a los distintos municipios de Chiapas. La hipótesis central gira entorno de explicar la inmigración en Chiapas a partir de decisiones que buscan incrementar el bienestar y la calidad de vida de los inmigrantes.

Si bien existen diferentes estudios sobre el tema de migración de chiapanecos a Estados Unidos y de centroamericanos a Chiapas, desde los más diversos enfoques y perspectivas teóricas, existen pocos trabajos sobre la migración municipal y en general los que pueden encontrarse se enfocan al estudio de regiones particulares. En el caso de Chiapas no fue posible encontrar algún trabajo enfocado a analizar la inmigración municipal.

Es importante señalar que, si bien existen una gran cantidad de estudios sobre migración en México, son mucho menos los trabajos que se centran en Chiapas y su migración interna.

El artículo toma como base las tasas de inmigración a partir de un enfoque geográfico con la finalidad de: (1) identificar un patrón de distribución espacial de la inmigración y (2) caracterizar los flujos de inmigración municipales a partir de los niveles de pobreza y de acceso a servicios de salud de los municipios de Chiapas al 2015. Las hipótesis se estructuran bajo el supuesto que es posible identificar un patrón espacial de inmigración municipal en Chiapas, adicionalmente se analiza la posibilidad de que dicho patrón responda a los niveles de pobreza y de acceso a los servicios de salud, en el entendido que municipios con menores niveles de pobreza y mayores

niveles de acceso a servicios de salud harán a los municipios más atractivos para la inmigración.

1.1. La inmigración municipal en Chiapas

Para comprender las causas y efectos de la dinámica migratoria municipal en Chiapas es necesario analizar la dinámica migratoria poblacional del estado, misma que ha tenido procesos de intensa migración intra-estatal, migraciones forzadas¹, colonización de las regiones selváticas, migración interestatal, migrantes y refugiados guatemaltecos, inmigrantes definitivos y transmigrantes centroamericanos y de otros países (Betancourt, 1997; Burguete, 2007; Pérez, 2008). En términos de flujos migratorios internacionales, Chiapas, ha sido lugar de tránsito y destino, pero a partir de los últimos años se ha convertido en lugar de expulsión y más recientemente de retorno, razón por la cual desde principios de la década de los noventa y comienzos del siglo XXI trabajos como los de Martínez (1999) y Balkan (2001) buscan explicar el por qué los chiapanecos no emigraban.

Durante la década pasada diversos trabajos pusieron en duda el crecimiento de las remesas internacionales en Chiapas, entre 2000 y 2006, se consideró que el flujo de migrantes chiapanecos no correspondía con el monto registrado por éstas (Garavito y Torres, 2004; Tuirán et al., 2006). Estos autores consideraron que, de acuerdo con diferentes fuentes como el Censo de Población y Vivienda del 2000, la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares, la Encuesta Nacional de Dinámica Demográfica de 1997 y la Encuesta Nacional de Empleo en su cuarto trimestre de 2002, -que incluye un módulo sobre migración internacional- el flujo de chiapanecos no correspondía con el monto registrado por las remesas.

Hace aproximadamente 42 años, Velasco (1976), decía que la estructura económica de la Sierra era muy débil porque sus factores de producción se encontraban desorganizados, su tierra mal repartida y erosionada, los trabajadores eran explotados y no había asistencia técnica, ni infraestructura social que permitiera alcanzar una producción e ingreso compartido, ni financiamiento para aprovechar, conservar y transformar los recursos naturales. Por eso su población sirvió como reserva de mano de obra en la época de expansión cafetalera del Soconusco: lo mismo se podría decir de

¹ Por migraciones forzadas entendemos, por un lado, el sistema de “enganche” que prevaleció en las fincas cafetaleras desde finales del siglo XIX hasta mediados del siglo XX, así como las expulsiones de las comunidades indígenas a partir de 1965 por problemas político-religiosos pero que asumen carácter de masivas a partir de mediados de los años setenta.

Los Altos y el Norte de la entidad, y en general del estado de Chiapas, caracterizado por el binomio milpa-finca. Es en fechas recientes cuando el proceso de descomposición de la agricultura, el crecimiento demográfico, la mayor presión sobre los recursos naturales y la saturación de los mercados regionales de mano de obra, entre otros factores, impulsaron a la población a emigrar hacia los Estados Unidos (López y Peláez, 2013).

El estado de Chiapas comenzó a llamar la atención a partir de dos eventos: (1) la crisis de los precios internacionales del café (desde 1989) y (2) la emergencia de flujos migratorios internacionales (Villafuerte, 2010). En este contexto, el estudio de la inmigración municipal cobra especial relevancia.

La segmentación del mercado de trabajo y “*la utilización de los trabajadores inmigrantes como ejército de reserva industrial, como masa asalariada tapón, como ‘mano de obra volante’, forma parte constitutiva de la política de empleo*” de los países más industrializados, que regulan la oferta de trabajo modulando la rigidez de los controles migratorios (Meillassoux, 1985: 174). Estas prácticas implican un cambio en el sentido de las migraciones. Este cambio se dio en Chiapas, que primero fue una zona de atracción de inmigrantes, especialmente durante el último cuarto del siglo XIX, en el que llegaron colonos alemanes, ingleses y estadounidenses ligados a la economía de plantación, así como algunos japoneses y trabajadores chinos, convirtiéndose en fechas recientes en una región expulsora. Hasta inicios de los años 90s las migraciones fueron fenómenos predominantemente internos, que involucraban la interacción de zonas rurales entre sí y de éstas con los centros urbanos y algunos estados vecinos. Los cambios sistémicos ocurridos desde entonces intensificaron los flujos y modificaron los destinos de los emigrantes chiapanecos (López y Peláez, 2013).

A partir del año 2000, las crisis económicas recurrentes, falta de capital humano y un mercado de trabajo no estructurado, incapaz de generar empleos y condiciones de bienestar, se vio acompañada por la globalización, dando lugar al surgimiento de flujos migratorios que buscaron insertarse en los mercados laborales del norte de México y de los EEUU. En el marco de la globalización neoliberal, algunas regiones se especializaron en la producción directa de valor, mientras que otras, como Chiapas, aseguran la reproducción de la fuerza de trabajo, a través de procesos migratorios de reemplazo. Los espacios se conectan mediante la migración laboral. De este modo, las zonas de expulsión y las zonas de atracción forman una unidad en el proceso de producción a escala global cumpliendo funciones complementarias (Morales y Castro, 2006).

La inserción de las economías chiapanecas locales a las dinámicas de apertura (TLCAN) y globalización tuvo impacto sobre diversos aspectos de la vida socioeconómica del estado. Los sectores orientados al mercado externo se comportaron de manera no dinámica, al tiempo que el sector de subsistencia agrícola padeció una crisis que se reflejó en la reducción del empleo agropecuario. A ello se sumó la caída de precios del café y el maíz, así como de los salarios reales (Nájera y López, 2012), todo ello acompañado por un aumento de la participación femenina en el mercado laboral.

Entre los trabajos que se han ocupado de la migración municipal se encuentran los de Peláez (2013), quien estudia el saldo migratorio a nivel municipal recurriendo a los Censos de Población y Vivienda de 1990, 2000 y 2010, que le proporcionan información de la población al inicio y final de cada uno de los periodos decenales, así como el número de nacimientos y defunciones ocurridos en cada municipio entre las fechas que limitan los periodos considerados, que obtiene de las estadísticas de natalidad y mortalidad publicadas por el INEGI.

A partir de la Encuesta de Migración Fronteriza-Norte (EMIF-Norte), se realizó un estudio sobre la migración municipal de Chiapas a los Estados Unidos de América; en el mismo se señala que el parteaguas fue el año 2002, dado que ese año es donde la emigración de los chiapanecos comienza a dirigirse fundamentalmente a EEUU en forma creciente y en menor medida a la Frontera Norte de México a entidades como Baja California (Nájera y López, 2012). Además, nos dicen que los chiapanecos llegan a ocupar el primer lugar dentro del flujo migratorio de mexicanos con destino a los EEUU en 2007, según datos de la encuesta. Se puede afirmar también con los datos de le EMIF NORTE, que la emigración de chiapanecos ha abarcado prácticamente a toda la entidad (95 de los 118 municipios que tiene el estado tienen representación en dicho flujo), lo que acredita que Chiapas es un estado emergente en la migración laboral internacional.

Uno de los trabajos pioneros sobre migración interna en Chiapas fue el de Betancourt (1997), quien al analizar la nueva marginalidad expresa el aspecto más importante de la región; la redistribución de la región a favor de la ciudad e igualmente, el traslado de los problemas de las comunidades a las ciudades, por lo que las condiciones precarias de supervivencia de los indígenas en las comunidades de origen se reproducen ahora en el espacio urbano. Encontrando el origen de las nuevas colonias que se levantaron improvisadamente en la periferia de la ciudad de San Cristóbal de Las Casas como comunidades urbanas. Es decir, Betancourt (1997) es de los primeros que se ocupan de la migración rural-urbana, aun cuando lo circunscribe a la región de Los

Altos de Chiapas. Por otra parte, Wasserstrom (1980) y Rus (2003), se ocupan de analizar la migración de Los Altos de Chiapas al Soconusco y Rus y López (1996) analizan la migración de Chamula a los Estados Unidos. En el caso de Chiapas no fue posible encontrar algún trabajo enfocado a analizar la inmigración municipal.

Si bien, en términos absolutos el estado de Chiapas es un expulsor neto de población, básicamente como resultado de una combinación histórica de altas tasa de crecimiento demográfico y bajas (e incluso negativas) tasa de crecimiento económico, así como de una lacerante desigualdad, esta situación ubica a Chiapas en el primer lugar de pobreza a nivel nacional y como uno de los primeros expulsores de mano de obra no calificada. A pesar de esto, el escaso desarrollo de actividades económicas requiere de trabajadores especializados que en su mayoría deben proceder de otras entidades del país.

De este modo, según cifras de la encuesta intercensal, llegaron a vivir a Chiapas poco más de 46 mil personas, en el periodo 2010-15, la mayoría de ellos inmigrantes procedentes de entidades como: Distrito Federal, Estado de México, Puebla, Oaxaca, Tabasco y Veracruz, lo que ha consolidado a Chiapas como un territorio de atracción migratoria para personas con niveles medios y altos de calificación.

Otra fuente importante de inmigración para Chiapas se constituye por el mercado laboral agrícola y ganadero que es ocupado por población de origen guatemalteco (y residualmente población hondureña y salvadoreña). Estos inmigrantes generalmente se emplean en fincas cafetaleras, bananeras, cañeras y ganaderas localizadas en la franja fronteriza con Guatemala.

En México y más concretamente en Chiapas existe muy poca información disponible sobre la dinámica de las migraciones dentro del territorio nacional o hacia, o desde, el extranjero. Hay registros cada vez más precisos de nacimientos y defunciones, pero aún no de los desplazamientos de los residentes y de los flujos de migración municipal (Peláez, 2013), en este sentido la presente investigación es pionera en identificar la existencia de patrones migratorios internos y en cuantificar la importancia de los niveles de acceso a servicios de salud y de pobreza sobre la determinación de los flujos de inmigración municipal en Chiapas.

2. Método

Los datos espaciales pueden definirse como la expresión de un proceso estocástico espacialmente indexado de forma tal que:

$$Y(s) \equiv \{y(s) \mid s \in \mathbb{R}^2\}$$

Donde $y(s)$ representa el valor medio de la inmigración en cada uno de los s municipios del estado de Chiapas (Blangiardo et al., 2013). La dependencia espacial se modela a través de la estructura de vecindades presente en los municipios del estado y se basa en la definición del concepto de vecindad. Se dice que dos municipios son vecinos si comparten una frontera común, a lo que también se le denomina vecinos de primer orden. Además, se dice que un municipio es vecino de segundo orden de otro, cuando sus vecinos de primer orden comparten una frontera común.

Las tasas de inmigración municipal se estimaron como el cociente del número observado de inmigrantes $y(s)$ y la población municipal a mitad del año, de forma que:

$$r_j = \frac{\sum_{i=1}^n y_j(s_i)}{\sum_{i=1}^n Pop_{ij}}$$

Representa la tasa de inmigración para cada municipio (Blangiardo y Cameletti, 2013), mientras que el número esperado de inmigrantes por municipio estará dado por:

$$E_j = \sum_{j=1}^J Pop_{ij} \times r_j$$

La dependencia espacial será modelada a partir de:

$$Y_i \sim Poisson(\lambda_i)$$

donde

$$\lambda_i = E_i q_i \quad \log(q_i) = \eta_i$$

De forma que λ_i es definida en términos de una tasa q_i y del número esperado de casos E_i , con lo que se especifica un modelo log-lineal a partir del predictor η_i .

$$\eta_i = \beta_0 + u_i + v_i \quad (1)$$

El parámetro β_0 cuantifica la tasa promedio de inmigración en el estado. La parte espacial no estructurada del modelo se representa por v_i , cuya distribución está dada por:

$$v_i \sim Normal(0, \sigma_v^2)$$

mientras que u_i representa la parte del modelo espacialmente estructurado condicional autoregresivo, cuya distribución es:

$$u_i | u_{-i} \sim N \left(\mu_i + \sum_{j=1}^n r_{ij} (u_j - \mu_j), s_i^2 \right)$$

donde μ_i es la media del área i y σ_i es la desviación estándar (Rue et al., 2009), misma que depende del número de vecinos:

$$s_i^2 = \frac{\sigma_u^2}{\#N_i}$$

σ_u controla la variación entre efectos aleatorios espacialmente estructurados, mientras que r_{ij} cuantifica la proximidad espacial (Bivand et al., 2015).

Si además de modelar el efecto espacial de la inmigración se desea evaluar el efecto que distintas covariables ejercen sobre el riesgo analizado, basta con reformular el modelo (1) agregando efectos fijos, de forma que se obtiene el modelo:

$$\eta_i = \beta_0 + \sum_{m=1}^M \beta_m x_{mi} + u_i + v_i \quad (2)$$

Donde los betas representan la parte de efectos fijos del modelo. En escala natural pueden interpretarse como el cambio del riesgo relativo de inmigración en beta unidades cuando la covariable x_i es incrementada una unidad.

Tanto el modelo (1) como el modelo (2) son casos particulares de una forma general del modelo lineal aditivo:

$$\eta_i = \beta_0 + \sum_{m=1}^M \beta_m x_{mi} + \sum_{l=1}^L f_l(z_{li}) \quad (3)$$

Donde f es una colección de funciones definida en términos de covariables z . El vector de parámetros se representa por:

$$\theta = (\beta_0, \beta_i, f)$$

Y el vector de hiperparámetros por:

$$\psi = \{\tau_u, \tau_v\}$$

Es importante señalar que la precisión se define como el inverso de la varianza $\tau = \frac{1}{\sigma^2}$.

Tal como se definió en la ecuación (3), conforma un campo aleatorio gausseano markoviano (GMRF), de manera que tendrá una distribución normal multivariada con media $\mathbf{0}$ y matriz de precisión \mathbf{Q} . Los componentes del campo gaussiano latente θ se suponen condicionalmente independientes lo que implica que $\mathbf{Q}(\psi)$ es una matriz de precisión dispersa (Rue y Held, 2005).

La dispersión de la matriz de precisión genera beneficios computacionales importantes al momento de estimar el valor de los parámetros desconocidos del GMRF. Con la ventaja adicional de que la distribución posterior conjunta de θ y ψ está dada por

el producto de la densidad del GMRF y la distribución previa del vector de hiperparámetros ψ (Rue et al., 2009).

2.1 Implementación del modelo

Una de las limitaciones más importantes a la hora de implementar los métodos bayesianos reside en su costo computacional, donde algoritmos como la cadena de Markov Monte Carlo (MCMC), Metropolis-Hasting y Gibbs sampling son utilizados cotidianamente para obtener la distribución posterior de los parámetros desconocidos, pese a su alto costo computacional. Recientemente se ha desarrollado una alternativa, cuya ventaja principal es ser computacionalmente eficiente, esta alternativa se conoce como aproximación anidada integrada de Laplace o INLA (Rue et al., 2009; Martino y Rue, 2010). INLA genera soluciones implementadas numéricamente y analíticamente eficientes, cuya finalidad es estimar las distribuciones posteriores de los parámetros asociados a modelos gaussianos latentes.

La modelación espacial de la inmigración municipal se realizó a través de la implementación del modelo:

$$\eta_i = \beta_0 + u_i + v_i \quad (4)$$

y del modelo:

$$\eta_i = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + u_i + v_i \quad (5)$$

Los modelos (4) y (5) fueron implementados en R-INLA, en términos de: η_i que representa la inmigración municipal, x_1 el porcentaje de población con acceso a servicios de salud, x_2 el porcentaje de población en pobreza, los betas representan la parte de efectos fijos del modelo, v_i los efectos espaciales no estructurados y u_i la parte espacialmente estructurada del modelo.

Los parámetros estimados se especificaron a través de los vectores de parámetros e hiperparámetros. El vector de parámetros está dado por:

$$\theta = \{\beta_0, \beta_1, \beta_2, \xi_i, u\}$$

es importante señalar que para fines de interpretación del modelo INLA re-parametriza ξ_i como (Martins et al., 2012):

$$\xi_i = u_i + v_i \quad (6)$$

El valor predeterminado por default para la distribución previa de los parámetros es un vector con una distribución gaussiana (Blangiardo et al., 2013) especificada a

partir de la media y la precisión (inverso de la varianza). La especificación previa del vector de hiperparámetros dado por:

$$\psi = \{\tau_u, \tau_v\}$$

se realizó a través del logaritmo de la precisión de los efectos espacialmente no estructurados como:

$$\log(\tau_v) \sim \log\text{Gamma}(1, 0.0005)$$

y el logaritmo de la precisión de los efectos espacialmente estructurados

$$\log(\tau_u) \sim \log\text{Gamma}(1, 0.0005)$$

El objetivo de las especificaciones presentadas para los modelos (4) y (5) es definir distribuciones a priori no informativas para los parámetros e hiperparámetros estimados.

2.2 Datos

Los datos utilizados a lo largo del trabajo fueron obtenidos de cifras publicadas por dos fuentes distintas, Coneval e INEGI. Las cifras fueron concatenadas a través de la clave de identificación municipal. Las mediciones de pobreza fueron obtenidas de Coneval, mientras que los datos referentes a la inmigración y el acceso a servicios de salud fueron recolectados de la encuesta intercensal 2015 levantada por el INEGI.

El estado de Chiapas se localiza en el sureste mexicano, colinda al oeste con los estados de Oaxaca y Veracruz, al norte con Tabasco, al sur con el Océano Pacífico y al este con Guatemala. Cuenta con una superficie de 73 mil kilómetros cuadrados y es uno de los estados más pobres y con mayor población indígena de México. Entre las principales actividades económicas destacan: el turismo, la producción de café, miel y azúcar. De acuerdo a los datos del INEGI, en su encuesta Intercensal 2015, el estado de Chiapas se conforma por 118 municipios y cuenta con una población de 5.2 millones de personas. Es importante señalar que las tasas de inmigración fueron estimadas de manera indirecta a partir de la pregunta enfocada a conocer el municipio de residencia del lustro anterior, la cual se aplica a todas las personas de 5 años y más. En el caso de la encuesta intercensal 2015, la pregunta se remontó a conocer el municipio de residencia de hace 5 años, es decir, en marzo de 2010, en qué municipio o delegación vivía. A partir de la estimación del número de inmigrantes y de la población media fue posible estimar las tasas de inmigración municipales necesarias para el análisis. Los datos referentes a la condición de acceso a los servicios de salud fueron recolectados también de la encuesta Intercensal 2015. En la misma se define que una persona tiene acceso a servicios de

salud cuando afirma estar afiliada a una o más instituciones de salud. El acceso a servicios de salud se capta a partir de la pregunta sobre afiliación a servicios médicos en instituciones tales como: IMSS, ISSSTE, Pemex, Defensa, Marina, Seguro Popular, seguro privado u otra institución, y puede registrarse al acceso a una o más instituciones. En caso de no tener acceso a ninguna de las instituciones señaladas se registra la no afiliación. La proporción de población con acceso a servicios de salud se estima como el cociente de la población que declara tener acceso a al menos una institución y la población del municipio.

El Consejo Nacional de Evaluación de la Política Social (CONEVAL) define al individuo en condición de pobreza multidimensional como quien “...no tienen garantizado el ejercicio de al menos uno de sus derechos para el desarrollo social, y sus ingresos son insuficientes para adquirir los bienes y servicios que requieren para satisfacer sus necesidades” (CONEVAL, 2009: 38). Para efectos de identificación y medición de población en pobreza en México se analizan dos dimensiones: (1) el bienestar económico y (2) los derechos sociales.

3. Resultados

La distribución espacial del riesgo de inmigración municipal se estimó partir de la especificación del modelo (4). El parámetro de efectos fijos β_0 presentado en la Tabla 1 para el modelo (4), representa la tasa promedio de inmigración del estado de Chiapas la cual alcanzó 7.8 por mil al año 2015, esto, una vez que el parámetro ha sido transformado a escala natural. Es importante recordar que todos los parámetros estimados se encuentran en escala logarítmica, por lo que es conveniente transformarlos antes de su interpretación.

El modelo (5) tiene como finalidad evaluar el efecto que el acceso a servicios de salud y el porcentaje de población en pobreza ejercen sobre el riesgo de inmigración municipal. Los efectos fijos estimados para el modelo (5), pueden verse en la Tabla 2.

Tabla 1. Efectos fijos estimados del modelo lineal aditivo (4)

	mean	sd	0.025quant	0.5quant	0.975quant
BO	-0.25	0.041	-0.331	-0.25	-0.169

Fuente: Elaboración propia a partir de estimaciones realizadas con R-INLA.

Los resultados indican que el incremento relativo de un punto porcentual en el nivel de acceso a servicios de salud implicaría un crecimiento del 2.2% sobre el riesgo de padecer carencia alimentaria, mientras que el incremento de un punto porcentual en los niveles de pobreza implicaría alrededor de un 2.3% de crecimiento en el riesgo de inmigración. Los resultados mostrados resultan contrarios a la hipótesis planteada, los mismos muestran que los municipios con mayores niveles de pobreza y de carencia en acceso a servicios de salud resultaron ser los más atractivos a la inmigración.

Tabla 2. Efectos fijos estimados del modelo lineal aditivo (5)

	mean	Sd	0.025quant	0.5quant	0.975quant
B0	-0.658	0.115	-0.886	-0.658	-0.432
B1 ass	0.022	0.008	0.007	0.022	0.038
B2 pobreza	0.023	0.013	-0.003	0.023	0.050

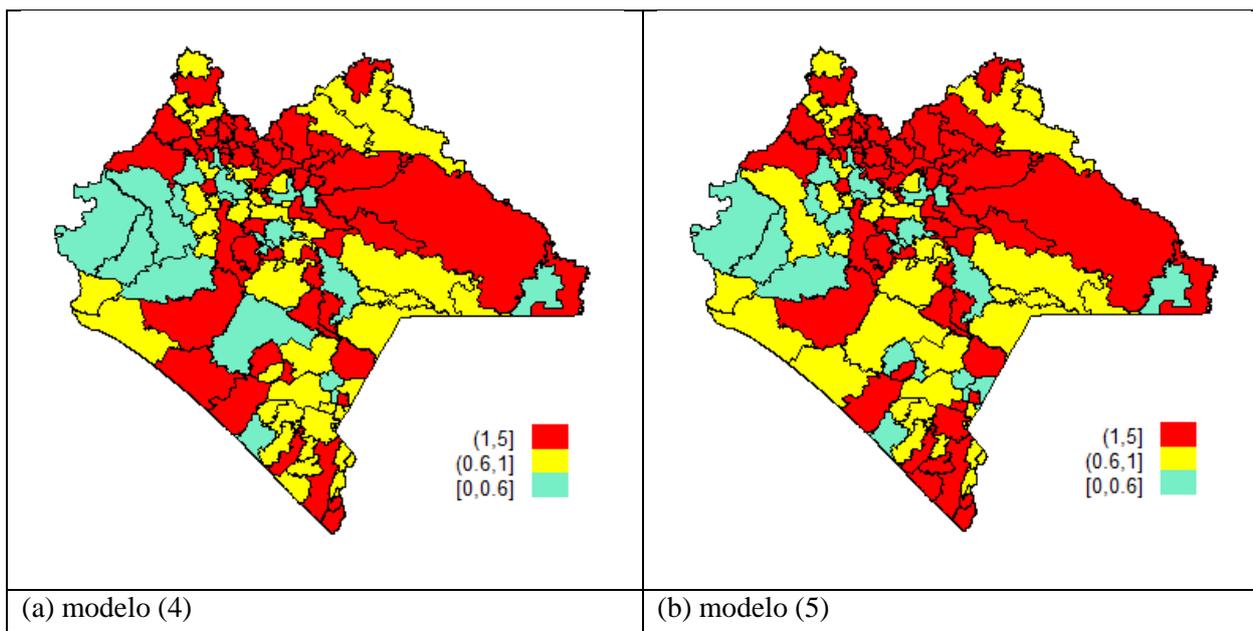
Fuente: Elaboración propia a partir de estimaciones realizadas con R-INLA.

Los efectos aleatorios estimados contienen información de los efectos espaciales tanto estructurados como no estructurados, a nivel municipal, mismos que son recogidos por el vector ξ . El vector ξ captura el riesgo relativo espacial expresado como:

$$\zeta_i = \exp(\xi) = \exp(u_i + v_i)$$

por lo que representa el riesgo residual relativo de cada municipio (comparado con la totalidad del estado) una vez descontado el efecto de los factores de acceso a servicios de salud (x_1) y de la población en pobreza (x_2).

El mapa 1(a) muestra la media posterior del riesgo relativo de inmigración en comparación con la totalidad del estado de Chiapas (Schrödle y Held, 2011). Los efectos aleatorios observados en el mapa 1(a) muestran un patrón espacial de inmigración, que configura una franja inmigratoria que va desde la frontera con Guatemala hasta la frontera con Tabasco. Esta franja configura una especie de camino que atraviesa el estado con rumbo al golfo de México, la misma cruza por los municipios indígenas más pobres de la entidad, de manera que el patrón de inmigración del estado de Chiapas parece surgir como resultado de la decisión de los migrantes de establecerse sobre alguno de los municipios de la ruta señalada, como una opción ante la imposibilidad de continuar su camino y sea por la falta de recursos o por la inseguridad para transitar.



Mapa 1. Patrón espacial de riesgo de inmigración municipal.

Fuente: Elaboración propia a partir de estimaciones realizadas con R-INLA.

El patrón espacial observado en el mapa 1(a) hace evidente la importancia que tiene la distribución territorial para determinar los municipios con mayor probabilidad de inmigración. Por su parte el mapa 1(b) presenta la diferenciación espacial generada por la inequitativa distribución en el acceso a servicios de salud y las diferencias en los niveles de pobreza como elementos que favorecen a algunos municipios, mientras que afectan a otros, en términos de la probabilidad estimada de inmigración.

Los resultados observados en el mapa 1(a) presentan las estimaciones de los efectos espaciales estimados para el modelo (4), no obstante el patrón observado resultó ser en términos generales muy similar al presentado en el mapa 1(b), obtenido al estimar el modelo (5), por lo que pudiera inferirse que las covariables aportan información poco relevante sobre el comportamiento espacial de la inmigración municipal.

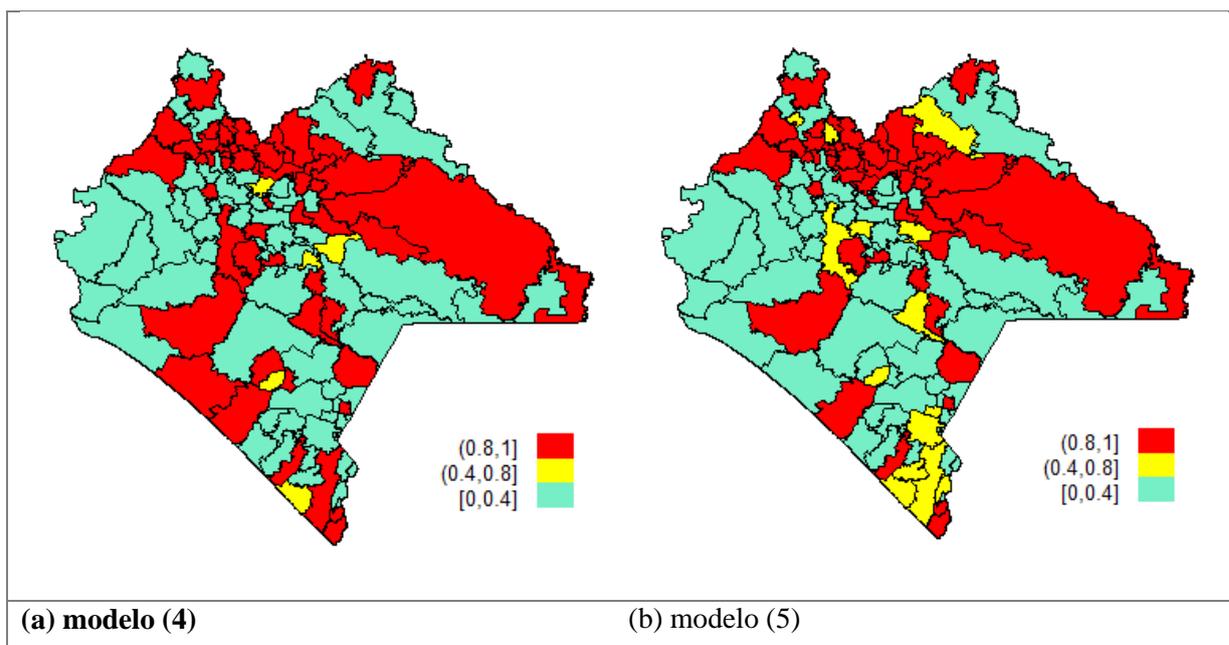
Los mapas 2(a) y 2(b) representan la medida posterior de probabilidad condicional:

$$P(\zeta_i > 1 | y) \sim P(\xi_i > 0 | y)$$

que cuantifica el riesgo excesivo de inmigración del municipio i . El mapa de riesgos relativos específicos de cada municipio y su probabilidad posterior se muestra en el mapa 2(a) para las estimaciones del modelo (4) y en el mapa 2(b) para las estimaciones del modelo (5).

El mapa 2(a) presenta un patrón de exceso de riesgo sobre prácticamente todos los municipios ubicados sobre la franja migratoria que va desde la frontera con Guatemala hasta la frontera con Tabasco. También es posible distinguir un área de riesgo excesivo sobre algunos municipios de la costa. En contra parte llama la atención que los municipios que se encuentran en la frontera con Oaxaca presenten bajos niveles de riesgo relativo de inmigración.

El riesgo residual relativo de cada municipio (en comparación con la totalidad de municipios de Chiapas) una vez considerados los cofactores x_1 y x_2 (Martins et al., 2012) se presentan en el mapa 2(b). El patrón observado es muy similar al del mapa 2(a), con excepción del municipio de Tapachula y algunos municipios vecinos, por lo que se procederá a estimar la calidad de ajuste de cada modelo y a aplicar criterios estadísticos de comparación, con la finalidad de evaluar la importancia de los cofactores al momento de modelar el riesgo de inmigración municipal.



Mapa 2. Probabilidad del efecto espacial de la inmigración municipal.

Fuente: Elaboración propia a partir de estimaciones realizadas con R-INLA.

Una de las formas más utilizadas para cuantificar el nivel de ajuste de un modelo lineal aditivo es estimando la proporción de varianza explicada por el componente espacial estructurado u_i , mismo que representa la variabilidad explicada a partir del componente condicional autoregresivo y es una medida de ajuste similar al estadístico R^2 utilizado en regresión lineal. Debido a que la varianza marginal del componente

espacial no estructurado v_i no es directamente comparable con su contraparte estructurada (Rue et al., 2009), resulta necesario obtener una estimación empírica de la varianza marginal posterior de los efectos estructurados, la cual suele aproximarse a partir de:

$$s_u^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (u_i - \bar{u})^2}{n - 1}$$

Donde \bar{u} es el promedio de las u_i , la cual debe contrastarse con la varianza marginal posterior de los efectos no estructurados dada por la aproximación:

$$Frac_s = \frac{s_u^2}{s_u^2 + \sigma_v^2}$$

La estimación se realiza a través de una simulación de muestras tomadas de las distribuciones marginales posteriores. El procedimiento se encuentra implementado en R-INLA (Martino y Rue, 2010), en nuestro caso se tomaron 10 mil muestras de las distribuciones marginales de τ_v y τ_u para cada uno de los municipios, con la finalidad de estimar la fracción de varianza explicada por cada modelo.

La proporción de varianza espacial explicada por el modelo espacial puro resultó ser del 42.77%, mientras que la varianza explicada por el modelo con covariables fue del 49.29% (modelo (4) y modelo (5) respectivamente), lo que sugiere que aproximadamente la mitad de la variabilidad del riesgo de inmigración puede ser explicada por la estructura espacial. Dado que la varianza explicada por el modelo (5) es superior a la del modelo (4) es de suponer que las covariables aportan 7% de capacidad espacial explicativa, lo que implicaría que el modelo (5) es relativamente superior al modelo (4). Sin embargo, debe analizarse la calidad de ajuste de cada modelo en relación con los datos.

La calidad de un modelo puede medirse también a través de su capacidad para ajustar los datos observados para lo que se utiliza el criterio de información DIC (Deviance Information Criterion). Este criterio permite elegir el modelo con la mayor capacidad explicativa y el menor grado de complejidad (parsimonia) ya que utiliza la función de verosimilitud para obtener la devianza en términos de: $-2 \ln[p(y|\theta_k)]$.

El DIC se define como el promedio de la devianza de los k parámetros menos el número efectivo de parámetros. El número efectivo de parámetros se calcula como la diferencia entre el promedio de la devianza del modelo y la devianza promedio de los parámetros. Debe elegirse el modelo con el menor DIC, debido a que si bien la medida de bondad de ajuste busca maximizar la probabilidad de los datos dado el modelo, al

multiplicar por menos dos la función esta se vuelve decreciente, de forma que cuando la verosimilitud ajusta mejor los datos, el DIC tiende a un valor pequeño.

En nuestro caso se observó que el modelo (5), con cofactores, presentó un DIC de 1073.62 valor inferior al alcanzado por el modelo (4) cuyo DIC fue de 1073.25, lo que hace evidente que la aportación de las covariables para explicar la distribución espacial del riesgo de inmigración en Chiapas resultó prácticamente insustancial, esto se debe a que al incrementar el número de covariables del modelo (4) la capacidad explicativa no se incrementó sustancialmente lo cual puede observarse en el valor del DIC.

4. Discusión y Conclusiones

El paquete R-INLA se ha convertido en una herramienta fundamental para el análisis de datos espaciales, dado que ofrece la posibilidad de estimar modelos aditivos log-lineales, como los presentados en este trabajo. El éxito de la estimación de los modelos señalados se debe en gran medida a la aproximación integrada anidada de Laplace implementada en el paquete INLA, la cual proporciona ventajas computacionales que le permiten competir eficientemente con alternativas presentes en paquetes basados en métodos MCMC.

La aplicación de modelos aditivos espaciales bayesianos a la distribución del riesgo de inmigración en los municipios de Chiapas permitió la identificación de un patrón territorial provocado por el exceso de concentración de riesgo de inmigración en los municipios identificados en los mapas 1(a) y 2(a) y demostró que cerca del 40% de la variabilidad del fenómeno puede ser explicada por efectos espaciales estructurados y no estructurados. Adicionalmente, el trabajo ofrece una primera aproximación a la modelación espacial de los efectos que el acceso a servicios de salud y los niveles de pobreza ejercen sobre la distribución de la inmigración en municipios de Chiapas.

Los niveles de inmigración observados en los municipios de Chiapas, no responden al comportamiento establecido por los patrones de empleo agrícola, donde se esperaría que los municipios ubicados sobre la franja fronteriza con Guatemala presentaran un alto riesgo de inmigración. Asimismo, los resultados permiten postular que Chiapas se está conformando como un territorio de inmigración a partir del tránsito migratorio que termina de alguna manera estableciéndose de forma permanente en los municipios ubicados sobre la ruta migratoria.

Uno de los resultados más importantes de la investigación es haber podido establecer el carácter espacial de la inmigración en los municipios de Chiapas bajo un patrón migratorio que se configura sobre la ruta que marca el camino de los migrantes hacia los Estados Unidos. De manera que la inmigración observada en los municipios de Chiapas parece ser más una suerte de población resignada a permanecer en el lugar al verse imposibilitada de continuar su viaje. Esta situación permite a su vez explicar por qué los municipios con las mayores tasas de pobreza y los menores niveles de acceso a servicios de salud son también los municipios más atractivos para la inmigración.

Aunque los planteamientos teóricos relativos a los factores que determinan los niveles de inmigración en un territorio no establecen directamente que los niveles de pobreza y de acceso a servicios de salud son determinantes fundamentales, resulta coherente pensar que menores niveles de pobreza y mayores niveles de acceso a servicios de salud impactaran favorablemente sobre el atractivo de un municipio en términos de inmigración. Sin embargo como se ha visto tal afirmación no arrojó los resultados esperados, por lo que no fue posible demostrar los efectos espaciales de dichas variables, al menos para los municipios de Chiapas en 2015.

En el caso de Chiapas se puede concluir que la inmigración es un fenómeno que se expresa de manera territorial dado que la estructura espacial de los modelos presentados ha logrado capturar poco más del 40% de la variabilidad del fenómeno, sin embargo es importante reconocer que se trata de un fenómeno multicausal de carácter estructural cuya distribución espacial depende de una variedad mucho más amplia de factores explicativos, los cuales van más allá del ámbito de esta investigación.

Referencias

- Balkan, J. L. (2001). *Why not migrate? A case study of two rural villages in Chiapas, México*, tesis de doctorado. Austin, Texas: Universidad de Texas.
- Betancourt, D. (1997). *Chiapas bases regionales en la formación de comunas rurales-urbanas en San Cristóbal de Las Casas, Chiapas*. Chiapas, México: Tuxtla Gutiérrez, UNACH.
- Bivand, R., Gómez-Rubio, V., y Rue, H. (2015). Spatial Data Analysis with R-INLA with Some Extensions. *Journal of Statistical Software*, 63(20), 1- 31.
- Blangiardo, M., y Cameletti, M. (2013). *Bayesian Spatio and Spatio-Temporal Models with R-INLA*. E.E.U.U: Wiley.

- Blangiardo, M., Cameletti, M., Baio, G., y Rue, H. (2013). Spatial and spatio-temporal models with R-INLA. *Spatial and Spatio-temporal Epidemiology*, 4, 33-49.
- Burguete, J. L. (2007). *Migraciones indígenas y dinámica sociocultural, en Las Migraciones internas de los pueblos indígenas de Chiapas, México*. México: El Colegio de la Frontera Sur y La Universidad Intercultural de Chiapas.
- CONEVAL, Consejo Nacional de Evaluación de la Política Social. (2009). Metodología para la medición multidimensional de la pobreza en México, México DF. CONEVAL.
- INEGI (2016). *Encuesta Intercensal 2015. Principales resultados*. Disponible en http://www.beta.inegi.org.mx/contenidos/proyectos/enchogares/especiales/interc/en_sal/2015/doc/eic_2015_presentacion.pdf
- Garavito, R. A., y Torres, R. E. (2004). Migración e impacto de las remesas en la economía nacional. *Análisis Económico*, XIX(41), 243-275.
- López, J., y Peláez, O. (Coordinadores) (2013). *Buscando el norte. Declive económico y emigración de la región Sierra de Chiapas*. México D.F.: Plaza y Valdés.
- Martínez, R. G. (1999). *¿Por qué quedarse en Chiapas? Un análisis de los factores de la migración intraestatal de la población indígena*, Tesis de doctorado, Colef, Tijuana, Baja California, México.
- Martino, S., y Rue, H. (2010). Implementing approximate bayesian inference using integrated nested Laplace approximation: a manual for the inla program. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B*, 71(2), 319-392.
- Martins, G., Simpson, D., Lindgren, F., y Rue, H. (2012). Bayesian computation with INLA: new features. *Computational Statistics & Data Analysis*, 67, 68-83.
- Meillassoux, C. (1985). *Mujeres, graneros y capitales*. México: Siglo XXI.
- Morales, A., y Castro, C. (2006). *Migración, empleo y pobreza*, San José, Costa Rica: FLACSO.
- Nájera, J. N., y López, J. A. (2012). Migración de chiapanecos a los Estados Unidos de América, una visión desde la Encuesta sobre Migración en la Frontera Norte de México (EMIF-NORTE). En S. Berumen y J. López (coord.), *Pobreza y Migración. Enfoques y evidencias a partir de los estudios regionales en México* (pp. 465-502). México, D.F.: Tilde-inm.
- Peláez, O. (2013). Aritmética elemental de la población chiapaneca: Una estimación de los flujos migratorios municipales, 1990-2010. En O. Peláez y J. López (coord.), *Buscando el Norte: Declive Económico y emigración en la Región*

- Sierra de Chiapas, México* (pp. 43-71). Chiapas, México: Plaza y Valdés, Universidad Autónoma de Chiapas, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
- Pérez, J. (2008). Tres escenarios de la migración hacia Estados Unidos: el Occidente, el Centro y el Sur de México, ponencia presentada en el Coloquio Internacional sobre: *Disparidades regionales, economía del conocimiento y migración*, celebrado el 3 de noviembre en la Facultad de Ciencias Sociales de la Universidad Autónoma de Chiapas, San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México.
- Rue, H., y Held, L. (2005). *Gaussian Markov Random Fields. Theory and Applications*. Londres, Reino Unido: Chapman & Hall.
- Rue, H., Martino, S., y Chopin, N. (2009). Approximate Bayesian inference for latent Gaussian models by using integrated nested Laplace approximations. *Journal of the Royal Statistical Society Series B*, 71(2), 1-35.
- Rus, J., y López, S. G. (1996). *Chamulas en California. El testimonio de Santos, Mariano y Juan Gómez López*. México: Instituto de Asesoría Antropológica para la Región Maya.
- Rus, J. (2003). Coffee and the recolonization of Highland Chiapas, Mexico, 1892-1912. En W. Clarence-Smith y S. Topik (eds.), *The Global Coffee Economy in Africa, Asia, and Latin America, 1500-1989* (pp. 257-285). Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press.
- Schrödle, B., y Held L. (2011). Spatio-temporal disease mapping using INLA. *Environmetrics*, 22 (6), 725-734.
- Tuirán, R., Santibáñez, J., y Corona, R. (2006). El monto de las remesas familiares en México: ¿mito o realidad?. *Papeles de Población*, 12(50), 147-169.
- Velasco, J. A. (1976). *El desarrollo comunitario en la Sierra Madre de Chiapas —Un modelo de integración—*, Tesis de Licenciatura, Facultad de Economía, UNAM, México.
- Villafuerte, D. (2010). Condiciones de vulnerabilidad productiva, económica y social. En D. Villafuerte y E. Mansilla (coord.), *Vulnerabilidad y riesgos en la Sierra de Chiapas: dimensiones económica y social* (p. 95). Chiapas, México: Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.
- Wasserstrom, R. (1980). *Ingreso y trabajo rural en los Altos de Chiapas: el caso de San Juan Chamula*. México: Centro de Investigaciones Ecológicas del Sureste.