

**Análisis espacio-temporal bayesiano de las remesas y la inclusión financiera en municipios de México**  
**Bayesian Spatio-Temporal Analysis of Remittances and Financial Inclusion in Municipalities of Mexico**

Gerardo Núñez Medina<sup>1</sup>  
Jorge Alberto López Arévalo<sup>2</sup>

**Resumen:** El crecimiento continuado en el monto de las remesas enviadas por emigrantes mexicanos desde Estados Unidos revela la importancia de su estudio. El objetivo es analizar la distribución espacio-temporal de las remesas así como cuantificar el efecto de la inclusión financiera en su distribución a lo largo de todos los municipios de México para el periodo 2015-2020. La metodología se sustenta en la implementación de una serie de modelos gaussianos latentes en competencia. Los resultados señalan que existe una relación importante entre inclusión financiera y las remesas per cápita recibidas a nivel municipal donde el efecto de la vecindad geográfica es importante. La originalidad del trabajo radica en el uso de una metodología espacial bayesiana para el análisis de datos sobre remesas e inclusión financiera a nivel municipal.

**Palabras clave:** Modelos Gaussianos Latentes, R-INLA, migración, Akaike.

**Abstract:** The continued growth in the amount of remittances sent by Mexican migrants from the United States reveals the importance of their study. The objective is to analyze the spatio-temporal distribution of remittances as well as to quantify the effect of financial inclusion on their distribution across all municipalities in Mexico for the period 2015-2020. The methodology is based on the implementation of a series of competing latent Gaussian models. The results indicate that there is a significant relationship between financial inclusion and the levels of spatio-temporal dispersion of remittances.

**Keywords:** Latent Gaussian Models, R-INLA, migration, Akaike. Keywords: multinational companies, poverty, United States,

1. Profesor-investigador, Investigador Asociado C, adscrito al Departamento de Estudios de Población de El Colef; gnunez@colef.mx  
2. Profesor-investigador, Universidad Autónoma de Chiapas; jorge.lopez@unach.mx

## Introducción

El trabajo presenta un estudio longitudinal cuyo objetivo es analizar la distribución espacial de las remesas en los municipios de México considerando el efecto de los niveles de inclusión financiera. Las remesas fueron cuantificadas por el Banco de México en la balanza de pagos a partir de la distribución municipal de los ingresos por remesas familiares en series trimestrales, contabilizadas en millones de dólares, mientras que la inclusión financiera se cuantificó a partir de la total de sucursales bancarias reportadas por el Sistema de Información Económica del Banco de México dentro del módulo de información operativa de la banca comercial para cada uno de los municipios de México y para un período de 6 años comprendido entre enero de 2015 y diciembre de 2020.

Las bases teóricas para comprender la relación entre los niveles registrados de remesas y el acceso a instituciones financieras se fundamenta en la definición propuesta por la Global Partnership for Financial Inclusion (GPFI), en la que la inclusión financiera “se refiere a una situación en la que todos los adultos en edad de trabajar, incluidos aquellos actualmente excluidos del sistema financiero, tienen acceso efectivo a los siguientes servicios financieros provistos por las instituciones formales: crédito, ahorro (incluyendo cuentas corrientes), pagos y seguros” (Roa, 2013; tomado de Li Ng, et. al., 2015), mientras que los modelos espacio-temporales de cohorte bayesiano implementados en el paquete R-INLA (Rue, Martino & Chopin, 2009) constituyen una herramienta fundamental para el ajuste y la representación de las

diferentes interacciones que configuran la estructura de relaciones de dependencia espacio-temporales entre las variables dependiente e independiente.

En las áreas rurales, de los países de destino de las remesas, hay una baja penetración del sistema financiero, que al parecer se puede ir mejorando a partir de procesos de inclusión financiera, entre los que se incluye el proyecto de Bancos de Bienestar, mismo que está siendo instrumentando por el gobierno del Presidente Andrés Manuel López Obrador.

Las remesas se definen como transferencias transfronterizas recurrentes, de persona a persona de valor relativamente bajo, enviadas por trabajadores migrantes a sus familiares, desde sus países de origen (OECD, 2006). A pesar de que las transferencias individuales de los migrantes son de bajo valor, a nivel agregado representan una fuente significativa de capital, en especial para países en vías de desarrollo, lo que las convierte en una de las principales fuentes de ingresos externos, al tiempo que tienen una representación importante en términos de la proporción relativa que ocupan dado el tamaño de su economía. Algunos estudios sugieren que un aumento del 10% en la proporción de remesas respecto del PIB de un país, puede llevar a una disminución en la proporción de personas en pobreza de entre 1.5% a 3.5% (UNCTAD, 2011; Aldasoro, 2020).

La Encuesta Nacional de Inclusión Financiera (ENIF) 2015 tiene por objetivo generar información estadística en materia de uso y acceso a servicios y productos financieros en México para personas entre 18 a 70 años de edad. La encuesta realizada bajo la coordinación de la Comisión Nacional Bancaria y de Valores (CNBV) y el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), señala que, en 2015, el 17.3% de la población mexicana declaró recibir remesas, correspondiendo 14.5% a la población urbana y 22.6% a la población rural. Es decir, las remesas

van preferentemente al área rural, que es la que tiene menor inclusión financiera, situación que puede llevar a que algunos municipios urbanos se encuentren sobre representados en términos de captación de remesas y que, por tanto, una importante proporción de receptores de remesas de las zonas rurales acudan a cobrar sus remesas a las cabeceras municipales o regionales, asumiendo los gastos de transacción.

Estimar el destino exacto de los flujos municipales de remesas resulta complejo, ya que un porcentaje importante de transferencias se envían a municipios distintos de los municipios de origen de los migrantes y sus familias. Esto se debe a que sólo el 63.4% de los municipios en México, al año 2020, cuentan con alguna institución financiera que puedan hacer efectivas las transferencias de remesas (1,558 municipios de los 2,456 cuentan con alguna sucursal bancaria) y por lo tanto, los migrantes buscan enviar sus remesas a cabeceras municipales o regionales, que en ocasiones se encuentran fuera de sus municipios de origen, lo que incrementa el costo de transacción e incentiva los envíos informales de remesas.

El uso de modelos espacio-temporales permite describir la formación de patrones geográficos generados por una distribución no uniforme de capacidades y recursos desplegados por parte de las instituciones financieras a lo largo del territorio mexicano y consolidados al paso del tiempo. Los modelos espaciales más utilizados son los modelos lineales generalizados mixtos (GLMM) que suponen el uso de una función liga y un conjunto pequeño de covariables que pueden ser controlados (fijos) o que pueden no serlo (aleatorios). La ventaja que aporta el uso de un enfoque de tipo bayesiano sobre la aproximación clásica estriba en su capacidad para estimar

la distribución marginal posterior de los parámetros (en lugar de la distribución conjunta), con lo que se forma una imagen completa sobre el comportamiento de los parámetros.

## **Antecedentes**

Se entiende que las remesas familiares son envíos unidireccionales generalmente recurrentes, de dinero, que realizan emigrantes mexicanos en el extranjero, particularmente de los Estados Unidos, cuyo destino final son sus hogares en México, hogares con los que tienen un vínculo familiar (Banco de México, 2004). Existen básicamente dos canales para el envío de remesas: los canales formales que utilizan el sistema bancario internacional para hacer transferencias y los canales informales conformados por una serie de intermediarios (parientes, conocidos, coyotes, traficantes, etc.) que realizan la transferencia de dinero entre el remitente y el destinatario de mano en mano (Demirgüç-Kunt, et al. 2011). La decisión entre el uso de uno u otro canal se basa en un análisis costos/beneficio que pondera entre los costos, la confianza y los riesgos asociados al uso de cada canal. En cualquier caso, el registro de los envíos realizados a través de canales formales, es hecho por el Banco de México, a partir de un sistema que cuantifica los recursos transferidos entre personas físicas en el extranjero hacia personas físicas en México, no obstante, se estima que el monto de las remesas contabilizadas en canales formales es 50 por ciento menor a las remesas enviadas por canales informales (Moretti Langford, 2014).

La preferencia por el uso de canales informales puede explicarse porque ofrecen precios más bajos, mayor afinidad cultural y ausencia de trámites burocráticos, pero, sobre todo, se explica por la carencia de infraestructura financiera en las localidades de destino de las remesas

(Tuirán, Santibáñez, & Corona, 2006). En general, la presencia de sucursales bancarias, en países en desarrollo como México, se limita a centros urbanos, mientras que la ausencia de infraestructura bancaria busca ser cubierta por instituciones de microfinanzas que ofrecen servicios financieros básicos, con una mayor distribución espacial de sucursales, en un mayor número de poblaciones rurales (Cortina & Ochoa, 2005). En este sentido, la dispersión geográfica de servicios financieros, junto con una mayor inclusión financiera, dirigida especialmente a poblaciones de zonas rurales generará los incentivos necesarios para reducir el flujo de remesas por canales informales.

“En términos de tendencias de inclusión financiera, se ha demostrado que los hogares que reciben remesas tienden a tener una mayor propensión a ahorrar que los hogares no receptores y mayores cantidades de ahorro en valor absoluto: alrededor del 57% de los hogares receptores ahorran una parte de sus remesas, frente a un 41% de los hogares no receptores (Orozco, 2016). Debido a que los hogares receptores de remesas están excluidos o tienen acceso limitado al sistema financiero formal, ahorran a través de canales informales que los exponen a riesgos de fraude, robo o extravío y mayores costos de transacción. Se estima que solo el 23% de los hogares receptores ahorra en las instituciones financieras y en los hogares no receptores el porcentaje es mucho menor: 9% (FIDA, 2017)”.(Aldasoro, 2020:29)

El Banco Mundial afirma que la inclusión financiera significa, para personas físicas y empresas, el tener acceso a productos financieros útiles y asequibles que satisfagan sus necesidades transacciones, pagos, ahorro, crédito y seguro, prestadas de manera responsable y sostenible (Angeletti, 2019: 4). Angeletti (2019), por ejemplo, centra su reflexión sobre los programas de transferencias condicionadas (PTC) y el papel que pueden jugar en la inclusión financiera, teniendo en cuenta la posibilidad de disminuir los costos de transacción. Señala que la

banca formal debe diseñar productos financieros acordes a los requerimientos y que sean capaces de cubrir las necesidades de los usuarios.

En relación a lo anterior, se debe tener presente que los PTC son transferencias públicas y tiene una similitud alta con las remesas, que son transferencias privadas. El problema para los receptores de remesas es que en muchos municipios rurales, que conforman la mayor parte de los municipios de origen de los migrantes, no cuentan con sucursales bancarias en las que puedan recibir remesas, al igual que los destinatarios de PTC en las zonas rurales, así, la implementación por parte de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público de México del programa de bancarización a través de Bancos del Bienestar, tiene como objetivo proteger el ingreso de los mexicanos, incluida población migrante, a través de una estrategia que busca reducir los costos y riesgos asociados a las transferencias de remesas, ampliando la cobertura de servicios financieros.

El Banco de Bienestar parece ser una opción dirigida a llenar ese hueco que conspira con la recepción de remesas en las zonas rurales y que eleva los costos de transacción asociados a la recepción de remesas. El programa de Bancos del Bienestar buscará bancarizar a los migrantes mexicanos en Estados Unidos y a sus familiares en México ofreciendo acceso a 2,393 puntos de atención, entre sucursales del Banco del Bienestar, sociedades financieras populares y cooperativas de ahorro y préstamo (CNBV, 2019).

Los canales formales para la transferencia de remesas comprenden proveedores de servicios financieros, entre los que se encuentran bancos y empresas remesadoras internacionales que incluyen instituciones financieras, operadores de transferencias de dinero, así como servicios postales. El uso de canales formales garantiza la seguridad de las transferencias

para los emisores, para los receptores y para el sistema económico, sin embargo, la existencia de regulaciones excesivas y el cumplimiento de requisitos dirigidos a prevenir el lavado de dinero incrementan los costos y tiempos de las transacciones (Aldasoro, 2020).

En términos generales, se percibe un problema que tiene que ver con la ausencia de, al menos una sucursal en el 51% de los municipios del país, en donde se ubica el 92% de la población, de acuerdo a la CNBV (Cárdenas y Espinosa, 2020). Es decir, el 49% de los municipios del país no cuentan, con al menos una sucursal bancaria. En este sentido, la Política Nacional de Inclusión Financiera (PNIF), no sólo se estructura para cumplir los cuatro elementos clásicos de la inclusión financiera (acceso, uso, educación financiera y protección al usuario), sino que se enfoca en incidir en la salud financiera de la población mexicana y, con ello, coadyuvar a la disminución de la pobreza y desigualdad. Para 2024, en la PNIF se tiene la meta de alcanzar los niveles promedios actuales de alfabetización financiera del G20 y reducir la brecha urbana-rural a 7.5 puntos porcentuales (Cárdenas y Espinosa, 2020).

Todo parece indicar que en el gobierno actual se están tomando medidas para incrementar los niveles de inclusión financiera que se expresan en la PNIF y en la creación del Banco del Bienestar, que se ha anunciado abrirá 2,393 sucursales en todo el país, mismas que esperan concretar en 2022 (El Financiero, 04/12/2020). Entre los objetivos establecidos por el Banco del Bienestar esta participar en la recepción de remesas. Si bien, el uso de canales formales parece verse restringido, al menos desde el punto de vista teórico, por regulaciones excesivas, el pago de comisiones y el pago “potencial” de impuestos. Las regulaciones gubernamentales, asociadas al envío de remesas entre México y Estados Unidos, son bastante débiles, los controles



implican el registro (no obligatorio) de una identificación oficial del beneficiario cuando la remesa rebasa los 3 mil dólares y no se verifica el vínculo familiar entre el remitente y el receptor, por lo que el problema del bajo uso de canales formales podría estar asociado al cobro de comisiones o la falta de inclusión financiera.

## **Datos**

Los datos utilizados para el desarrollo de esta investigación fueron obtenidos de los tabulados generados por el Sistema de Información Económica desarrollado por el Banco de México y disponible en su sitio web (BAXICO, 2021), en particular se procesaron las variables relativas a los ingresos por remesas familiares y el total de sucursales bancarias, en ambos casos las variables estaban disponibles a nivel municipal y para el periodo comprendido entre los años 2014 a 2020. Es importante señalar que los datos analizados representan las remesas familiares recibidas a través de canales formales, según cifras de Banco de México. Las remesas internacionales registraron a lo largo de todo el periodo analizado una tendencia creciente, con lo que alcanzaron un total de 40 mil 578 millones de dólares al año 2020 (ver gráfica 1).

Los datos relativos a la infraestructura financiera, en concreto, la información operativa de la banca comercial por entidad federativa y municipio, que comprende el número total de sucursales fueron recabadas por el reporte regulatorio R24 que integra la información sectorizada proporcionada por la banca a partir del catálogo que solicita la Comisión Nacional Bancaria y de Valores, misma que es proporcionada al Banco de México para su procesamiento y publicación. La información fue recabada con cohorte 31 de diciembre de 2020.

## **Remesa e inclusión financiera en México**

La revista **Norteamérica** publica versiones *Ahead-of-Print* (AOP) de los artículos dictaminados mediante una rigurosa evaluación de tipo doble ciego y que han sido aceptados por el Comité Editorial con el fin de ofrecer un acceso más amplio y expedito a ellos. / **Norteamérica** publishes Ahead-of-Print (AOP) versions of all manuscripts that have undergone a rigorous double-blind peer-review and been approved for publication by the Editorial Board in order to provide broader and earlier access to them.

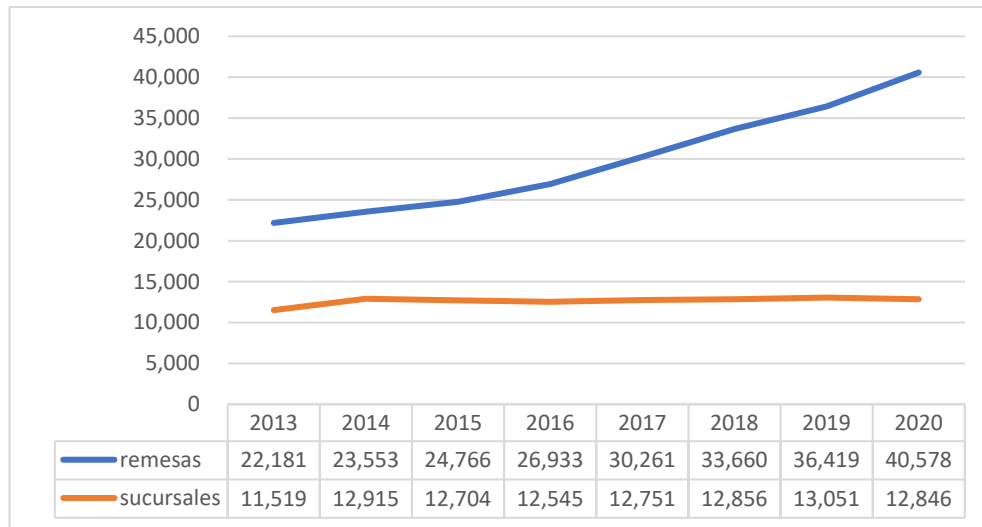
De acuerdo con el Banco Mundial (2018), la inclusión financiera impacta en 7 de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) señalados por el grupo G-20 (Romero, et.al., 2020). “Específicamente, el grado de inclusión financiera de México es bajo en comparación con otras economías en desarrollo. Demirgüç-Kunt et al. (2015), señalan que solamente alrededor del 39% de la población adulta en México posee una cuenta en un banco u otro tipo de institución financiera, un porcentaje más bajo que el promedio de la región de América Latina y el Caribe, que es de aproximadamente el 51 por ciento” (Carabarin, et.al, 2018:.409). Los municipios de origen de los migrantes mexicanos se han extendido más allá de las entidades tradicionales de emigración internacional, que hasta la década de los años 80,s del siglo XX se encontraban encapsulados en algunas entidades federativas como: Zacatecas, Jalisco y Michoacán, y que hoy día abarcan prácticamente todos los rincones de México, como se puede apreciar en la dispersión espacial de los municipios de destino de las remesas municipales, que son la contraparte de los flujos migratorios (ver mapa 1). Lo mismo se puede decir de los lugares de destino de los migrantes mexicanos, que hoy día abarca toda la geografía de la Unión Americana. No se encuentra circunscrita al conjunto de entidades tradicionales de la migración de mexicanos a Estados Unidos.

Los montos de las remesas captadas a nivel municipal nos permiten tener una idea de la dispersión del fenómeno a lo largo y ancho del país, ya que en casi todos los municipios, en el periodo 2015-2020, son receptores de remesas, con excepción de 23 municipios de Oaxaca, 2 de Yucatán, 1 de Sonora y 1 de Tlaxcala, en los que no hay ni remesadoras, ni cajeros, y mucho menos sucursales bancarias donde cobrar las remesas, por lo que estas se dirigen a los municipios

aledaños (base de datos de Banxico, consultada el 20/02/2020). En relación con el flujo de remesas per cápita a nivel municipal, en 2020, se observa que en municipios dispersos o con poca población se recibe un mayor número de remesas, lo que puede ser un indicador de la existencia de una mayor proporción de su población (originaria de dichas localidades) laborando en los Estados Unidos, así tenemos que Santa María del Oro, Jalisco, es el municipio quien mayor monto de remesas per cápita recibe, con una cantidad media de 8,269 dólares anuales por persona, le seguirían Mariscala de Juárez, Oaxaca, y Tulcingo, Puebla con 5,349 y 4,430 dólares respectivamente. En suma, tenemos, dentro de los primeros 20 municipios que más dólares reciben, 4 municipios de Jalisco, 4 de Michoacán, 3 de Oaxaca, 3 de Zacatecas, 2 de San Luís Potosí, y uno de Puebla, Sonora, Guerrero y Durango respectivamente (ver gráfica 2).

En términos absolutos, el municipio de Tijuana, en 2020, es el que mayor monto de remesas recibe con 626.3 millones de dólares, le sigue Guadalajara con 531.4, Puebla con 527.1 y Morelia con 474.6 millones de dólares. En todo el país, en 2020, solamente 43 municipios no recibieron remesas (por canales formales), 31 de Oaxaca, 4 de Sonora, 2 cada uno de Tlaxcala, Veracruz, Yucatán y uno de Chihuahua y eso tiene que ver con la exclusión financiera.

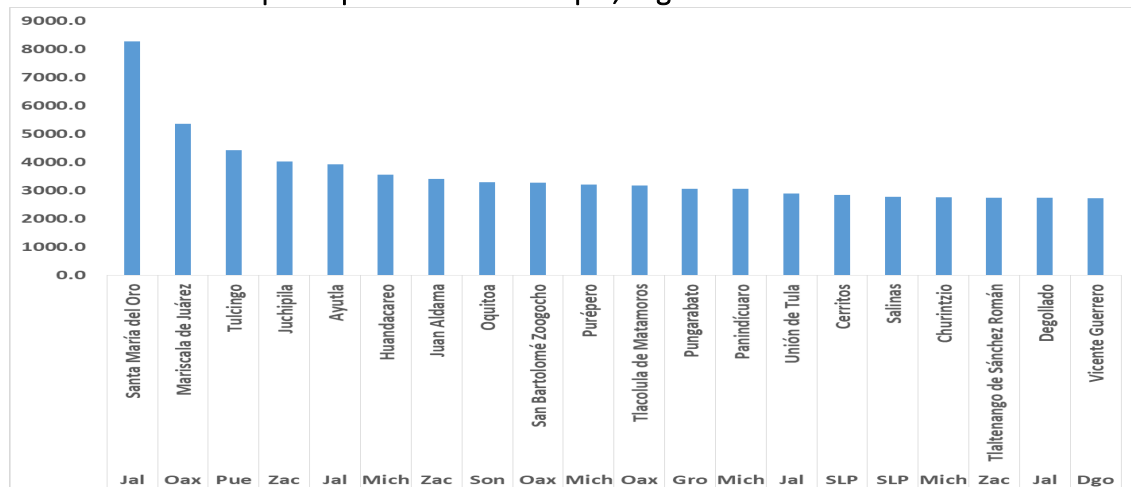
### Gráfica 1: Evolución de remesas y sucursales bancarias. México, 2013-2020



Fuente: elaboración propia a partir de datos de BANXICO.

Remesas en millones de dólares

Gráfica 2: Remesas per cápita a nivel municipal, segundo semestre de 2020



Fuente: elaboración propia a partir de datos de BANXICO y los Censos de Población y Vivienda, INEGI.

Remesas per cápita en dólares

## Modelación espacio-temporal bayesiana

La variable  $Y_{it}$  representa una sucesión indexada de la forma  $Y(i,t) = \{y(i,t) | (i,t) \in \mathcal{R}^2 \times \mathcal{R}\}$ .

misma que define un proceso estocástico donde cada punto  $y(i,t)$  de la sucesión hace referencia al total de remesas recibidas por el municipio  $i = 1, \dots, 2456$ , al tiempo  $t = 2015, \dots, 2020$  (Blangiardo & Cameletti, 2015: 235). De tal modo que la variable aleatoria  $Y_{it}$  se modela usando una

distribución de gaussiana dada por  $Y_{it} \sim N(\eta_{it}, \sigma_{ei}^2)$  donde  $\eta_{it}$  representa el valor medio esperado de las remesas para el municipio  $i$  al año  $t$  y  $\sigma^2$  representa la varianza del error, conocida como efecto nugget, con media cero y donde cada  $e_i$  se supone independiente de  $e_j$  cuando  $i \neq j$ .

Los modelos espacio-temporales con formulación paramétrica clásica definen un predictor lineal lineal  $\eta_{it}$  de la forma:

$$\eta_{it} = \alpha_0 + u_i + v_i + (\alpha + \delta_i)t + \beta_i x_{it} \quad (1)$$

donde  $\alpha_0$  representa el flujo medio de remesas recibidas en todos los municipios del país,  $u_i$  representa el efecto aleatorio espacial estructurado y  $v_i$  el efecto espacial no estructurado, donde los parámetros definen un campo aleatorio gaussiano. Cada unidad espacial tiene un intercepto dado por  $(\alpha_0 + u_i + v_i)$  y una pendiente  $(\alpha + \delta_i)$  que representa la tendencia temporal (Blangiardo & Cameletti, 2015).  $\beta$  representa los efectos fijos relacionados con las covariables socioeconómicas. Los parámetros e hiperparámetros del modelo se definen a partir de los vectores  $\theta = \{\alpha_0, u, v, \alpha, \beta, \delta\}$  y  $\psi = \{\tau_v, \tau_u, \tau_\delta\}$  respectivamente.

El modelo dinámico no paramétrico define al predictor lineal  $\eta_{it}$  a partir de una formulación que elimina las limitaciones impuestas por el modelo paramétrico en relación con el comportamiento lineal global del efecto temporal ( $\alpha$ ) y la tendencia diferencial espacial ( $\delta_s$ ) (Bivand, Gómez-Rubio & Rue, 2015):

$$\eta_{it} = \alpha_0 + u_i + v_i + \rho_t + \phi_t + \beta_{lit} x_{lit} \quad (2)$$

En este modelo, las tendencias temporales son modeladas dinámicamente a través de los parámetros de efectos temporales estructurados  $\rho_t$  y no estructurados  $\phi_t$ . La tendencia temporal estructurada  $\rho_t$  se modela con una caminata aleatoria de orden uno (rw(1)) dada por

$\rho_t | \rho_{t-1} \sim N(\rho_{t-1}, \sigma^2)$  mientras que la tendencia temporal no estructurada  $\phi_t$  sigue una distribución gaussiana  $N(0, 1/\tau_\phi)$  intercambiable (Schrödle & Held, 2011). Los parámetros restantes  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $u_i$  y  $v_i$  se definen como en el modelo clásico paramétrico. Los parámetros e hiperparámetros son determinados por los vectores  $\vartheta = \{\alpha, \beta, u, v, \rho, \phi\}$  y  $\psi = \{\tau_u, \tau_v, \tau_\rho, \tau_\phi\}$  respectivamente.

La especificación del predictor lineal del modelo de interacción espacio-temporal definido por:

$$\eta_{it} = \alpha_0 + u_i + v_i + \rho_t + \phi_t + \gamma_{it} + \beta_{lit} x_{lit} \quad (3)$$

captura la interacción entre espacio y tiempo al introducir el término  $\gamma_{it}$  de interacción espacio-temporal que sigue una distribución *Normal*  $(0, 1/\tau_\gamma)$ , con matriz de precisión  $\tau_\gamma R_\gamma$  (Sharafifi, Asmarian, Hoorang & Mousavi, 2018), cuya estructura resulta ser dispersa. La matriz  $R_\gamma$  de estructura permite además identificar el tipo de dependencia espacio-temporal que categoriza el modelo (Blangiardo & Cameletti, 2015: 241).

Las interacciones espacio-temporales se definen a partir del término  $\gamma_{it}$  quien especifica cuatro tipos de modelos espaciales de interacción: tipo I con efecto espacial y temporal no estructurado  $v_i$  y  $\rho_t$ . Tipo II con efecto espacial no estructurado  $v_i$  y efecto temporal estructurado  $\phi_t$ . Tipo III con efecto espacial estructurado  $u_i$  y con efecto temporal no estructurado  $\rho_t$  y finalmente la interacción tipo IV con efecto espacial y temporal estructurado  $u_i$  y  $\phi_t$  respectivamente (Blangiardo & Cameletti, 2015: 241). Los restantes parámetros del modelo se definen de igual manera que en el modelo no paramétrico. El vector de parámetros está dado por  $\theta = \{\alpha, \beta, u, v, \rho, \phi, \gamma\}$ , y el vector de hiperparámetros por  $\psi = \{\tau_u, \tau_v, \tau_\rho, \tau_\phi, \tau_\gamma\}$ .

El efecto espacial estructurado  $u_i$  sigue una distribución dada por:

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

conocida como modelo autorregresivo condicional (CAR), donde  $\mu_i$  representa la media del área  $i$  y  $s_i$  la desviación estándar (Rue et al, 2009) definida en términos del número de vecinos.  $s_i^2 = \sigma_u^2 / \#N_i$ .  $\sigma_u$  controla la variación entre efectos aleatorios espacialmente estructurados y  $d_{ij}$  pondera la proximidad espacial (Bivand et al, 2015). El efecto espacial no estructurado  $v_i$  representa la parte del modelo que captura los efectos espaciales aleatorios cuya distribución está dada por  $v_i \sim Normal(0, \sigma_v^2)$ .

El vector de parámetros  $\theta$ , define, en cada caso, un campo aleatorio latente (GF), con una función de distribución previa  $P(\theta | y)$  asociada, de forma que la dependencia entre dos observaciones de un campo aleatorio puede modelarse utilizando una función de covarianza. De manera que un modelo gaussiano latente se define a partir del anidamiento de un vector de parámetros, un predictor lineal y una función de verosimilitud. La verosimilitud captura la distribución marginal de los datos definida a partir de una familia exponencial, la cual se determina a partir de una función de enlace  $\eta = g(E(Y | \theta))$  donde  $\eta$  es el predictor lineal definido por el modelo gaussiano latente,  $g$  es la función de enlace y  $Y$  es la variable respuesta.

A lo largo del trabajo se presentan seis formulaciones de modelos espacio-temporales en competencia: (1) un modelo paramétrico clásico, (2) un modelo dinámico no paramétrico y (3) cuatro modelos no paramétricos de interacción espacio-temporal del tipo I al tipo IV, los cuales son planteados en términos del logaritmo natural de las remesas per cápita municipales y el logaritmo del número total de sucursales bancarias reportadas por municipio a lo largo del

periodo analizado, esto con la finalidad de reducir los problemas derivados de la sobre dispersión de datos crudos.

## Resultados

La estimación de los seis modelos gaussianos latentes, se realizó empleando el paquete INLA, disponible en lenguaje de programación R (Rue, Martino & Chopin, 2009). INLA aprovecha la estructura dispersa de la matriz de precisión y las propiedades de independencia condicional de los parámetros que conforman el campo aleatorio gaussiano markoviano para obtener cálculos rápidos y confiables. Los resultados de las estimaciones de los modelos se presentan en la tabla 2. La forma de seleccionar el mejor modelo se basa en el criterio de bondad de ajuste Akaike.

Para el caso de los modelos ajustados, los resultados señalan que el modelo que presentó el AIC mínimo resultó ser el modelo de interacción espacio-temporal tipo I, con la covariable de número de sucursales bancarias por municipio. El modelo alcanzó un AIC de 53,493 (véase tabla 1) y por lo tanto representa la mejor opción para modelar el comportamiento espacio-temporal de las remesas per cápita municipales, en términos de los niveles observados de inclusión financiera. Es importante señalar que la diferencia de 1,674 puntos de AIC respecto del modelo más cercano (modelo tipo III), hace evidente que la aportación de la interacción de los efectos temporales no estructurados y los efectos espaciales no estructurados resulta significativa al momento de explicar la distribución espacio-temporal de las remesas en los municipios de México en el periodo analizado.

El mapa 1 presenta la evolución espacio-temporal del logaritmo natural de las remesas per cápita municipales, a lo largo del periodo estudiado. En el mismo puede verse un incremento



continuado en la llegada de remesas a todos los municipios de México, mientras en el año 2015, 768 municipios no recibieron remesas (de un total de 2456 municipios), para el año 2020, la cantidad de municipios que no recibieron remesas fue de tan sólo 43. El incremento en el número de municipios receptores de remesas, creció de la mano del número de sucursales bancarias por municipio y del monto promedio per cápita de las remesas (ver cuadro 2).

La especificación del modelo de interacción tipo I permite conocer la distribución de las remesas per cápita municipales, a la par que evalúa el efecto que ejercen los niveles de inclusión financiera. El efecto fijo  $\alpha$  del modelo de interacción tipo I estima que las remesas per cápita recibidas en los municipios de México alcanzaron un monto de 13.9 dólares por persona al año, a lo largo de todo el periodo analizado (ver tabla 2), cifra que subestima de manera importante el promedio general del país que fue de 33.9 dólares per cápita anuales, para el periodo señalado, esto según cifras del Banco de México. Este efecto de subestimación es producto de la ponderación espacial entre municipios con altos y bajos niveles de recepción de remesas, lo que se atribuye al hecho de que la parte del modelo condicional autorregresiva (iCAR) que ajusta el efecto espacial estructurado del predictor lineal pondera la estimación de un municipio con información relativa al comportamiento de los municipios vecinos, información que toma “prestada” y que utiliza además para reducir sustantivamente la varianza (ver mapa 2).

El efecto del parámetro  $\beta$  del modelo de interacción espacio-temporal tipo I indica la existencia de una relación positiva entre los niveles de inclusión financiera y los montos per cápita de las remesas recibidas, donde el incremento relativo de un punto en los niveles de inclusión

financiera municipales implicaría un incremento de 1.8 ( $\exp(0.063)$ ) dólares en las remesas per cápita municipales.

El mapa 1 muestra la distribución espacio temporal de las remesas recibidas por los municipios de México durante los años 2015 a 2020. Mismo que puede contrastarse con las estimaciones obtenidas del modelo de interacción espacio-temporal tipo I, que se presentan en el mapa 2, donde se observa el efecto del suavizado realizado por el modelo. En el mapa 2 se muestra la media posterior (estimada en términos del total nacional) de las remesas per cápita asociados a los niveles observados de inclusión financiera municipales.

**Tabla 1: Akaike y estimaciones posteriores de efectos fijos, modelos espacio temporales**

Modelo	AIC	Par	mean	sd	Q1	Q2	Q3
Paramétrico	56,448.53	$\alpha$	0.721	0.098	0.529	0.721	0.913
		$\beta$	0.103	0.027	0.049	0.103	0.156
		year	0.56	0.006	0.549	0.56	0.571
No paramétrico	58,168.26	$\alpha$	2.613	0.071	2.589	2.643	2.876
		$\beta$	0.061	0.025	0.011	0.062	0.123
Tipo I	53,493.47	$\alpha$	2.633	0.073	2.489	2.633	2.776
		$\beta$	0.063	0.026	0.012	0.063	0.113
Tipo II	57,353.83	$\alpha$	2.064	1038.734	-2036.081	2.071	2042.163
		$\beta$	0.01	0.029	-0.065	0.01	0.045
Tipo III	55,922.09	$\alpha$	18.948	1064.138	-2156.117	15.304	2209.868
		$\beta$	0.09	0.025	0.041	0.09	0.139
Tipo IV	58,167.07	$\alpha$	2.647	52.125	-99.698	2.645	104.909
		$\beta$	0.061	0.026	0.01	0.061	0.111

Fuente: Elaboración propia con base en estimaciones de R-INLA.

La tabla 3 presenta las estimaciones posteriores de los efectos aleatorios del modelo de interacción espacio-temporal de tipo I. En el caso del modelo de interacción tipo I, la media de la densidad posterior del efecto espacial estructurado  $u_i$ , es 60% más pequeña que la media estimada para el efecto espacial no estructurado  $v_i$ , lo que muestra que el efecto de la dispersión espacial de las remesas entre municipios es baja y depende relativamente poco de las distancias y de la estructura espacial. Por el contrario, el valor medio estimado para los efectos temporales no estructurados en el modelo de interacción espacio-temporal tipo I, resulto ser muy significativa en relación con el efecto temporal estructurado y con ambos efectos espaciales (estructurados y no estructurados), lo que refleja el incremento sostenido de remesas a lo largo de todo el periodo analizado y hace evidente la mayor importancia relativa del tiempo en relación al espacio, como factor explicativo para modelar la evolución del envío de remesas en los municipios de México.

La magnitud de la diferencia observada entre los efectos temporal y espacial (estructurados y no estructurado), implica que la capacidad explicativa del modelo de interacción espacio-temporal debe tomar en cuenta la interacción entre ambos efectos (espaciales y temporales) (Schrödle & Held, 2011). Cuando las variaciones entre efectos espaciales (estructurados y no estructurado) y las variaciones entre efectos temporales son relativamente pequeñas, en comparación con la variación estimada entre efectos espaciales y temporales (ver tabla 2), la estimación del término de interacción espacio-temporal  $\gamma_{it}$  resulta en relación con las estimaciones de los efectos temporales y espaciales de menor magnitud (Martins et al., 2012), no

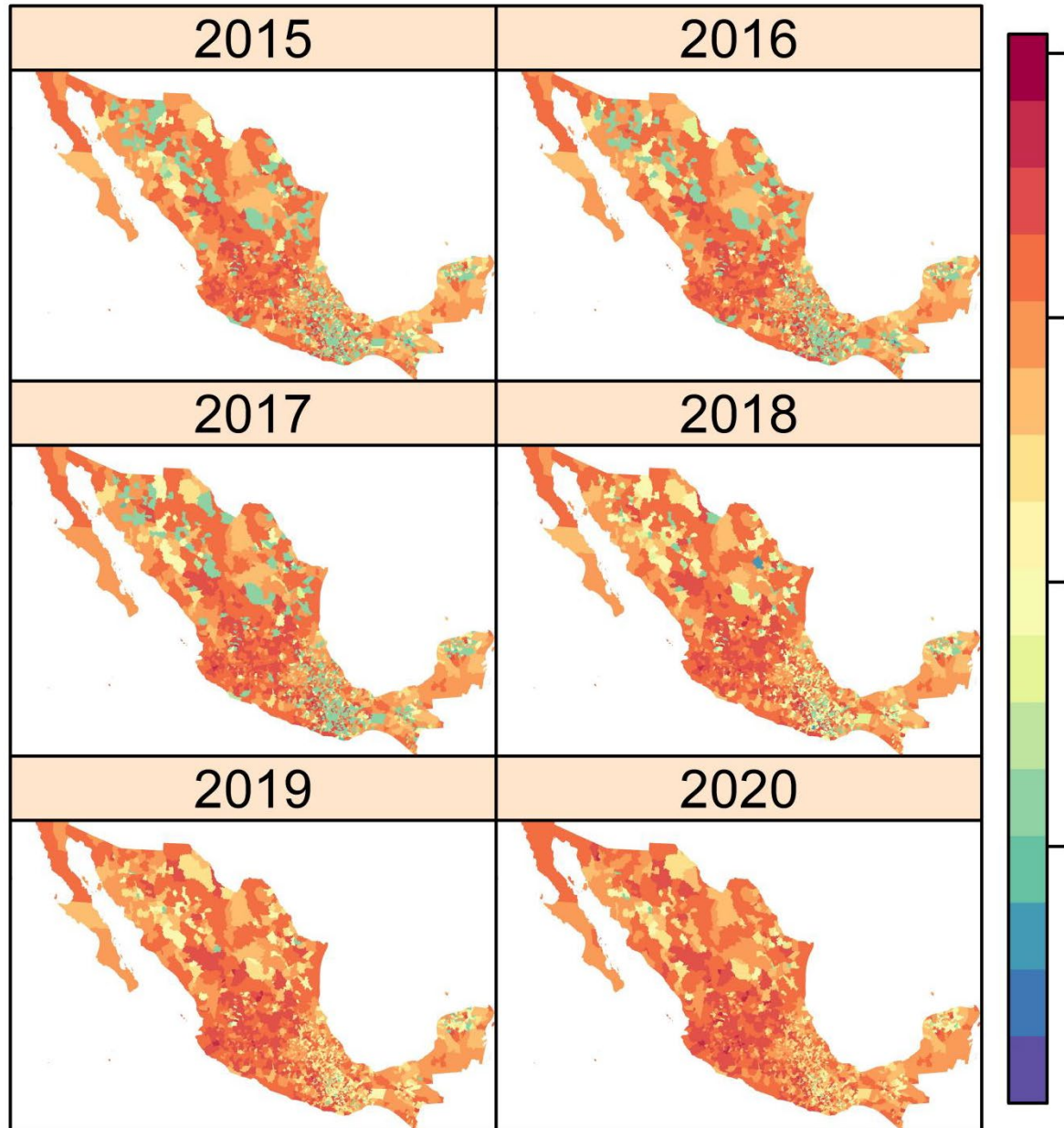
obstante, el termino de interacción es capaz de modelar la dependencia espacio-temporal, hecho que se ve reflejado en la bondad de ajuste del modelo.

Tabla 3: Estimaciones posteriores de efectos aleatorios, modelo interacción espacio-temporal tipo I

Modelo clásico paramétrico	mean	sd	Q1	Q2	Q3
ui Efecto espacial estructurado	0.096	0.004	0.088	0.096	0.105
vi Efecto espacial no estructurado	0.155	0.029	0.101	0.155	0.215
$\rho t$ Efecto temporal estructurado	3.3	1.752	0.843	3.006	7.479
$\phi t$ Efecto temporal no estructurado	18213.74	18268.55	1255	12805.24	66300.788
		3		4	
$\gamma it$ Efecto int. espacio-temporal	0.784	0.078	0.641	0.78	0.95

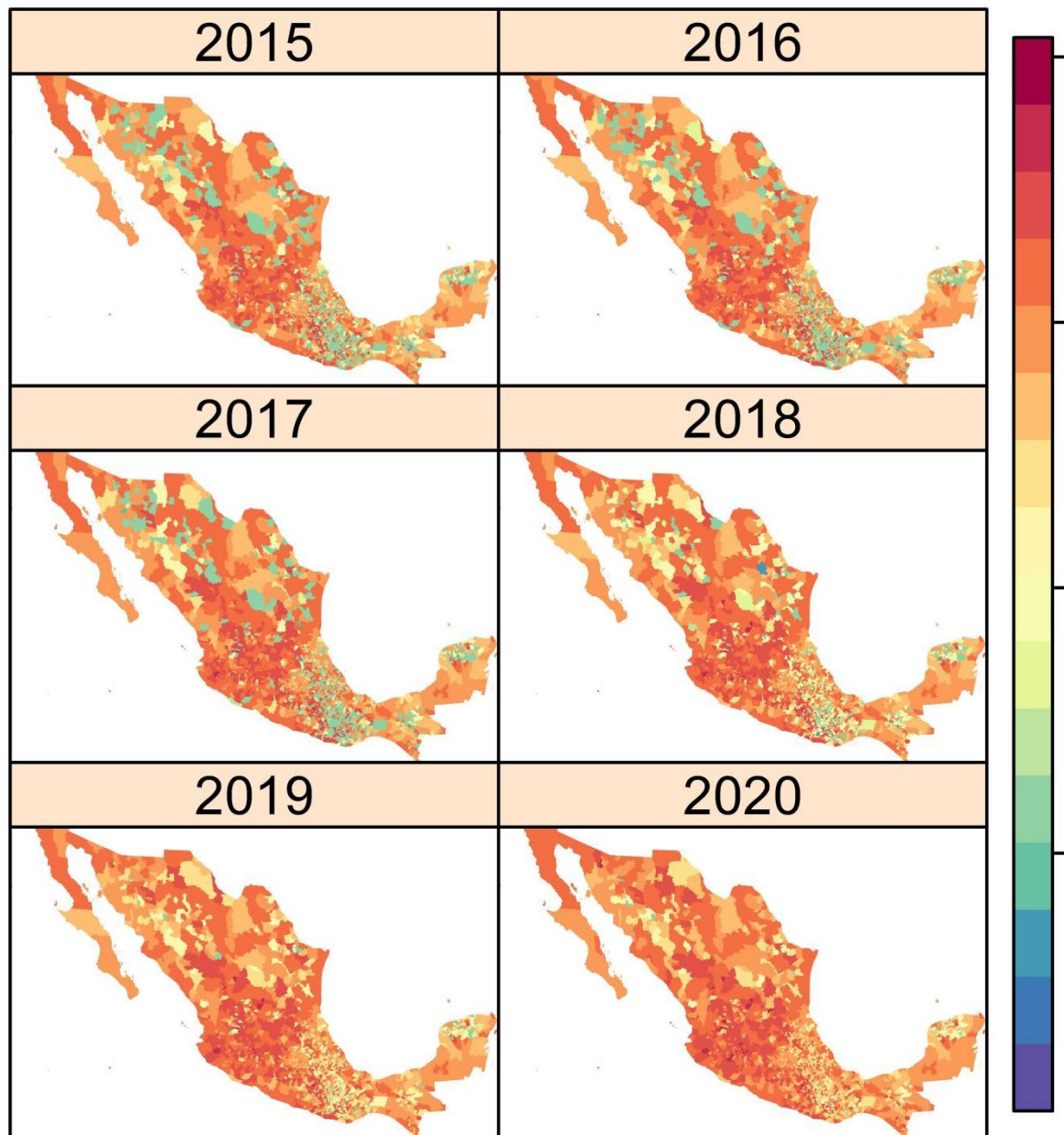
Fuente: elaboración propia con base en estimaciones de R-INLA.

**Mapa 1: Distribución espacio-temporal de las remesas per cápita municipales, México 2015 a 2020**



Fuente: elaboración propia con base en estimaciones de R-INLA.

**Mapa 2: Media posterior de las remesas per cápita municipales según estimaciones del modelo de interacción tipo I**



Fuente: elaboración propia con base en estimaciones de R-INLA.

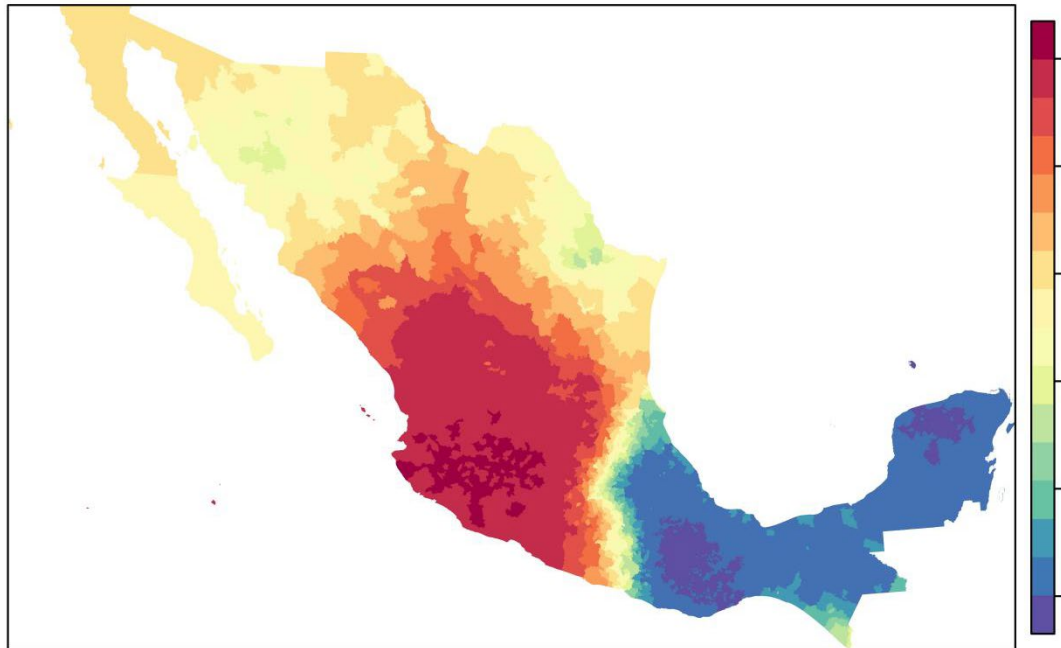
El modelo de interacción tipo I permitió estimar los efectos aleatorios espaciales y temporales no estructurados de las variaciones en las remesas per cápita municipales. El mapa 2 presenta la media posterior de las remesas per cápita municipales estimadas en términos del campo espacial y del efecto asociado a los niveles observados de inclusión financiera en México, el cual se expresa en términos del logaritmo natural, para reducir los niveles de sobre dispersión de ambas variables. En el mismo puede verse que los municipios en tonos azul a verdes presentan niveles de recepción de remesas por abajo de la media nacional, mientras que los municipios en colores naranjas a rojos tienen niveles de remesas por encima de la media.

El modelo de interacción espacio-temporal tipo I genera la distribución posterior completa de las remesas municipales para el periodo analizado dado el nivel de inclusión financiera observado, por lo que es posible construir un mapa de probabilidad en términos del riesgo relativo asociado a un nivel específico de remesas per cápita municipal, el cual puede establecerse a partir de un umbral determinado. Así, el mapa 3 presenta la probabilidad condicional posterior de que el logaritmo natural de la distribución de las remesas per cápita municipales sea superior a 2.6 (es decir, que el municipio presente una captación media de remesas por encima del promedio global nacional), lo que se define como  $P(\zeta_i > 2.6 | y)$ .

El mapa 3 presenta la distribución espacial de la probabilidad condicional posterior, relativa a las remesas per cápita municipales de México, donde los municipios en tonos rojos a naranja muestran una alta probabilidad de recibir remesas por arriba del promedio nacional, mientras que los municipios en tonos azules a verdes presentan una baja probabilidad de obtener remesas por encima del promedio nacional, lo que dibuja un claro patrón espacial. En general, los

municipios en color azul se encuentran ubicados en el Sur-Sureste de México e incluye zonas como la Selva Lacandona, el Istmo de Tehuantepec en Oaxaca, y la Península de Yucatán.

**Mapa 3: Probabilidad condicional posterior  $P(\zeta_i > \chi | y)$**



Fuente: elaboración propia con base en estimaciones de R-INLA.

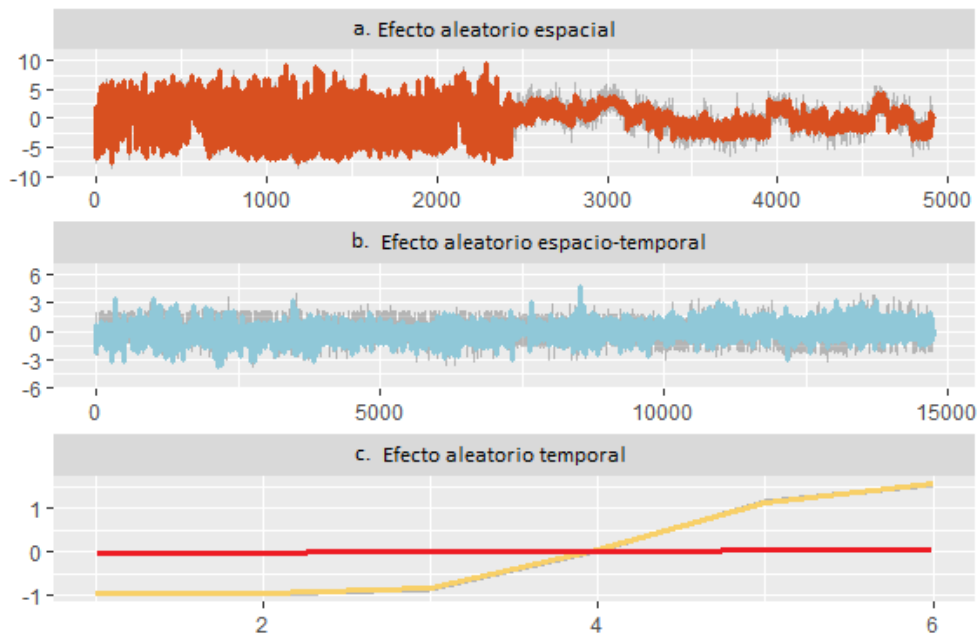
La exploración de patrones espaciales permite identificar conglomerados donde se observan regiones de alta recepción de remesas, que en teoría corresponden a regiones con altas tasas históricas de expulsión de migrantes hacia Estados Unidos, regiones donde, si bien, se presentan importantes niveles de bienestar económico también, enfrentan serios problemas asociados a desequilibrios demográficos y sociales. Los hogares que reciben remesas se encuentran con mayores posibilidades de mejorar la calidad de su alimentación y las condiciones de sus viviendas, de mejorar sus niveles de escolaridad y de acceso a servicios de salud, lo que en



algunos casos va en detrimento de los hogares que no reciben remesas, al incrementar los costos relativos de los bienes y servicios disponibles en el municipio. Estos contrastes se observan con claridad a lo largo de todo el mapa 3.

La Gráfica 3 presenta la tendencia posterior de los efectos espaciales y temporales estructurados y no estructurados además del parámetro de interacción espacio-temporal para el modelo tipo I. En la grafica 3.a se presenta la tendencia del efecto espacial no estructurado, a lo largo de las primeras 2,456 observaciones, posteriormente se dibuja la tendencia de los efectos espaciales estructurados (las últimas 2,456 observaciones). La gráfica 3.b presenta la evolución del efecto de interacción espacio temporal, a lo largo de las 14,736 (2,456 x 6) estimaciones. La gráfica 3.c muestra la tendencia en color amarillo del efecto temporal estructurado y la línea en color rojo la tendencia del efecto temporal no estructurado.

**Gráfica 3: Efectos aleatorios espacio-temporales estructurados del modelo de interacción tipo I**



Fuente: elaboración propia con base en estimaciones de R-INLA.

## Conclusiones

Esta investigación contribuye al análisis de la distribución espacio-temporal de las remesas en los municipios de México aportando elementos cuantitativos fundamentales para evaluar la importancia de la inclusión financiera en la dispersión territorial de remesas y en el papel que desempeña la vecindad entre municipios rurales y urbanos, donde por ejemplo, la probabilidad que un municipio ubicado en la sierra madre occidental reciba montos de remesas por arriba de la media nacional es baja, mientras que la probabilidad de municipios ubicados en la vecindad de los mismos es mayor (ver mapa 3). Los flujos de remesas son una fuente fundamental de ingresos para un número creciente de municipios de México, sin embargo, existen importantes desigualdades producto de su distribución espacial.

El efecto positivo estimado para la variable la inclusión financiera sobre la recepción de remesas municipales muestra la importancia de impulsar estrategias destinadas a incluir a los migrantes y a sus familias al sistema financiero nacional, en especial, muestra la relevancia de la estrategia impulsada por la Política Nacional de Inclusión Financiera que tiene por objeto incidir en la salud financiera de la población mexicana a través del programa de bancarización orientado a población migrante con el que se busca reducir los costos y riesgos asociados a las transferencias de remesas así como ampliar su cobertura a todos los municipios del país.

Si se analiza, una vez más al año 2020, la distribución de remesas en cuanto a su monto (sin considerar su distribución per cápita), son precisamente los municipios más poblados de México los que reciben las mayores remesas, se trata de los municipios de: Tijuana, Guadalajara, Puebla, Morelia y Álvaro Obregón, mientras que en grandes regiones del Sur-Sureste del país se

dispersan pequeñas cantidades, sin embargo, estas son fundamentales para su sobrevivencia y desarrollo. El análisis estadístico espacio-temporal pone en relieve la relevancia de la inclusión financiera sobre el problema de distribución de las remesas a lo largo y ancho de todos los municipios de México. Los resultados muestran la conformación de conglomerados espaciales (a lo largo de los años analizados) de municipios donde se concentran la recepción de remesas, en perjuicio de sus municipios vecinos.

La inclusión financiera es un factor relevante para explicar la distribución espacio-temporal de las remesas en los municipios de México para el periodo analizado, la expectativa es que la inclusión de un mayor número de migrantes y de sus familias al sistema financiero impulse el uso de canales formales para el envío de remesas, reduciendo la incertidumbre y los riesgos asociados al uso de canales informales, lo que hará posible la recepción de remesas en un mayor número de municipios. El crecimiento continuo en los flujos de remesas es muestra de la importancia de la mano de obra mexicana en el mercado laboral de Estados Unidos, sin embargo, la reducción del flujo de migrantes en los últimos años obliga a reevaluar la dependencia de las remesas, en especial en los municipios donde se registran altos niveles de pobreza y marginación.

La elección de los modelos gaussianos latentes para representar conceptualmente a los modelos espacio-temporales facilitó su conceptualización, sin embargo, esto no hace menos compleja la fase de resolución o estimación de parámetros, razón por la que resulta fundamental la implementación de los modelos basada en la aproximación anidada integrada de Laplace (INLA), con un enfoque de inferencia bayesiano que consiste en estimar los parámetros marginales posteriores del modelo. El uso de un algoritmo basado en INLA representa una

importante ventaja al momento de hacer inferencias estadísticas. El uso del paquete INLA proporciona importantes ventajas computacionales respecto de otros paquetes basados en algoritmos como la cadena de Markov de Monte Carlo (MCMC, por sus siglas en inglés) donde la diferencia en tiempo de procesamiento suele ser de horas e incluso días.

## **Bibliografía**

- Aldasoro, Blanca. 2020. “Mejores prácticas sobre iniciativas para promover la inclusión financiera de receptores de remesas en el ámbito rural”, Ciudad de México, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Asli Demirgüç-Kunt, López Córdova, Martínez Pería, Christopher Woodruff. “Remittances and banking sector breadth and depth: Evidence from Mexico”. *Journal of Development Economics*. 95(2), 229-241.
- Angeletti, Camila. “Programa de transferencias monetarias condicionadas e inclusión financiera: el caso de Argentina”, Tesis de Maestría, Universidad de San Andrés, Buenos Aires, Argentina.
- Bivand, Roger & Gómez Rubio, Virgilio & Rue, Håvard. “Spatial Data Analysis with R-INLA with Some Extensions”. *Journal of statistical software*. 63.1-31.
- Blangiardo, M., Cameletti, M. 2013. *Bayesian Spatio and Spatio-Temporal Models with R-INLA*. Wiley.
- Blangiardo, Michela Cameletti, Gianluca Baio and Håvard Rue “Spatial and spatio-temporal models with R-INLA”. *Spatial and Spatio-temporal Epidemiology*, Volume 4, pp 33-49.
- Carabarán, M. & Adrián de la Garza & Juan Pedro González & Antonio Pompa “Corresponsales bancarios e inclusión financiera en México”, Joint Research, in: María José Roa García & Diana Mejía (ed.), *Decisiones financieras de los hogares e inclusión financiera: evidencia para América Latina y el Caribe*, edition 1, volume 1, chapter 12, pp 407-447, Centro de Estudios Monetarios Latinoamericanos, CEMLA.

Cárdenas, Guillermo Jr y Luis A. Espinosa “Perspectivas de inclusión y educación Financiera en 2020”, Observatorio Perspectivas de inclusión y educación Financiera, BBVA. Centro de estudios sociales y de opinión pública de la Cámara de Diputados “El impacto de las remesas familiares en México y su uso productivo”. Diciembre del 2004.

Comisión Nacional Bancaria y de Valores. CNBV. Panorama anual de inclusión financiera.

Ciudad de México: CNBV.

Cortina, De la Garza y Ochoa Reza 2005, Remesas. Límites al Optimismo, Foreign Affairs en Español, vol. 5, núm. 3, México.

Cull, Robert, Tilman Ehrbeck y Nina Holle 2014 “La inclusión financiera y el desarrollo: Pruebas recientes de su impacto”, Enfoques n.º 92, Washington, DC: CGAP

Demirgüç-Kunt, A., L. Klapper, D. Singer, y P. Van Oudheusden 2015, The Global Findex Database 2014: Measuring Financial Inclusion Around the World. Policy Research Working Paper, núm. 7255, Banco Mundial, Washington, D. C.,

Rue, S. Martino, and N. Chopin. 2009. “Approximate Bayesian inference for latent Gaussian models using integrated nested Laplace approximations (with discussion)”. Journal of the Royal Statistical Society, Series B. 71(2):319-392.

Lozano Ascencio, Fernando 2004. Tendencias actuales de las remesas de migrantes en América Latina y el caribe: una evaluación de su importancia económica y social; Sistema Económico Latinoamericano (SELA)” Caracas, Venezuela; 26 y 27 de julio.

Martino, S., Rue, H. 2010. Implementing Approximate Bayesian Inference using Integrated Nested Laplace Approximation: a manual for the inla program.

Martins, G., Simpson, D., Lindgren, F., Rue, H. “Bayesian computation with INLA: new features”. Norwegian University of Science and Technology Report.

Romero-Álvarez, Y. Niebles-Núñez, W. y Niebles-Núñez, L. 2020. “La inclusión financiera analizada desde una técnica de reducción de dimensiones”. Desarrollo Gerencial, 12 (1), 1-17.

Rue, H., Held, L. “Gaussian Markov Random Fields. Theory and Applications”.

Chapman & Hall.

Rue, H., Martino, S., Chopin, N. "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.

Schrödle, B., Held L. "Spatio-temporal disease mapping using INLA".

*Environmetrics* 22 (6), 725-734.

Tobler, W. R. "A Computer Model Simulation of Urban Growth in the Detroit Region".

*Economic Geography* 46 (2).

Tuirán Gutiérrez, Rodolfo, Santibáñez Romellón, Jorge, & Corona Vázquez, Rodolfo. "El monto de las remesas familiares en México: ¿mito o realidad?". *Papeles de población*, 12(50), 147-169.

BANXICO. Sistema de información económica. Consultado el 10/enero/2021.

en:<https://www.banxico.org.mx/SieInternet/consultarDirectorioInternetAction.do?sector=1&accion=consultarCuadro&idCuadro=CE166&locale=es>