

Análisis espacio-temporal de la evolución de los niveles de fecundidad en los municipios de México, 1970-2020

Gerardo Núñez Medina¹

Recibido: 01/06/2021
Aceptado: 03/08/2021

Resumen

El análisis se realizó mediante la implementación de seis modelos bayesianos espacio-temporales que buscan demostrar que la formación de conglomerados de alta o baja fecundidad es producto de un proceso histórico de difusión facilitado por la contigüidad geográfica y la existencia de afinidades culturales y lingüísticas entre municipios, de manera que el descenso de la fecundidad comenzaría en un pequeño número de municipios urbanos, con altos niveles de acceso a servicios de salud y educación, y posteriormente se transmitiría a los municipios vecinos. Los resultados contradicen esta hipótesis.

Palabras clave: fecundidad, tasa de fecundidad, baja de la fecundidad, divisiones administrativas y políticas, tendencias demográficas, análisis demográfico, metodología estadística, México.

¹ Doctor en Demografía por la Universidad Autónoma de Barcelona (CED-UAB). Investigador adscrito al Departamento de Estudios de Población de El Colef (DEP-COLEF) sede Piedras Negras, Coahuila (México). Correo electrónico: gnunez@colef.mx.

Abstract

The analysis was carried out using six Bayesian spatio-temporal models that aim to demonstrate that the formation of high- and low-fertility clusters is the product of a historical process of diffusion facilitated by geographical contiguity and the existence of cultural and linguistic affinities between municipalities, such that fertility decline would originate in a few urban municipalities with high levels of access to health and education services, and subsequently spread to neighbouring municipalities. The results do not support this hypothesis.

Keywords: fertility, fertility rate, fertility decline, administrative and political divisions, population trends, demographic analysis, statistical methodology, Mexico.

Résumé

L'analyse a été réalisée en appliquant six modèles spatio-temporels bayésiens visant à démontrer que la formation de clusters à forte ou faible fécondité est le fruit d'un processus historique de diffusion que facilitent la contiguïté géographique et l'existence d'affinités culturelles et linguistiques entre les municipalités ; ainsi, la baisse de la fécondité commencerait dans un petit nombre de municipalités urbaines, bénéficiant de niveaux élevés d'accès aux services de santé et d'éducation, et se transmettrait ensuite aux municipalités voisines. Les résultats obtenus sont en contradiction avec cette hypothèse.

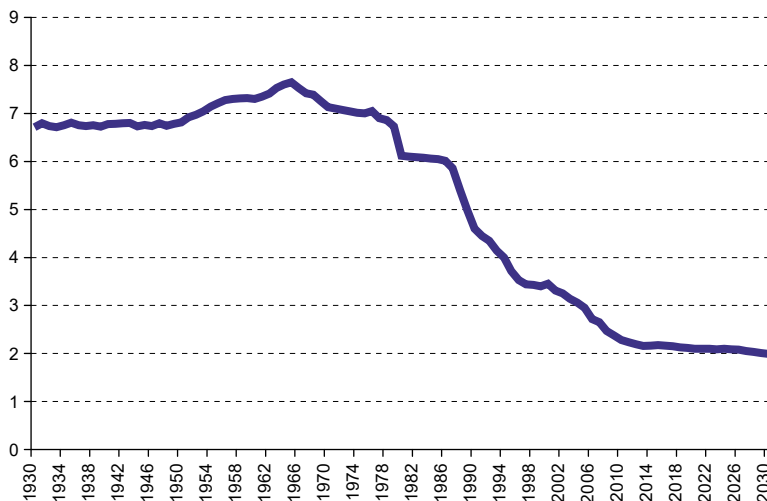
Mots clés: fécondité, taux de fécondité, baisse de la fécondité, divisions administratives et politiques, tendances démographiques, analyse démographique, méthodologie statistique, Mexique.

Introducción

El presente trabajo tiene como finalidad analizar la evolución espacio-temporal de la fecundidad en los 2.457 municipios de México para 1970, 1980, 1990, 2000, 2010 y 2020, con el objetivo de identificar patrones espaciales, temporales o espacio-temporales que definan conglomerados municipales con altos o bajos niveles de fecundidad. La identificación de conglomerados se realiza a partir de la tasa global de fecundidad (TGF), que representa el número promedio de hijos que se espera que una mujer tenga al terminar su etapa reproductiva. Las tasas se estimaron con una periodicidad decenal para los años señalados, un período de 50 años que, a los efectos de la simplificación, se denominará “período 1970-2020”. Se analiza entonces la evolución de la fecundidad a lo largo de esos 50 años, utilizando seis modelos bayesianos espacio-temporales: un modelo paramétrico clásico, un modelo dinámico no paramétrico y cuatro modelos no paramétricos de interacción espacio-temporal.

La evolución de los niveles de fecundidad en México ha sufrido grandes cambios en el último medio siglo, y desde finales de la década de 1960 se ha constatado una disminución drástica y sistemática de la fecundidad. En 1967 comenzó un proceso de descenso de una TGF máxima de 7,5 hijos promedio por mujer (Zavala de Cosío, 1992) a 6,1 hijos promedio por mujer en 1980 (véase el gráfico 1). Si bien el descenso observado entre distintas cohortes, estratos socioeconómicos y determinantes de la fecundidad puede consultarse en diversas fuentes (Juárez, Quilodrán y Zavala de Cosío, 1989; Welti, 1998; Mier y Terán, 1989), son escasas las referencias al análisis de los diferenciales espaciales y espacio-temporales de la fecundidad (Chackiel y Schkolnik, 2003; González Galbán, Palma y Montes, 2007), en especial cuando se busca distinguir patrones espaciales en niveles geográficos desagregados como el municipal.

Gráfico 1
México: evolución de la tasa global de fecundidad (TGF), 1930-2030
(En hijos promedio por mujer)



Fuente: Elaboración propia, sobre la base de datos de la Secretaría de Salud.

Los cambios demográficos experimentados durante el último medio siglo en materia de fecundidad ocurrieron en un marco de grandes transformaciones económicas, sociales, culturales y ambientales (Páez y Zavala de Cosío, 2017). Dichos cambios dieron inicio a una serie de procesos de urbanización, crecimiento y desarrollo que impulsaron la expansión del acceso a servicios de salud y educación, así como la integración de la mujer al mercado laboral. A través de diversos mecanismos, a su vez, estos factores contribuyeron al descenso de la fecundidad, que en un principio se dio entre mujeres urbanas, educadas y de altos ingresos (Welti, 1998), y posteriormente se propagó a las mujeres rurales, con baja escolaridad y bajos ingresos (Chackiel y Schkolnik, 2003). El proceso implicó que los mecanismos de reducción de la fecundidad se transmitieran entre estratos poblacionales, pero también entre espacios geográficos y a lo largo del tiempo, afirmación que se busca comprobar en este trabajo.

La reducción de los niveles de fecundidad generalmente se ha asociado a diferencias socioeconómicas y culturales propias de distintos estratos poblacionales, de modo que la estratificación social se materializa en el plano geográfico a través de una dispersión espacial diferenciada de patrones de fecundidad, que configuran una serie de conglomerados con TGF altas (o bajas). El objetivo de la investigación se centra en analizar la conformación espacio-temporal de conglomerados regionales, de alta o baja fecundidad, en diferentes regiones de México, generados por un proceso de difusión facilitado por la contigüidad geográfica y la existencia de afinidades culturales y lingüísticas entre municipios. El descenso de la fecundidad comenzaría en un pequeño número de municipios urbanos, con altos niveles de acceso a servicios de salud y educación, y posteriormente se transmitiría a los municipios vecinos.

A. Antecedentes

La teoría de la transición demográfica supone el paso de un régimen demográfico con tasas de mortalidad y fecundidad altas y estables a otro con tasas bajas y estables. El proceso se inicia en las sociedades pretransicionales, donde el papel fundamental de la mujer se centra en la reproducción (Caldwell, 2006) y las mejoras en los niveles de alimentación y salud de la población impulsan el descenso de la mortalidad (general e infantil), lo que conduce a un aumento del tamaño de los hogares. La respuesta racional a este proceso es el descenso de los niveles de fecundidad, con lo que se busca mantener un mismo tamaño medio de hogar. Es así que, por primera vez en la historia, la humanidad decide modificar de forma generalizada el régimen de fecundidad natural predominante hasta el momento (Coale, 1973; Demeny, 1972).

La reducción de la natalidad se asocia entonces al proceso de desarrollo económico y urbanización. La relación entre el descenso de la fecundidad y los procesos de modernización condiciona la interacción entre las expectativas sociales de las mujeres y la regulación del número de hijos. En países como México, los diferenciales socioeconómicos asociados a

la evolución de los niveles de fecundidad están estrechamente asociados a determinantes como la educación de la madre, el estrato social, la residencia urbana o rural, el nivel de vida y la pertenencia a grupos étnicos (Welti, 1980). Entre estos factores se identifican tanto determinantes contextuales como determinantes próximos. Se entiende por determinantes contextuales el conjunto de factores que actúan en momentos clave del proceso reproductivo retrasando, reduciendo o eliminando la exposición al coito, la concepción y el embarazo (Bongaarts, 1978). Los determinantes próximos permiten identificar y separar los aspectos biológicos de los aspectos socioculturales de la reproducción.

El análisis de los determinantes permite incorporar aspectos biológicos de la reproducción humana al estudio de la fecundidad, bajo el supuesto de que el desconocimiento o la falta de control sobre dichos aspectos es un motivo fundamental para explicar la presencia de hijos. En general, los niveles de fecundidad están influidos por un conjunto de variables intermedias, conocidas como determinantes próximos (Davis y Blake, 1960; Bongaarts, 1978), que incluyen la edad de inicio de la actividad sexual, el celibato permanente, la abstinencia voluntaria, la frecuencia del coito, la esterilidad involuntaria, la anticoncepción, la esterilización, la mortalidad fetal involuntaria y el aborto.

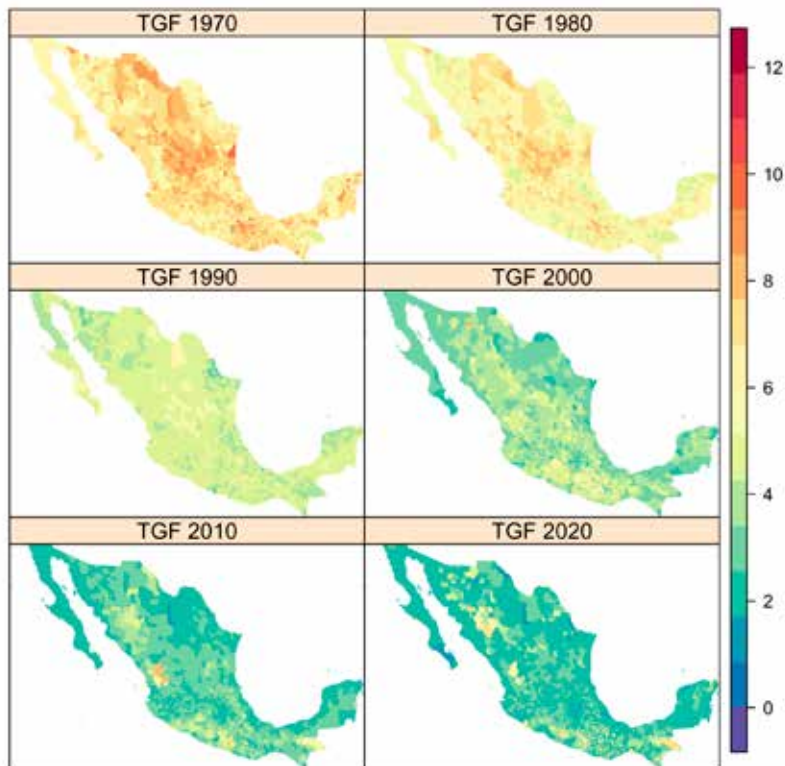
El análisis de la evolución de los niveles de fecundidad en México comprende aspectos relacionados con cambios del comportamiento reproductivo (nupcialidad), cambios en la estructura por edad, mejoras en el acceso a los sistemas de salud y en el uso de esos sistemas, incremento de los niveles de educación (en especial de las mujeres), inserción de las mujeres en el mercado laboral (Palma Cabrera, 2005), mejoras en las condiciones de salud de las madres y los hijos (Casique, 2003) y en los niveles de vida, así como las diferencias reproductivas entre generaciones (calendario e intensidad). Sin embargo, han quedado rezagados diferentes aspectos relativos a la dispersión espacial de la fecundidad y la heterogeneidad que le acompaña (Romo y Sánchez, 2009). Son pocos los trabajos que analizan las diferencias de los niveles de fecundidad observados entre entidades federativas o municipios debido, principalmente, a la falta de datos respecto del nivel de desagregación territorial en cuestión. También se debe resaltar la carencia de modelos adecuados para hacer frente a la complejidad asociada al análisis de dicho fenómeno.

El descenso de la fecundidad en México presentó un inicio tardío pero acelerado. Mientras algunos países europeos iniciaron el proceso de transición demográfica en el siglo XVII, México lo empezó bien entrado el siglo XX. Cabe destacar que el inicio de este proceso en México fue rápido (Zavala de Cosío, 2010), pese a las grandes desigualdades regionales, de índole económica, social, cultural y lingüística, que limitaron los procesos de difusión de los nuevos comportamientos reproductivos (Juárez y Quilodrán, 1990). En el gráfico 1 se muestra la evolución de la TFG para el período 1930-2030 en México y se observa que esta comienza a descender a partir de 1967. El inicio de esta caída antecede a la implementación de la Ley General de Población de 1974, con la que, por primera vez, se busca regular racionalmente el crecimiento de la población a partir de la aplicación de programas de planificación familiar (Palma Cabrera, 2005). Sin embargo, no es sino hasta 1979 que el descenso de la fecundidad alcanza un punto de no retorno. Los resultados de la

aplicación indiscriminada de esos programas se reflejan en la pronunciada disminución de la TGF a lo largo de los siguientes 30 años, cuando pasa de 7 a 3 hijos promedio por mujer entre 1975 y 2005 (véase el gráfico 1).

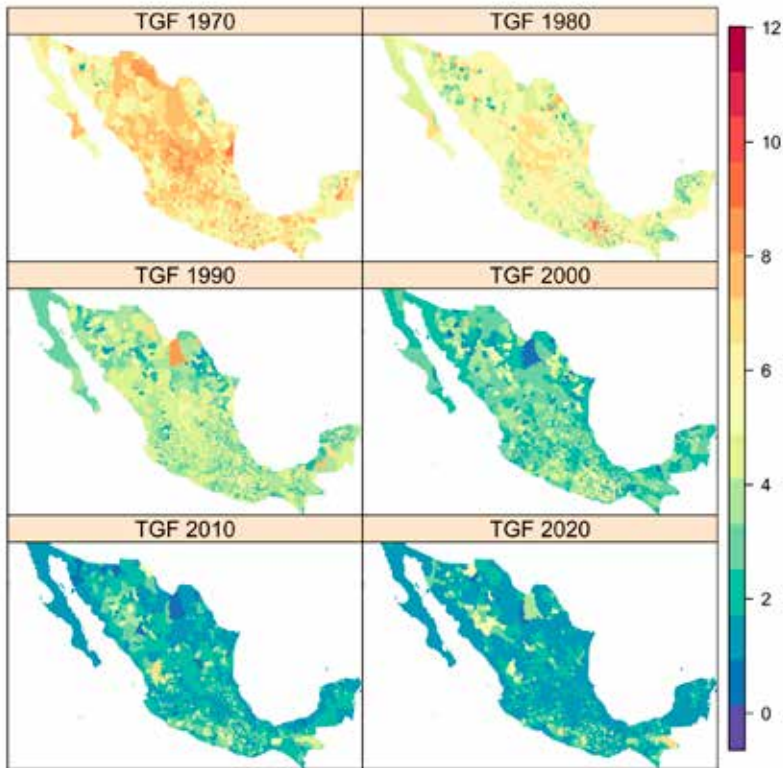
Las entidades federativas con los mayores niveles de desarrollo (Ciudad de México, Nuevo León y Jalisco) fueron las primeras en experimentar un descenso de la fecundidad, pese a la existencia de algunos desfases temporales. En cualquier caso, el proceso se aceleró en los últimos 30 años del siglo XX y posteriormente, al año 2020, se alcanzaron niveles de fecundidad de reemplazo en un gran porcentaje de municipios de México (46,9%). En general, las diferencias en los niveles de fecundidad observados para las distintas regiones surgen como resultado del retraso en el proceso de difusión experimentado, a lo largo del territorio y del tiempo, por los principales determinantes, entre los que se destacan las diferencias en el nivel educativo de las mujeres, el acceso a servicios generales de salud y de salud reproductiva, y el acceso diferencial a los mercados laborales (Páez y Zavala de Cosío, 2017). Los mapas 1 y 2 muestran la distribución espacio-temporal de la TGF observada en los municipios de México para los años señalados.

Mapa 1
México: tasa global de fecundidad (TGF) municipal, 1970-2020



Fuente: Elaboración propia, sobre la base de estimaciones de R-INLA.

Mapa 2

México: media posterior de la tasa global de fecundidad (TGF) estimada, 1970-2020, modelo II

Fuente: Elaboración propia, sobre la base de estimaciones de R-INLA.

El desarrollo de nuevas formas de producción basadas en el mercado impulsó la generalización de la educación y la consolidación de la familia nuclear. Mientras que el nivel de riqueza de las familias tradicionales dependía de una alta fecundidad, el proceso de modernización estimuló su descenso, asociado con la pérdida del valor económico de los hijos (Cleland y Wilson, 1987). Esto fue lo que ocurrió en México a partir de la década de 1930. Desde una perspectiva microeconómica moderna, el valor de la familia va en función de la capacidad de sus miembros para insertarse con éxito en el mercado laboral, lo que depende directamente de su nivel de escolaridad, de su estado de salud y de su capacidad para establecer relaciones sociales exitosas. El proceso de industrialización trajo consigo una diversificación y especialización en las formas de producción, lo que obligó a que la productividad pasara de las familias a las fábricas. Así fue que se redujo la utilidad de los hijos y se revirtió el sentido de los flujos de riqueza generados por el excedente laboral: mientras en las sociedades pretransicionales estos iban de los hijos a los padres, ahora iban en sentido contrario, de los padres a los hijos (Caldwell, 1968).

Durante la década de 1960 se desarrolló la teoría de la difusión, que afirma que las innovaciones se transmiten espacialmente en función de la distancia que separa a los innovadores de quienes podrían adoptar las innovaciones (Puyol, 1987; Carlsson, 1966). De esta manera, el descenso de la fecundidad puede explicarse a partir del uso de modelos de difusión capaces de analizar el efecto de la propagación de conocimientos en relación con la disponibilidad y el uso de nuevos métodos de control de la natalidad y su efecto sobre la evolución de la fecundidad. La teoría de la difusión sostiene además que las interacciones sociales promueven una serie de intercambios de información e ideas que permiten reducir la fecundidad de manera efectiva en algunas regiones. Sin embargo, el conocimiento referente al uso de técnicas anticonceptivas no es condición suficiente para justificar una reducción sustancial de los nacimientos, dado que se trata de un proceso sumamente complejo (Rosero-Bixby y Casterline, 1994).

La teoría de la difusión analiza aspectos de la transición demográfica que no pueden explicarse por cambios en la estructura socioeconómica ni por la disponibilidad de métodos de control de la natalidad (Casique, 2003). El proceso de difusión se constituye en un agente causal capaz de difundir, “bajo determinadas condiciones”, conocimientos sobre métodos de control de la natalidad que operan en un sentido diferente al de la demanda de hijos o al de la oferta de métodos anticonceptivos (Chackiel, 2004). Este agente es capaz de modelar la dinámica generada por los cambios en el calendario y la intensidad de la fecundidad, lo que puede atribuirse a rasgos específicos del descenso de la fecundidad observados en Europa durante el siglo XX. Los datos recabados por la encuesta mundial de fecundidad sostienen la incompatibilidad de la teoría de la transición demográfica respecto de que la principal causa del descenso de la fecundidad fue la modificación en la demanda de hijos provocada por cambios socioeconómicos (Rosero-Bixby y Casterline, 1994).

Desde una perspectiva distinta, el control de la natalidad puede verse como un comportamiento innovador y no como un proceso de difusión, donde la adopción de nuevas pautas reproductivas es la respuesta concreta a los cambios experimentados en las condiciones socioeconómicas, de modo que el estímulo provocado por el cambio en los niveles de vida es el detonante del desarrollo de esas nuevas pautas reproductivas. Bajo esta óptica, el éxito en la implementación, a nivel micro, de los métodos de control de la natalidad no puede explicarse solo a partir de fuerzas motivacionales o cambios en las condiciones socioeconómicas, sino que será necesario considerar el potencial de adaptación individual a las innovaciones (Cleland y Wilson, 1987).

La teoría de la difusión busca entender el descenso de la fecundidad a partir de un marco explicativo más amplio que el meramente económico, por lo que estudia los cambios en la fecundidad analizando las relaciones entre los mecanismos de control de la natalidad y su interacción con determinantes económicos y culturales (Consejo Nacional de Investigaciones, 2001; Caldwell, 2006). Se enfoca en el análisis de los efectos de la difusión de información y en los mecanismos que la producen bajo el argumento de que el descenso de la fecundidad surge como respuesta a la creciente influencia de ciertos conocimientos, actitudes y valores que interactúan con un amplio conjunto de determinantes. Los mecanismos

asociados al comportamiento, capaces de explicar la transición de la fecundidad, señalan que la importancia de analizar la influencia social ejercida a través de redes sociales locales se basa en la premisa fundamental que dicta que el cambio social se produce, en buena medida, como resultado de la exposición de una entidad social a valores, comportamientos y tecnologías importadas desde otra entidad social (Rosero-Bixby, 1991).

La teoría de la difusión influyó en el desarrollo de la teoría de la segunda transición demográfica (Bongaarts y Watkins, 1996) al establecer que el enfoque de interacciones sociales describe los mecanismos por medio de los cuales se producen los efectos de aprendizaje, influencia y coerción social que explican los cambios en el contexto social originados por el impacto de la revolución sexual, surgidos como consecuencia del proceso de difusión de métodos de control de la natalidad y de los cambios en los patrones de nupcialidad y relaciones de género.

B. Fuentes de datos

La estimación de la TGF para los municipios de México se realizó a partir de dos fuentes de datos fundamentales: el registro civil (nacimientos) y los censos y conteos generales de población y vivienda. Los datos sobre natalidad se obtuvieron de la consulta interactiva de los nacimientos registrados por entidad de residencia de la madre y año de registro del nacimiento (provenientes del registro civil) para el período 1970-2020 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2021). De esa forma, se obtuvo información sobre el volumen y la distribución geográfica de los nacimientos registrados en todos los municipios de México. Los datos sobre la población total femenina de entre 15 y 49 años (a mitad del año) por municipio, en tanto, se obtuvieron de los censos y conteos generales de población y vivienda correspondientes al período referido, así como de la Encuesta Intercensal 2015 levantada por el INEGI.

Los datos recabados permitieron estimar de manera directa la TGF, que se calculó como la suma de las tasas específicas de fecundidad estimadas como el cociente del número de nacimientos registrados por mujeres de edad x entre el total de mujeres de edad x , para un año calendario y un municipio dados. Debe señalarse, sin embargo, que los datos sobre nacimientos provenientes del registro civil presentan problemas relacionados con el subregistro, el registro extemporáneo y la incorrecta declaración de la edad de las madres (Figueroa, 1982). Estos problemas, a los que se suma la falta de datos en relación con el municipio de residencia de la madre, se han ido subsanando a lo largo del tiempo (Mier y Terán y García Guerrero, 2019). En general, las estimaciones de las tasas específicas y globales de fecundidad para los municipios se ajustaron a las informadas por instituciones como el Consejo Nacional de Población y el mismo INEGI (CONAPO, 2018).

C. Metodología

El análisis de la evolución espacio-temporal de las tasas municipales de fecundidad para el período 1970-2020 se realiza mediante el uso de modelos bayesianos que definen los datos observados como un proceso estocástico dado por una sucesión indexada de la forma:

$$Y(i, t) = \{y(i, t) \mid (i, t) \in \mathcal{R}^2 \times \mathcal{R}\}$$

donde $y(i, t)$ representa la TGF observada en el municipio i entre 1, ..., 2.457 municipios y el tiempo t entre 1970, ..., 2020 (Blangiardo y Cameletti, 2015, pág. 235).

Debido a que los datos a modelar son de naturaleza discreta, dado que caracterizan el número promedio esperado de hijos (TGF) en un año y municipio específico, se utiliza la tasa estandarizada de fecundidad (TEF), definida como el cociente del número promedio de nacimientos observados y_{it} entre el número promedio de nacimientos esperados E_{it} en el municipio i al año t . La tasa estandarizada puede entonces definirse como:

$$TEF(i, t) = \frac{Y(i, t)}{E(i, t)}$$

La forma en que se estima la TEF no toma en cuenta la dependencia espacial entre municipios, por lo que para solventar esta situación se utiliza el modelo de Poisson:

$$Y(i, t) \sim \text{Poisson}(\lambda_{it}) \quad \lambda_{it} = E_{it} \rho_{it} \eta_{it} = \log(\rho_{it})$$

la media λ_{it} se define como el producto de la TEF y el número promedio esperado de nacimientos (Moraga, 2019). La TEF representa el riesgo de ocurrencia de un nacimiento en el municipio i , al año t , mientras que $E(i, t)$ representan el número de nacimientos que se esperaría observar si la población del municipio i presentara el mismo comportamiento reproductivo que la población estándar.

El número esperado de nacimientos puede calcularse a partir del método de estandarización indirecta:

$$E(i, t) = r(\bullet, t) \times n(i, t)$$

donde $r(\bullet, t)$ representa la TGF de la población estándar correspondiente (en este caso la población estatal) y $n(i, t)$ representa la población total femenina de entre 15 y 49 años del municipio i , ambos al año t (Gómez-Rubio, 2020). Con el objetivo de manejar adecuadamente los problemas asociados a las diferencias en la magnitud de las tasas, se suele aplicar la función logaritmo, con lo que una ($TEF > 0$) indica que el riesgo estimado se encuentra por encima del promedio observado en la población estándar.

El predictor lineal del modelo generalizado, en escala logarítmica, se define como:

$$\eta_{it} = E[G(Y(i, t))] = \ln \ln (TEF(i, t))$$

donde la función de enlace empleada para el caso de distribuciones de Poisson es el logaritmo natural (Wang, Yue y Faraway, 2018).

1. Modelo paramétrico clásico

La formulación paramétrica clásica establecida para los modelos espacio-temporales define el predictor lineal η_{it} como:

$$\eta_{it} = \beta_0 + u_i + v_i + (\beta + \delta_i)t \quad (1)$$

donde β_0 representa la TEF para todos los municipios del país, u_i representa el efecto aleatorio espacialmente estructurado y v_i representa el efecto espacialmente no estructurado, por lo que cada una de las unidades espaciales tiene un intercepto espacial ($\beta_0 + u_i + v_i$) y una pendiente ($\beta + \delta_i$) que representan la tendencia temporal (Blangiardo y Cameletti, 2015). En cualquier caso, el vector de parámetros e hiperparámetros a estimar está dado por $\theta = \{\beta_0, u, v, \beta, \delta\}$ y $\psi = \{\tau v, \tau v, \tau \delta\}$, respectivamente.

2. Modelo dinámico no paramétrico espacio-temporal

Los modelos dinámicos no paramétricos evitan las restricciones impuestas por los modelos de tipo paramétrico relativas a limitaciones relacionadas con la linealidad del efecto temporal global (β) y sobre la tendencia espacial diferencial (δ_i), al utilizar una forma dinámica que permite modelar las tendencias temporales a través de efectos estructurados ρ_t y efectos no estructurados φ_t (Bivand, Gómez-Rubio y Rue, 2015), de manera que se tiene:

$$\eta_{it} = \beta_0 + u_i + v_i + \rho_t + \varphi_t \quad (2)$$

donde la tendencia temporal estructurada ρ_t es modelada dinámicamente utilizando una caminata aleatoria de orden uno (rw(1)) distribuido de acuerdo con:

$$\rho_t / \rho_{t-1} \sim N(\rho_{t-1}, \sigma^2)$$

al tiempo que la tendencia temporal no estructurada φ_t es modelizada a partir de una distribución gaussiana intercambiable previa $N(0, 1/\tau\varphi)$ (Schrödle y Held, 2011), donde β_0 , u_i y v_i se definen igual que en el modelo dado en la ecuación (1).

El modelo presentado en la ecuación (2) supone que la tendencia temporal no paramétrica se especifica a partir de los vectores de parámetros e hiperparámetros definidos como: $\theta = \{\beta_0, u, v, \rho, \varphi\}$ y $\psi = \{\tau u, \tau v, \tau \rho, \tau \varphi\}$.

3. Modelos no paramétricos de interacción espacio-temporal

Los modelos no paramétricos de interacción espacio-temporal expanden los modelos anteriores al permitir capturar la interacción entre espacio y tiempo introduciendo el término γ_{it} , con lo que se obtiene la especificación:

$$y_{it} = \eta_{it} = \beta_0 + u_i + v_i + \rho_t + \varphi_t + \gamma_{it} \quad (3)$$

el término de interacción espacio-temporal γ_{it} sigue una distribución gaussiana dada por $\gamma_{it} \sim Normal(0, 1/\tau\gamma)$, con matriz de precisión dada por $\tau\gamma R\gamma$, mientras los restantes parámetros del modelo se definen de la misma forma que en el modelo (2) (Sharafifi y otros, 2018). El vector de parámetros a estimar se define como $\theta = \{\beta_0, u, v, \rho, \phi, \gamma\}$, mientras que los hiperparámetros se especifican por el vector $\psi = \{\tau u, \tau v, \tau\rho, \tau\phi, \tau\gamma\}$.

El término γ_{it} especifica cuatro tipos de interacciones espacio-temporales entre efectos espaciales y temporales definidos como:

Modelo	Efecto espacial	Efecto temporal
Tipo I	no estructurado v_i	no estructurado ρ_t
Tipo II	no estructurado v_i	estructurado ϕ_t
Tipo III	estructurado u_i	no estructurado ρ_t
Tipo IV	estructurado u_i	estructurado ϕ_t

dado que la matriz de estructura $R\gamma$ identifica el tipo de dependencia espacial o temporal (Blangiardo y Cameletti, 2015, pág. 241).

4. Efectos espacio-temporales

El componente espacial estructurado se modela por medio del efecto autorregresivo condicional intrínseco ICAR(1) (Rue, Martino y Chopin, 2009) definido a partir de la distribución condicional de u_i dada por:

$$u_i | u_{-i} \sim N\left(\frac{1}{\#N(i)} \sum_{j=s}^n c_{ij} u_j, \sigma_i^2\right) \quad (4)$$

donde c_{ij} representa el criterio de vecindad; $c_{ij} = 1$ cuando las áreas i y j son vecinas, en caso contrario $c_{ij} = 0$, esto para toda $i \neq j$, al tiempo que la varianza $\sigma_i^2 = \sigma_u^2 / \#N(i)$ depende del número de vecinos $N_{(i)}$. Si el componente espacial estructurado u_i se distribuye según la ecuación (4) y el componente espacial no estructurado v_i sigue una distribución *Normal* $(0, \sigma_v^2)$ previa, donde la varianza σ_v^2 representa la dispersión de efectos aleatorios espaciales no estructurados (Riebler y otros, 2016), el modelo espacio-temporal seguirá la especificación establecida por Besag-York-Mollié (BYM).

En términos generales, el predictor lineal definido en los modelos espacio-temporales supone la existencia de términos espaciales y temporales separables, de manera que la estructura de la matriz de covarianzas pueda separarse como el producto de la matriz de efectos espaciales y la matriz de efectos temporales (Martino y Rue, 2008).

5. Calidad de ajuste de los modelos espacio-temporales

La calidad de ajuste de un modelo se cuantifica a través de criterios de información que buscan ponderar entre la complejidad y la capacidad predictiva del mismo modelo. La

inclusión de un mayor número de variables e interrelaciones entre los componentes del modelo (más complejo) genera predicciones más exactas en escenarios poco generalizables, mientras que un modelo sencillo tendrá la capacidad de predecir un mayor número de escenarios, pero con un menor nivel de especificidad.

El criterio de información bayesiano de Akaike (AIC) es una medida de bondad de ajuste para un modelo, que utiliza la función de máxima verosimilitud como medida de información y el número de parámetros como medida de complejidad, con lo que ponderar entre el ajuste de datos y el número de parámetros estimado. El criterio AIC se calcula como:

$$AIC = -2l(\hat{\theta}) + 2k$$

donde k representa el número de parámetros y $l(\hat{\theta})$ la función de máxima log-verosimilitud del modelo (Moraga, 2019).

El criterio de selección consiste en elegir el modelo con el AIC más pequeño en relación con el resto de los modelos en competencia. En el cuadro 1 se presenta el criterio AIC de calidad de ajuste para los seis modelos utilizados en la estimación del comportamiento espacio-temporal de la fecundidad.

Cuadro 1
Criterio de información bayesiano de Akaike (AIC) y criterio de información de desviación (DIC) de los modelos (1) a (6)

Modelo	AIC
(1) $y_{it} = \beta_0 + u_i + v_i + (\beta + \delta_i)t$	142 607,96
(2) $y_{it} = \beta_0 + u_i + v_i + \rho_t + \varphi_t$	226 177,15
TI $y_{it} = \beta_0 + u_i + v_i + \rho_t + \varphi_t + \gamma_{it}$	79 720,76
TII $y_{it} = \beta_0 + u_i + v_i + \rho_t + \varphi_t + \gamma_{it}$	78 234,81
TIII $y_{it} = \beta_0 + u_i + v_i + \rho_t + \varphi_t + \gamma_{it}$	80 129,85
TIV $y_{it} = \beta_0 + u_i + v_i + \rho_t + \varphi_t + \gamma_{it}$	226 180,17

Fuente: Elaboración propia, sobre la base de estimaciones de R-INLA.

Los resultados presentados en el cuadro 1 muestran que el modelo no paramétrico de interacción espacio-temporal tipo II presenta la mejor calidad de ajuste de las tasas globales de fecundidad para los municipios de México en el período 1970-2020 en relación con la totalidad de los modelos en competencia.

D. Resultados

El criterio de selección AIC permitió elegir de entre los seis modelos en competencia al que mejor ajusta el comportamiento espacio-temporal de los datos analizados. El modelo seleccionado resultó ser el modelo no paramétrico de interacción espacio-temporal tipo II (véase el cuadro 1). A los efectos comparativos, en el cuadro 2 se presentan las estimaciones de los seis modelos ajustados.

Cuadro 2
Estimaciones posteriores de efectos fijos, modelos espacio-temporales

Modelo	Parámetro	Media	Desviación estándar	Cuartil 1	Cuartil 2	Cuartil 3
Clásico paramétrico	α	0,613	0,036	0,542	0,613	0,684
Clásico paramétrico	año	-0,537	0,003	-0,542	-0,537	-0,531
No paramétrico	α	-1,677	0,022	-1,721	-1,677	-1,632
Interacción tipo I	α	-0,928	0,021	-0,969	-0,928	-0,886
Interacción tipo II	α	-0,315	0,052	-0,418	-0,315	-0,212
Interacción tipo III	α	-0,028	1 751,881	-3 439,561	-0,077	3 436,635
Interacción tipo IV	α	-1,672	52,174	-104,106	-1,674	100,677

Fuente: Elaboración propia, sobre la base de estimaciones de R-INLA.

Las estimaciones posteriores de los parámetros de los seis modelos espacio-temporales propuestos, que comprenden estimaciones para los efectos fijos, se presentan en el cuadro 2, mientras que los efectos aleatorios estructurados y no estructurados, tanto espaciales como temporales, se presentan en el cuadro 3. Además, las tasas estandarizadas de fecundidad observadas, así como los resultados correspondientes al predictor lineal estimado se presentan en los mapas 1 y 2, respectivamente. El mapa 1 muestra la distribución espacio-temporal de las tasas globales de fecundidad observadas, mientras que las tasas globales de fecundidad estimadas por el modelo de interacción espacio-temporal tipo II se presentan en el mapa 2. En ambos casos se hace referencia a la totalidad de municipios de México y al período estudiado.

Cuadro 3
Estimaciones posteriores de efectos aleatorios, modelos espacio-temporales

Modelo de interacción II	Media	Desviación estándar	Cuartil 1	Cuartil 2	Cuartil 3
ui Efecto espacial estructurado	377,443	96,1	214,983	369,542	588,599
vi Efecto espacial no estructurado	12,101	5,033	5,549	11,009	24,827
ρt Efecto temporal estructurado	15,708	9,804	3,816	13,489	40,888
φt Efecto temporal no estructurado	4,747	2,588	1,376	4,223	11,253
γit Efecto de interacción espacio-temporal	0,447	0,007	0,434	0,447	0,461

Fuente: Elaboración propia, sobre la base de estimaciones de R-INLA.

En el cuadro 2 se muestran las estimaciones posteriores de los efectos fijos de la media, la desviación estándar y los cuartiles de los modelos (1) a (6). El parámetro α puede interpretarse como la TGF media estimada para todos los municipios de México en el período analizado, lo que implica, para el caso del modelo no paramétrico de interacción espacio-temporal tipo II, que el número promedio esperado de hijos es $0,72 = \exp(-0,315)$, para los municipios y el período referido. Debe señalarse que la TGF observada promedio para los municipios de México en el período 1970-2020 se estimó en 4,0 hijos por mujer.

El descenso de la fecundidad en México habría comenzado en municipios urbanos, como la Ciudad de México y Guadalajara, para después expandirse, a través de un proceso de difusión impulsado por similitudes culturales, lingüísticas y socioeconómicas, a los municipios vecinos. Dado lo que se muestra en los mapas 1 y 2, sin embargo, no puede sostenerse que el descenso de la fecundidad en los municipios de México haya ocurrido en dichos términos. Esta situación puede verse específicamente en los municipios de Tuxtla Gutiérrez, Oaxaca y Tapachula, que encabezaron el descenso de la natalidad en sus respectivas regiones, pero cuyos municipios vecinos presentan importantes rezagos en términos de reducción de la fecundidad. Por ejemplo, el municipio de Oaxaca presenta niveles relativamente bajos de fecundidad y está rodeado por municipios con altas tasas globales de fecundidad. Estos resultados parecen indicar que la vecindad geográfica y la distancia no son necesariamente los factores fundamentales para explicar el proceso de difusión, por lo que es importante interpretar cuidadosamente los patrones espaciales de difusión de comportamientos en materia de fecundidad (Devolder, Nicolau y Panaredaet, 2006, pág. 81).

La mayoría de los municipios que rodean a las ciudades de Puebla y Oaxaca parecen haber sido poco permeables al proceso de difusión debido al rezago que presentan con relación al descenso esperado de la fecundidad (véase el mapa 2), cuantificado en términos del número promedio de hijos por mujer (González Galbán, Palma y Montes, 2007). La situación parece responder más a una ausencia de proximidad cultural y lingüística que a la proximidad geográfica. Sin embargo, los resultados muestran la complejidad espacio-temporal del proceso de descenso de la fecundidad.

El comportamiento espacio-temporal de las tasas estandarizadas de fecundidad municipales para el período 1970-2020 se presenta en el mapa 1, mientras que las estimaciones de los efectos espaciales y temporales estructurados y no estructurados para el modelo de interacción espacio-temporal tipo II se muestran en el cuadro 3. Cabe destacar que las estimaciones presentadas en el cuadro 3, donde se registran la media, la desviación estándar y los cuartiles estimados para los distintos parámetros del modelo, asignan un peso significativamente mayor a los efectos espaciales que a los efectos temporales, lo que pone de relieve la importancia del efecto espacial (especialmente el estructurado) al momento de explicar los cambios observados en los niveles de fecundidad municipales. En el modelo de interacción tipo II, entonces, la media de la densidad posterior del efecto espacial estructurado u_i es mucho mayor que la presentada por el efecto temporal estructurado ρ_t y por los efectos espaciales (vi) y temporales (ρ_t) no estructurados, lo que implica que el efecto espacial estructurado tiene una importancia mayor que su contraparte temporal respecto de

la ponderación utilizada para modelar la evolución observada de la fecundidad. En este sentido, es importante señalar que los efectos espaciales estructurados, impuestos a través de relaciones espaciales de vecindad, son un elemento estructural fundamental para analizar el proceso de difusión que posibilita la expansión de los determinantes que hicieron posible la baja de la fecundidad en los municipios de México a lo largo del período analizado.

La variación observada entre los efectos temporales estructurados ρt y los efectos temporales no estructurados φt , donde la media de la densidad posterior de la precisión de los efectos estructurados es relativamente menor que la estimada para los efectos temporales no estructurados, implica que la capacidad explicativa del modelo de interacción espacio-temporal debe tomar en cuenta la interacción de los efectos espaciales y temporales (Schrödle y Held, 2011). Esto se debe a que las variaciones entre efectos espaciales y temporales no estructurados son relativamente pequeñas comparadas con la variación entre efectos espaciales y temporales estructurados (véase el cuadro 3). La media de la densidad posterior estimada para el término de interacción espacio-temporal γit resulta ser pequeña en relación con las medias estimadas para los efectos temporal y espacial (Martins y otros, 2013). Sin embargo, logra capturar adecuadamente la dependencia espacial y la evolución temporal de las tasas específicas de fecundidad.

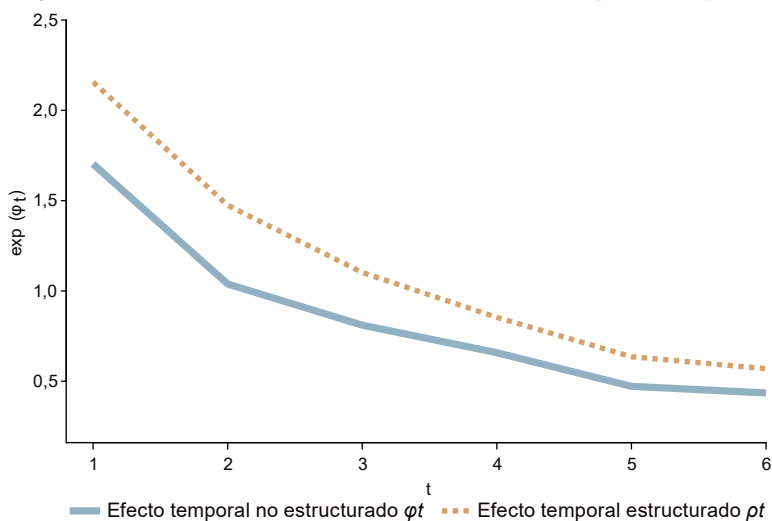
El mapa 1 muestra la evolución de las tasas globales de fecundidad en los municipios de México. El proceso de estandarización (que incluye la aplicación del logaritmo natural) durante la fase de ajuste del modelo hace comparables las tasas entre municipios y a lo largo del tiempo. Sin embargo, una vez obtenidas las estimaciones, se transformaron a tasas globales de fecundidad, de forma que todos los municipios en tonos oscuros presentan niveles de fecundidad significativamente mayores a los alcanzados por su población estándar. Durante 1980 se contabilizaron 1.226 municipios con una TGF > 6 (el 50% de los municipios a nivel nacional) (véanse los mapas 1 y 2). Para 2015 se registró un total de 56 municipios con una TGF superior a 3,0 hijos promedio por mujer, lo que implicó una marcada reducción en el número de municipios que presentan altos niveles de fecundidad. En 2015 existían en México 867 municipios con tasas de fecundidad por debajo del nivel de reemplazo, mientras que en 2005 estos municipios eran solo 112 (véase el mapa 1).

El mapa 2 presenta la evolución de la media posterior estimada por el modelo de interacción espacio-temporal tipo II de las tasas globales de fecundidad para los municipios de México en el período 1970-2020. Las estimaciones muestran un claro efecto de sobreajuste de las tasas en 1980 y 2020, en especial en los municipios de la frontera norte, donde el modelo sobreestima el número de municipios con altos niveles de fecundidad.

La evolución de las tasas globales de fecundidad muestra, en el mapa 2, la existencia de algunos conglomerados de alta fecundidad en los estados de Oaxaca-Puebla, Sonora y Yucatán-Campeche, además de conglomerados de baja fecundidad en los estados de Baja California, Guanajuato-Jalisco-Aguascalientes y Ciudad de México-Queretaro-Morelos-Estado de México. En general, la estimación de las tasas muestra que estados como Oaxaca, Chiapas, Sonora y Coahuila acumulan un importante rezago en materia de reducción de la fecundidad.

El gráfico 2 muestra la tendencia estimada por el modelo de interacción espacio-temporal tipo II para los efectos temporales estructurados ρt y no estructurados φt . Se observa una marcada reducción del efecto temporal estructurado hasta 2010 y posteriormente se constata un ligero decremento. En el mismo sentido que el efecto temporal no estructurado, se reduce de forma sostenida, lo que implica que las variaciones temporales producto de factores no aleatorios (capturados por el modelo) ejercen un efecto importante sobre la evolución temporal de los niveles de fecundidad.

Gráfico 2
México: tendencia posterior de los efectos temporales estructurados ρt y no estructurados φt del modelo de interacción espacio-temporal



Fuente: Elaboración propia, sobre la base de estimaciones de R-INLA.

De lo expuesto se puede concluir que un alto porcentaje de municipios de entidades federativas como Sonora, Coahuila, Puebla, Oaxaca y Yucatán, sin bien han reducido sus niveles de fecundidad, se han visto rezagados con relación al descenso medio alcanzado a nivel nacional a lo largo del período analizado. En los mapas 1 y 2 puede observarse un incremento en los niveles de desigualdad entre los municipios con altas y bajas tasas de fecundidad. Si bien el descenso de la fecundidad ha sido generalizado, los municipios que inicialmente tenían niveles bajos de fecundidad la redujeron de forma más intensa, mientras que los municipios con altas tasas al inicio del período mostraron descensos mucho menores (véase el cuadro 4).

Cuadro 4
México: evolución de la tasa global de fecundidad (TGF), municipios con mayores y menores diferencias, 1980-2020

nom_ent	nom_mun	1980	1990	2000	2010	2020
Oaxaca	San Juan Ihualtepec	7,2	6,4	5,7	4,8	3,4
Oaxaca	San Francisco Ozolotepec	7,3	5,2	4,9	3,4	2,6
Oaxaca	San Francisco Tlapancingo	7,2	6,4	5,2	3,8	2,7
Ciudad de México	Gustavo A. Madero	5,2	3,8	2,5	2,1	1,9
Ciudad de México	Álvaro Obregón	5,0	3,7	2,5	1,9	1,7
Ciudad de México	Tlalpan	4,8	3,3	2,6	1,8	1,6

Fuente: Elaboración propia, sobre la base de datos de R-INLA.

D. Discusión

El ajuste de los seis modelos bayesianos espacio-temporales se realizó utilizando el paquete R-INLA disponible en lenguaje R (R Core Team, 2016), que implementa la aproximación anidada integrada de Laplace (INLA). La aproximación INLA representa un nuevo paradigma en la especificación de modelos bayesianos, al centrarse en la estimación de distribuciones marginales a partir de un enfoque basado en aproximaciones, por lo que resulta una alternativa más rápida en relación con el método de Cadenas de Markov Monte Carlo (MCMC) (Gómez-Rubio, 2020).

El modelo de interacción espacio-temporal tipo II supone que las estimaciones de las tasas específicas de fecundidad en cada municipio se obtienen como la suma de los efectos aleatorios espaciales y temporales, así como de su interacción, razón por la que resulta imposible aislar el comportamiento específico de un municipio. Esto, desafortunadamente, puede ocasionar problemas de sobreajuste del modelo en algunos municipios y durante algunos períodos de tiempo, situación que se presenta con mayor intensidad cuando la información contiene un alto porcentaje de datos faltantes.

La variación observada entre los efectos espaciales estructurados u_i y los efectos temporales no estructurados ρ_t muestra que la estimación media de la densidad posterior de la precisión de los efectos espaciales es significativamente mayor que la estimada para los efectos temporales, lo que implica que el modelo debe tomar en cuenta la interacción entre efectos espaciales y temporales (Schrödle y Held, 2011). Esto se debe a que la interacción entre efectos espaciales y temporales estructurados es relativamente mayor a la presentada entre los efectos no estructurados (véase el cuadro 3), al tiempo que el valor estimado del término de interacción espacio-temporal γ_{it} , del modelo de interacción tipo II, alcanza un elevado nivel de significancia estadística (una desviación estándar dos veces menor al valor medio estimado del término de interacción), lo que le permite obtener una mayor reducción del valor estimado de AIC en relación con los modelos en competencia.

En el gráfico 2, que presenta la evolución de los efectos temporales estructurados y no estructurados, se observa que el efecto temporal estructurado se ha reducido

significativamente durante el período comprendido entre 1970 y 2010, para posteriormente decrecer a un ritmo menor, lo que implica que las tasas de fecundidad tenderán a reducirse más lentamente en los próximos años (al tratarse de un efecto temporal).

Los efectos espaciales estructurados (y no estructurados) ejercen una fuerte influencia sobre la evolución de las tasas de fecundidad, mayor a la presentada por los efectos temporales. Esta situación implica que el efecto generado por la difusión de conocimientos y comportamientos reproductivos entre regiones vecinas habría tenido un impacto proporcionalmente alto. Esto no se confirma en los mapas 1 y 2, que muestran una ausencia del efecto esperado de difusión espacial sobre el descenso de la fecundidad entre municipios contiguos. No se observa una disminución espacial continuada en los niveles de fecundidad, como era de esperarse, en las áreas vecinas a zonas urbanas, especialmente en los municipios pioneros en el descenso de la fecundidad en México.

E. Conclusiones

Los resultados muestran que en 2020, una elevada proporción de los municipios de México (46,9%) han alcanzado niveles de fecundidad por debajo del reemplazo (2,1 hijos por mujer). Esto implica un descenso sustancial de la fecundidad, dado que en la mayoría de los casos el descenso comenzó a partir de niveles cercanos a 6 hijos promedio por mujer (la TGF promedio de los municipios en 1980 era de 6,3). Durante el período 1980-1990, el número de municipios con una TGF superior a 6 hijos por mujer disminuyó de 1.435 a 67, mientras que el número de municipios con una TGF inferior a 4 hijos por mujer aumentó de 8 a 378, por lo que México ha alcanzado un nivel de fecundidad de reemplazo en 2020. Sin embargo, la reducción de los niveles de fecundidad en los municipios de México ha ocurrido en contextos muy dispares. Mientras la fecundidad ha alcanzado niveles de reemplazo en una gran cantidad de municipios urbanos, con condiciones de acceso a servicios de salud, educación y empleo razonablemente favorables, varios municipios ubicados en áreas rurales dispersas o semidispersas, que enfrentan todo tipo de carencias de bienes y servicios, y en especial aquellos donde existen marcadas diferencias culturales y lingüísticas, presentan grandes rezagos en materia de reducción de la fecundidad.

La teoría de la difusión señala que el descenso de la fecundidad comienza en puntos específicos del territorio para posteriormente propagarse a un conjunto de áreas vecinas a través de un proceso basado en la contigüidad geográfica y en la existencia de similitudes culturales y lingüísticas. No obstante, como puede observarse en los mapas 1 y 2, el proceso de difusión no logra explicar exitosamente los mecanismos de reducción de la fecundidad en México. La hipótesis planteada en términos de la importancia de la difusión espacial para explicar la caída de la fecundidad en los municipios mexicanos parece no sostenerse dada la información presentada en los mapas 1 y 2, que indica que los cambios se explican, mayormente, por cambios temporales (es decir, por el transcurrir del tiempo) y no por variaciones espaciales estructuradas (es decir, por un efecto de contagio entre municipios vecinos). Esto puede

deberse, en gran medida, a la existencia de barreras (culturales o lingüísticas) que pudieron hacer poco permeable la difusión de los comportamientos entre municipios, a pesar de la cercanía geográfica con núcleos urbanos pioneros en el descenso de la fecundidad (véase, por ejemplo, el municipio de Oaxaca capital). Otra posible explicación proviene del hecho de que la difusión de actitudes, conocimientos y comportamientos reproductivos pudo haber modificado sus canales de transmisión, abandonando la cercanía geográfica, cultural o lingüística, para adoptar canales de transmisión digitales, como la radio, la televisión o Internet. Esto implicaría que el proceso pudo pasar del uso de canales de transmisión vertical a canales mucho más horizontales, donde las ideas se difunden entre pares.

Si bien la teoría de la difusión se ha centrado en el efecto generado por los métodos de control de la natalidad, como un mecanismo fundamental de reducción de la fecundidad, en futuras investigaciones debe considerarse integrar el análisis de determinantes socioeconómicos y la importancia de los procesos de interacción y difusión de las ideas en los cambios observados en la distribución espacio-temporal de los patrones de fecundidad. También debe tomarse en cuenta el carácter activo de las personas en la toma de decisiones (Consejo Nacional de Investigaciones, 2001), lo que comprende el análisis de las trayectorias reproductivas y de comunicación sobre la sexualidad en las familias, así como la incorporación de la perspectiva de género. En este sentido, la demografía espacial permitiría hacer importantes contribuciones al análisis de la fecundidad desde una perspectiva que incluye el estudio de los efectos espaciales de los determinantes de la fecundidad.

La aproximación anidada integrada de Laplace (INLA), desarrollada recientemente, se ha constituido en una herramienta accesible, capaz de generar soluciones analíticas que aproximan de manera eficiente la distribución posterior de los parámetros de modelos gaussianos latentes, de modo que el enfoque basado en la aproximación INLA ha permitido obtener inferencias bayesianas eficientes y confiables para las seis variaciones de modelos espacio-temporales presentados en esta investigación. El éxito de las estimaciones se debe a que la aproximación INLA proporciona importantes ventajas computacionales que le permiten competir con los métodos de estimación tradicionales, como la Cadena de Markov Monte Carlo (MCMC), el algoritmo de Metropolis-Hastings y el muestreo de Gibbs.

Bibliografía

- Bivand, R., V. Gómez-Rubio y H. Rue (2015), "Spatial data analysis with R-INLA with some extensions", *Journal of Statistical Software*, vol. 63, N° 20.
- Blangiardo, M. y M. Cameletti (2015), *Spatial and Spatio-temporal Bayesian Models with R-INLA*, Chichester, John Wiley & Sons.
- Bongaarts, J. (1978), "A framework for analyzing the proximate determinants of fertility", *Population and Development Review*, vol. 4, N° 1.
- Bongaarts, J. y S. C. Watkins (1996), "Social interactions and contemporary fertility transitions", *Population and Development Review*, vol. 22, N° 4.
- Caldwell, J. C. (2006), *Demographic Transition Theory*, Países Bajos, Springer.
- ___ (1968), *Population Growth and Family Change in Africa: The New Urban Elite in Ghana*, Canberra, Australian National University Press.
- Carlsson, G. (1966), "The decline of fertility: innovation or adjustment process", *Population Studies*, vol. 20, N° 2.
- Casique, I. (2003), "Uso de anticonceptivos en México: ¿qué diferencia hacen el poder de decisión y la autonomía femenina?", *Papeles de Población*, vol. 9, N° 35.
- Chackiel, J. (2004), "La dinámica demográfica en América Latina", *serie Población y Desarrollo*, N° 52 (LC/L.2127-P), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Chackiel, J. y S. Schkolnik (2003), "América Latina: los sectores rezagados en la transición de la fecundidad", *serie Población y Desarrollo*, N° 42 (LC/L.1952-P), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Cleland, J. y C. Wilson (1987), "Demand theories of the fertility transition: an iconoclastic view", *Population Studies*, vol. 41, N° 1.
- Coale, A. (1973), "The demographic transition", *Proceedings of the International Population Conference*, vol. 1, Lieja, Unión Internacional para el Estudio Científico de la Población (UIECP).
- CONAPO (Consejo Nacional de Población) (2018), *Proyecciones de la población de México y de las entidades federativas, 2016-2050*, México.
- Consejo Nacional de Investigaciones (2001), *Diffusion Processes and Fertility Transition: Selected Perspectives*, Washington, D.C., The National Academies Press.
- Davis, K. y J. Blake. (1960), "La estructura social y la fecundidad. Un sistema analítico", *Economic Development and Cultural Change*, vol. 4, N° 3.
- Demeny, P. (1972), "Early fertility decline in Austria-Hungria: a lesson in demographic transition", *Population and Social Change*, D. V. Glass y R. Revelle (eds.), Londres, Edward Arnold.
- Devolder, D., R. Nicolau y E. Panareda (2006), "La fecundidad de las generaciones españolas nacidas en la primera mitad del siglo XX: un estudio a escala provincial", *Revista de Demografía Histórica*, vol. 24, N° 1.
- Figueroa, B. (1982), "El problema del registro tardío de los nacimientos". *Investigación demográfica en México 1980*, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México.
- Gómez-Rubio, V. (2020), *Bayesian Inference with INLA*, Nueva York, CRC Press.
- González Galbán, H., Y. Palma y M. L. Montes (2007), "Análisis regional de los determinantes próximos de la fecundidad en México", *Papeles de Población*, vol. 13, N° 51.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2021), "Natalidad" [en línea] <https://www.inegi.org.mx/programas/natalidad/#Microdatos> [fecha de consulta: 7 de febrero de 2021].
- Juárez, F. y J. Quilodrán (1990), "Mujeres pioneras del cambio reproductivo en México", *Revista Mexicana de Sociología*, vol. 52, N° 1.

- Juárez, F., J. Quilodrán y M. Zavala de Cosío (1989), “De una fecundidad natural a una controlada: México 1950-1980”, *Estudios Demográficos y Urbanos*, vol. 4, N° 1.
- Martino, S. y H. Rue (2008), *Implementing Approximate Bayesian Inference using Integrated Nested Laplace Approximation: A Manual for the INLA Program*, Noruega, Universidad de Ciencia y Tecnología de Noruega.
- Martins, T. y otros (2013), “Bayesian computing with INLA: new features”, Cornell University [en línea] <https://arxiv.org/abs/1210.0333>.
- Mier y Terán, M. (1989), “La fecundidad en México: 1940–1980. Estimaciones derivadas de la información del registro civil y de los censos”, *La fecundidad en México: cambios y perspectivas*, B. Figueroa Campos (comp.), Ciudad de México, El Colegio de México.
- Mier y Terán, M. y V. M. García Guerrero (2019), “Registro de los nacimientos en México: una mirada crítica de su evolución en las últimas tres décadas”, *Realidad, Datos y Espacio*, vol. 10, N° 3, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).
- Moraga, P. (2019), *Geospatial Health Data: Modeling and Visualization with R-INLA and Shiny*, CRC Press.
- Páez, O. y M. E. Zavala de Cosío (2017), “Tendencias y determinantes de la fecundidad en México: las desigualdades sociales”, *Generaciones, cursos de vida y desigualdad social*, M. Coubès, P. Solís, M. E. Zavala de Cosío (coords.), El Colegio de México/El Colegio de la Frontera Norte.
- Palma Cabrera, Y. (2005), “Políticas de población y planificación familiar”, *Demos*, N° 16, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).
- Puyol, R. (1987), “El uso de los modelos de difusión espacial de innovaciones en el estudio geográfico de la fecundidad”, *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, vol. 7, Universidad Complutense.
- R Core Team (2016), “R: a language and environment for statistical computing”, Viena, R Foundation for Statistical Computing.
- Riebler, A. y otros (2016), “An intuitive Bayesian spatial model for disease mapping that accounts for scaling”, *Statistical Methods in Medical Research*, vol. 25, N° 4.
- Romo, R. y M. Sánchez (2009), “El descenso de la fecundidad en México, 1974-2009: a 35 años de la puesta en marcha de la nueva política de población”, *La situación demográfica de México 2009: 35 años de la política de población*, Ciudad de México, Consejo Nacional de Población (CONAPO).
- Rosero-Bixby, L. (1991), “Interaction diffusion and fertility transition in Costa Rica”, tesis de doctorado, Ann Arbor, Universidad de Michigan.
- Rosero-Bixby, L. y J. Casterline (1994), “Interaction diffusion and fertility transition in Costa Rica”, *Social Forces*, vol. 73, N° 2, Oxford University Press.
- Rue, H., S. Martino y N. Chopin (2009), “Approximate Bayesian inference for latent Gaussian models by using integrated nested Laplace approximations”, *Journal of the Royal Statistical Society. Series B. Statistical Methodology*, vol. 71, N° 2.
- Schrödle, B. y L. Held (2011), “Spatio-temporal disease mapping using INLA”, *Environmetrics*, vol. 22, N° 6.
- Sharaffi, Z. y otros (2018), “Bayesian spatio-temporal analysis of stomach cancer incidence in Iran, 2003–2010”, *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, vol. 32, N° 7.
- Wang, X., Y. R. Yue y J. J. Faraway (2018), *Bayesian Regression Modeling with INLA*, CRC Press.
- Welti, C. (1998), “Determinantes próximos de la fecundidad”, *Demografía II*, México, Programa Latinoamericano de Actividades en Población (PROLAP).
- _____(1980), “Estimación del cambio en el nivel de fecundidad de la población del área metropolitana de la ciudad de México entre 1964-1976”, *Investigación demográfica en México-1980*, México, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- Zavala de Cosío, M. E. (2010), “Variables determinantes de la fecundidad y fuente de datos: métodos clásicos, avances recientes, perspectivas”, documento presentado en la X Reunión Nacional de Investigación Demográfica en México, Ciudad de México, 3 a 6 de noviembre.
- _____(1992), *Cambios de fecundidad en México y políticas de población*, México, El Colegio de México/Fondo de Cultura Económica.