

Proyecciones de la fecundidad a nivel provincial en Argentina.

Lucía Andreozzi.

Cita:

Lucía Andreozzi (2025). *Proyecciones de la fecundidad a nivel provincial en Argentina. XVIII Jornadas Argentinas de Estudios de Población - V Congreso Internacional de Población del Cono Sur. Asociación de Estudios de Población de la Argentina, Córdoba.*

Dirección estable: <https://www.aacademica.org/xviii.jornadas.aepa/28>

ARK: <https://n2t.net/ark:/13683/exQq/gBr>



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons.
Para ver una copia de esta licencia, visite
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es>.

Acta Académica es un proyecto académico sin fines de lucro enmarcado en la iniciativa de acceso abierto. Acta Académica fue creado para facilitar a investigadores de todo el mundo el compartir su producción académica. Para crear un perfil gratuitamente o acceder a otros trabajos visite: <https://www.aacademica.org>.



Proyecciones de la fecundidad a nivel provincial en Argentina

Lucía Andreozzi

CONICET - UNR

landreozzi@fcecon.unr.edu.ar

Resumen

Las tendencias generales en la fecundidad, mortalidad y migración pueden identificarse y proyectarse hacia el futuro con resultados razonables; sin embargo, existe una considerable incertidumbre asociada a cada tendencia específica de un país o región en particular. En este sentido, las proyecciones subnacionales representan un capítulo especial dentro de las proyecciones demográficas. Tras introducir las proyecciones subnacionales y su estrecha relación con la fecundidad, este trabajo propone como objetivo principal proyectar las tasas de fecundidad a nivel subnacional para Argentina utilizando un método probabilístico: el modelo jerárquico bayesiano (MJB) y luego comparar los resultados con las estimaciones puntuales de las proyecciones deterministas publicadas por el organismo nacional de estadística. Una línea de investigación futura consistiría en evaluar estos resultados con los datos actualizados de la ronda censal de 2020, tanto a nivel nacional como internacional.

Las proyecciones se obtuvieron a partir de dos modelos: uno que incluye todos los países disponibles en el Perspectivas de la Población Mundial (PPM), y un segundo modelo basado solo en un subgrupo de países —Argentina, Colombia, Chile, Cuba y Uruguay— ambos con datos del período 1980 a 2010. Este conjunto de países fue seleccionado utilizando la transición demográfica como criterio, con el fin de identificar un subconjunto con patrones similares entre sí (incluyendo a Argentina), pero distintos del resto de la región. El período temporal fue elegido para incluir años en los que estos países alcanzaron una calidad de datos adecuada. El uso del MJB para proyecciones subnacionales constituye un método sumamente útil y flexible, que presenta muchas ventajas frente a los métodos clásicos. El enfoque bayesiano es un esquema poderoso para generar proyecciones nacionales y subnacionales de mortalidad, fecundidad y, finalmente, población.

Introducción

Las proyecciones de población son el producto demográfico más empleado por demógrafos y no-demógrafos, sin embargo, no fue hasta los últimos años que se constituyó en uno de los principales objetos de estudio por parte de los científicos de población. Las tendencias generales de la fecundidad, la mortalidad y la migración pueden discernirse y proyectarse hacia el futuro con resultados razonables, sin embargo, existe una incertidumbre considerable vinculada a cada tendencia específica de un país o región particular. A medida que en cualquier estimación estadística se introduce un mayor grado de desagregación (espacial, temporal, subgrupos, etc.) se presentan mayores desafíos metodológicos y las proyecciones demográficas no son la excepción. Las

proyecciones subnacionales representan luego un capítulo en sí mismo dentro de las proyecciones demográficas. Por otro lado, las proyecciones subnacionales que se producen en la mayoría de las oficinas nacionales de estadística se construyen en base a métodos no probabilísticos, como sucede con las proyecciones generales a nivel nacional. La cuantificación de la incertidumbre, la probabilidad asociada a una estimación es entonces un punto clave para los usuarios de las proyecciones ya que considera las diferentes implicancias de un pronóstico. En los pronósticos más utilizados actualmente, la incertidumbre se expresa a través de escenarios alternativos basados en la variación de la trayectoria para la fecundidad, pero rara vez, para la mortalidad y la migración. Escenarios altos y bajos se utilizan para abarcar una gama de posibles futuros. Sin embargo, ninguna medida de probabilidad específica se adjunta a esta gama, y su significado es, por lo tanto, ambiguo. Las proyecciones de cada componente se plantean como insumos de la proyección de la población, y no se les otorga un interés o análisis por fuera de este producto.

Las proyecciones de población constituyen un campo de investigación en sí mismo, en dicho campo, la mortalidad y la fecundidad se plantean actualmente como principales insumos, mientras que la migración, dada la complejidad en su medición y registro presenta una menor cantidad de desarrollos metodológicos asociados. El estudio de la fecundidad ha sido y sigue siendo un punto clave para entender la dinámica de una población. En relación con el análisis de este componente, existen factores tanto biológicos como sociales que inciden en la cantidad de hijos o hijas que se tienen (intensidad) y en el momento en que se les tiene (calendario). Dado la diversidad de factores que influyen sobre la fecundidad, es que proyectarla hacia el futuro constituye una tarea compleja. De acuerdo con el análisis de Chackiel y Schkolnik (2004), basado en las estimaciones y proyecciones elaboradas conjuntamente por organismos nacionales y el Centro Latinoamericano de Demografía (CELADE), en América Latina, en el lapso que va desde 1950-55 a 1985-90 se ha producido un descenso importante de la fecundidad. Para el quinquenio 1950-55 Argentina y Cuba¹ presentaban una fecundidad media-baja y Uruguay una fecundidad baja, ubicándose entre los países con tasas globales de fecundidad más bajas de la región. Particularmente y como analiza Pantelides (1983) el caso de la transición de la fecundidad en la Argentina es interesante por haberse producido tempranamente en el contexto latinoamericano, la evolución de la mortalidad y la fecundidad se parece poco a la conocida forma “clásica” del modelo transicional.

Las proyecciones de las Naciones Unidas para los países “en desarrollo”² suponen que la tasa de fecundidad total eventualmente alcanzará el nivel de reemplazo y luego caerá

¹ Los rangos de variación son: baja, hasta 3 hijos por mujer; media baja, de 3.1 a 4.4; media alta, de 4.5 a 5.4; y alta, de 5.5 y más. Cabe mencionar, sin embargo, que estos límites son arbitrarios y la asignación de los países a cada uno de los grupos puede ser flexible.

² La distinción entre países desarrollados y subdesarrollados, si bien se atribuye a Wilfred Benson en un texto de 1942, es utilizada de forma discreta. Hasta que, en 1949, en su discurso de toma de posesión el presidente de los Estados Unidos, Harry S. Truman, empleó la palabra subdesarrollo para identificar una calamidad específica que afecta a la mayor parte de los seres humanos; trazando así la línea que separa a los países desarrollados de los subdesarrollados, etiquetando en este segundo concepto, a buena parte del mundo (Esteve, 2009).

La dualidad entre países desarrollados y subdesarrollados, que los supone como realidades dicotómicas, ha intentado ser suavizada y hasta desdibujada, con términos como “Países

ligeramente. Para las regiones que ya han logrado un nivel en la fecundidad mayor al de reemplazo, se espera un pequeño aumento. Las proyecciones subnacionales se basan en la extrapolación de las tasas globales de fecundidad de acuerdo con la evolución esperada para el total del país, teniendo en cuenta los complementos relativos de las provincias en el total del país y en base a funciones matemáticas, como, por ejemplo, la logística. Un antecedente que introduce las proyecciones probabilísticas en la región es el trabajo de Borges (2015) que realiza proyecciones subnacionales con un modelo probabilístico para Brasil. En el mismo trabajo sostiene que, en los últimos años las oficinas nacionales de estadística están incluyendo a la incertidumbre en sus proyecciones oficiales de población (Abel et al., 2010) aunque siguen utilizando proyecciones de variantes deterministas para proporcionar incertidumbre (Lutz y Goldstein, 2004). Y, si bien los enfoques probabilísticos reciben críticas, vinculadas a la dificultad de interpretación de los resultados, entre otras (Lee, 1998), al mismo tiempo aparecen como métodos promisorios e innovadores para proyectar la fecundidad, especialmente considerando un enfoque bayesiano (Abel et al., 2010).

Luego de introducir la temática de proyecciones subnacionales y particularmente vinculadas a la fecundidad, este trabajo se propone como objetivo principal de este trabajo es proyectar las tasas de fecundidad a nivel subnacional para Argentina utilizando un método probabilístico; el modelo jerárquico bayesiano (MJB), para comparar los resultados con las estimaciones puntuales de proyecciones deterministas publicadas por INDEC (2013). Este subconjunto de proyecciones subnacionales se deriva de las proyecciones nacionales realizadas por la autora mediante la misma metodología, presentadas en el XVI Jornadas Argentinas de Estudios de Población y en el XIV Congreso Latinoamericano de Sociedades de Estadística y publicados en Andreozzi y Ribotta (2023).

Objetivo

Luego de introducir las proyecciones subnacionales y su estrecha relación con la fecundidad, este trabajo propone como objetivo principal proyectar las tasas de fecundidad a nivel subnacional para Argentina utilizando el MJB, y comparar los resultados con las estimaciones puntuales de las proyecciones deterministas publicadas por el INDEC. La estructura del trabajo es la siguiente: se describe el método y los datos utilizados en el análisis —es decir, el modelo jerárquico bayesiano para proyecciones subnacionales de fecundidad y las fuentes de datos—, seguido por un análisis general de la fecundidad en Argentina y América Latina.

Luego se presenta una selección de resultados generados por dos modelos: el primero incluye todos los países disponibles en el PPM (Modelo 1), y el segundo se basa en un subgrupo de países: Argentina, Colombia, Chile, Cuba y Uruguay (Modelo 2). Ambos

Altamente desarrollados”, “Países en Vías de Desarrollo”, “Países Menos Desarrollados”, según se lee en los documentos del Banco Mundial y de la ONU. La utilización de estos nuevos términos “en-vías-de” disminuye la carga peyorativa (nadie se sentiría orgulloso de vivir en un país “subdesarrollado”) a la vez que mantiene vivo el optimismo, la esperanza de que el desarrollo prometido algún día será alcanzado. (Ramírez, 2008)

modelos utilizan datos del período 1980 a 2010 y se aplican para generar resultados para Argentina, aunque en principio pueden aplicarse a otros países también. Estos resultados se comparan con las proyecciones oficiales de fecundidad.

Metodología

Las proyecciones subnacionales son el subproducto del modelo de proyección bayesiano propuesto por Alkema y otros (2009), el mismo se basa en estimaciones quinquenales de la tasa global de fecundidad desde 1950-1955 hasta 2015-2020. Su implementación se encuentra disponible para su uso en R en el paquete bayesTFR (Sevcíková, H, 2011). Para el planteo básico del modelo se divide la evolución de la TGF en tres amplias fases; una fase de alta fecundidad pre-transicional; una segunda fase de transición de la fecundidad en la cual la TGF decrece desde niveles de fecundidad altos hacia o por debajo del nivel de fecundidad de reemplazo y una fase posterior a la transición de baja fecundidad, que incluye la recuperación de la fecundidad por debajo del reemplazo hacia la fecundidad de reemplazo y las oscilaciones alrededor de la fecundidad a ese mismo nivel. En el MJB no se plantea un modelo para la fase I dado que se asume que en el siguiente periodo el mismo alcanzará la Fase II y en base a ella se realizarán las proyecciones de la TGF. Para la Fase II la fecundidad se modela mediante un paseo aleatorio con pendiente dado por;

$$f_{c,t+1} = f_{c,t} - d_{c,t} + \varepsilon_{c,t}, \quad \text{para } \tau_c \leq t < \lambda_c, \quad (1)$$

Siendo $f_{c,t}$ la TGF para el período $(t, t + 5)$ en el país c , $d_{c,t}$ es el decremento que representa la disminución sistemática de la fecundidad durante la transición, $\varepsilon_{c,t}$ es el error aleatorio y, τ_c y λ_c los momentos de inicio y fin de la etapa de transición. La distribución del error está dada por

$$\varepsilon_{c,t} \sim \begin{cases} N(m_\tau, s_\tau^2) & \text{para } t = \tau_c \\ N(0, \sigma(f_{c,t})^2) & \text{en otro caso} \end{cases} \quad (2)$$

donde m_τ es la media y s_τ^2 la desviación estándar en el momento inicial de la fase, τ_c y $\sigma(f_{c,t})$ es la desviación para los restantes valores de t . Finalmente $d_{c,t}$ se modela como función del nivel la TGF y el vector θ_c , del siguiente modo;

$$d_{c,t} = d(\theta_c, \lambda_c, \tau_c, f_{c,t}) = \begin{cases} g(\theta_c, f_{c,t}) & \text{para } f_{c,t} > 1 \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases} \quad (3)$$

siendo $g(\dots)$ una función de disminución paramétrica. La función de disminución es la suma de dos funciones logísticas, y la misma para un país específico viene dada por

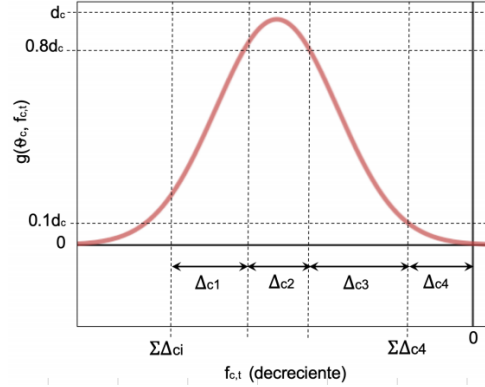
$$\frac{-d_c}{1 + \exp\left(-\frac{2 \ln(p_1)}{\Delta_{c1}}(f_{c,t} - \sum_i \Delta_{ci} + 0,5 \Delta_{c1})\right)} + \frac{d_c}{1 + \exp\left(-\frac{2 \ln(p_2)}{\Delta_{c3}}(f_{c,t} - \Delta_{c4} + 0,5 \Delta_{c3})\right)}, \quad (4)$$

donde $\theta = (\Delta_{c1}, \Delta_{c2}, \Delta_{c3}, \Delta_{c4}, d_c)$ es el vector de parámetros específicos de un país, d_c es la disminución máxima, $p_1 = p_2 = 9$ son constantes y los Δ_{ci} describen los rangos de la

TGF, entre los cuales el ritmo de la disminución cambia, y $U_c = \sum_{i=1}^4 \Delta_{ci}$ es el nivel de comienzo de la disminución de la fecundidad.

Se estiman para cada país los parámetros de disminución, y para los países en que el comienzo de la Fase II está dentro del período de datos observados se fija U_c igual al valor de la TGF de fecundidad en ese período, es decir, $U_c = f_{c,\tau_c}$. Para los países en los cuales la Fase II se inició previo al periodo de observación el nivel de inicio se agrega como otro parámetro más del modelo.

Figura 1. Esquema de la función de disminución



Dado el nivel de comienzo, U_c , los cinco parámetros que determinan el ritmo de la disminución de la fecundidad en el país c son Δ_{c4} , $\left\{\frac{\Delta_{ci}}{U_c - \Delta_{c4}} : i = 1, 2, 3\right\}$ y d_c y los mismos se estiman a partir de un Modelo Jerárquico Bayesiano, dado por:

$$d_c^* = \log \left(\frac{d_c - 0.25}{2.5 - d_c} \right) \quad (5)$$

$$d_c^* \sim N(\chi, \psi^2) \quad (6)$$

$$\Delta_{c4}^* = \log \left(\frac{\Delta_{c4} - 1}{2.5 - \Delta_{c4}} \right) \quad (7)$$

$$\Delta_{c4}^* \sim N(\Delta_{c4}, \delta_4^2) \quad (8)$$

$$p_{ci} = \frac{\Delta_{ci}}{U_c - \Delta_{c4}} \text{ para } i = 1, 2, 3 \quad (9)$$

$$p_{ci} = \frac{\exp(\gamma_{ci})}{\sum_{j=1}^3 \exp(\gamma_{cj})} \quad (10)$$

$$\gamma_{ci} \sim N(\alpha_i, \delta_i^2) \quad (11)$$

Con media y varianza de parámetros $\{\chi, \psi^2, \Delta_4, \delta_4, \alpha, \delta\}$.

Las proyecciones de la TGF para los países en Fase II se basan en la distribución posterior de los parámetros del modelo y la mediana se emplea como valor de proyección dada su robustez y simplicidad. En la fase III o de post-transición el cambio en la TGF se modela a través de un proceso AR(1) con media $\mu = 2.1$, que es una aproximación de la TGF para la fecundidad a nivel de reemplazo.

$$f_{c,t+1} \sim N(\mu + \rho(f_{c,t} - \mu), s^2) \text{ para } t \leq \lambda_c, \quad (12)$$

donde ρ , que es el parámetro autorregresivo, con $|\rho| < 1$ y s , la desviación estándar de los errores aleatorios, y los mismos se estiman a través de máxima verosimilitud.

En síntesis, para la proyección de la TGF a través del modelo jerárquico bayesiano se procede al ajuste del modelo; se calculan o estiman los momentos de inicio de las fases II y III para cada país. Luego, se obtiene una muestra a-posteriori de los parámetros del modelo mediante el algoritmo MCMC (Markov chain Monte Carlo) para finalmente generar a partir de ella las trayectorias futuras de la TGF.

Luego, a partir de dichas proyecciones, se procede al cálculo de las proyecciones subnacionales. Inicialmente los autores proponen dos métodos, el primero es similar al planteo general relativo a los datos mundiales y por países, dándole al país el rol del mundo y a las subregiones el rol de los países. Una segunda propuesta encuentra su motivación o sustento sobre un análisis de Watkins (1990, 1991) que sostiene que la variación intra-país de la TGF disminuyó durante el período de la transición demográfica, entre 1870 y 1960. Si bien se basa en datos de países europeos, el autor sostiene que este fenómeno se debe a la mayor integración de los mercados nacionales, la expansión del papel del estado y la construcción de las naciones a partir de la estandarización lingüística. Profundizando sobre la hipótesis de Watkins, esta sostiene que luego de que la transición de la fecundidad comienza (1870 en la mayoría de los países europeos) la variabilidad demográfica intra-país, tanto en la fecundidad marital como la proporción de matrimonios aumenta, pero luego al final del período, hacia 1960 la variabilidad intra-país es menor a la que se observaba en 1870. Esta reducción sugiere la importancia de la comunidad nacional en el comportamiento demográfico moderno. En su análisis Watkins especula sobre el rol de los cambios en la estructura social, particularmente la integración de los mercados nacionales y la expansión del rol del estado -procesos a los cuales Tilly (1981) cataloga como los dos procesos dominantes de la era moderna- y como estos influyeron en la uniformidad demográfica. Por otro lado, Méndez Borges (2017) discute la hipótesis de convergencia y divergencia de la fecundidad y mortalidad a nivel subnacional en América Latina, para luego aplicar un conjunto de indicadores a datos brasileños. Los patrones de fecundidad de América Latina han sido muy diferentes a los observados en países europeos, además, las desigualdades socioeconómicas extremas, como el nivel educativo, generan diferenciales entre países. El autor estudia la fecundidad a nivel subnacional en Brasil y concluye que indicadores tales como el coeficiente de desviación del cuartil y el coeficiente de variación muestran una tendencia similar, alcanzando la máxima dispersión en 1980 y 1991 y una fuerte reducción en 2000 y 2010, conclusiones que sustentan los supuestos que subyacen al modelo jerárquico bayesiano. Finalmente, los autores demuestran que el segundo enfoque, basado en la hipótesis de Watkins, presenta mejores resultados, comparado con el que cambia roles en la jerarquía, dado que el método propuesto por Sevcikova et. al (2018) produce correlaciones similares a las observadas en los datos, y, por otro lado, es simple y fácil de implementar. En base a cada proyección probabilística nacional de la TGF se las “escala” a través de un factor autorregresivo de orden 1, AR(1), produciendo un conjunto de trayectorias futuras de la TGF a nivel subnacional y más aún es posible convertir cada trayectoria en tasas específicas de fecundidad por edad. Luego, inicialmente se propone multiplicar cada trayectoria nacional por un factor de escala específico por región;

$$f_{r_c,t,i}^{(R)} = \alpha_{r_c} \cdot f_{c,t,i}^{(C)} \quad (13)$$

$$\alpha_{r_c} = f_{r_c, t=P}^{(R)} / f_{c, t=P}^{(C)} \quad (14)$$

donde $f_{r_c, t, i}^{(R)}$ es la TGF para la región r_c del país c en el tiempo t en la trayectoria i -ésima, $f_{c, t, i}^{(C)}$ es la proyección de la TGF a nivel nacional, del país c en el tiempo t en la trayectoria i -ésima, es decir el producto de la estimación del MJB, α_{r_c} es el factor de escala (invariante en el tiempo) y P el último período observado. Sin embargo, este primer planteo produce trayectorias probabilísticas perfectamente correlacionadas, y no permite cruces entre las trayectorias obtenidas para cada región, lo que resulta implausible. Entonces, los autores proponen una segunda opción superadora, permitiendo al factor de escala cambiar lentamente a través del tiempo

$$f_{r_c, t, i}^{(R)} = \alpha_{r_c, t} \cdot f_{c, t, i}^{(C)} \quad (15)$$

donde

$$\alpha_{r_c, t} - 1 = \phi(\alpha_{r_c, t-1} - 1) + \varepsilon_{r_c, t} \quad (16)$$

con

$$\varepsilon_{r_c, t} \sim iid N(0, \sigma_c^2) \quad (17)$$

y $\alpha_{r_c, t}$ converge a una distribución centrada en 1. Los autores obtienen, en base a los 47 países, las estimaciones (ver proceso de estimación en Sevcikova et. al., 2018)

$$\phi = 0.925 \text{ y } \sigma = 0.045 \quad (18)$$

$$\sigma_c^2 = \min\{\sigma^2, (1 - \phi^2)Var_{r \in R_c}(\alpha_{r, t=P})\} \quad (19)$$

donde P denota nuevamente el período de tiempo presente y R_c denota el conjunto de regiones del país c . La restricción en (19) asegura que la variación en el factor de escala a través de las regiones no sea mayor que la variación en el último período de tiempo observado, en línea con la hipótesis de Watkins (1990,1991) y los datos observados a largo plazo.

En relación con esta última propuesta los autores sostienen múltiples ventajas por sobre otras propuestas; en primer lugar, es un método probabilístico, basado en el MJB nacional, simple y produce una correlación presente en los datos. Además, tiene una validación “out-of-sample” razonable, está en línea con las hipótesis de Watkins (1990, 1991) que sostiene que la TGF dentro de los países convergen en respuesta a factores específicos por país, y por último está disponible e implementado en el paquete de R, bayesTFR.

La fecundidad en Argentina

De acuerdo con las proyecciones mundiales de población desarrolladas por Naciones Unidas, (2019), el nivel de la fecundidad en Argentina se encuentra por debajo del promedio mundial, pero por encima del regional. En el quinquenio 2015-2020 la Tasa Global de Fecundidad fue de 2,5 hijos por mujer a nivel mundial, de 2,0 en Latinoamérica y el Caribe, y de 1,9 en América del Sur, en tanto que en Argentina las mujeres tuvieron 2,3 hijos por mujer.

En un trabajo anterior presentado en la XVI Jornada de Estudios de Población de la Argentina se desarrollaron proyecciones nacionales para Argentina, país en el que, particularmente y como analiza Pantelides (1983) el caso de la transición de la fecundidad

es interesante por haberse producido tempranamente en el contexto latinoamericano; la evolución de la mortalidad y la fecundidad se parece poco a la conocida forma “clásica” del modelo transicional. Pero si bien en Argentina el inicio del descenso de la fecundidad se produjo tempranamente en comparación a la mayoría de los países latinoamericanos, la ralentización de su disminución durante las últimas décadas llevó a que actualmente Argentina se encuentre en una situación similar a muchos países que la iniciaron más tardíamente, incluso con una tasa global de fecundidad superior a varios de ellos.

El modelo transicional a partir del cual es posible identificar un subconjunto de países que incluye a la Argentina, y que presenta comportamientos similares entre ellos, pero diferentes dentro de la región. De acuerdo con el análisis de Chackiel y Schkolnik (2004), basado en las estimaciones y proyecciones elaboradas conjuntamente por organismos nacionales y el Centro Latinoamericano de Demografía (CELADE), en América Latina, en el lapso que va desde 1950-55 a 1985-90 se ha producido un descenso importante de la fecundidad. Para el quinquenio 1950-55 Argentina y Cuba³ presentaban una fecundidad media-baja y Uruguay una fecundidad baja, ubicándose entre los países con tasas globales de fecundidad más bajas de la región.

Tabla 1. América Latina, países según nivel de fecundidad 1950-1955 y 1985-1990.

Nivel de Fecundidad 1950-1955	Nivel de Fecundidad 1985-1990			
	Alta	Media-Alta	Media-Baja	Baja
Alta	Guatemala Honduras Nicaragua	Bolivia El Salvador Haití Paraguay	Brasil Costa Rica Ecuador - México Panamá - Perú Rep. Dominicana Venezuela	Colombia
Media-Alta				Chile
Media-Baja				Argentina Cuba
Baja				Uruguay

Fuente: Chackiel y Schkolnik (2004).

Fuentes de datos

El modelo desarrollado por Sevcikova et. al. (2018) se estima en base al conjunto de datos sobre las tasas de fecundidad total subnacionales compilado en 2012 por Patrick Gerland

³ Los rangos de variación son: baja, hasta 3 hijos por mujer; media baja, de 3.1 a 4.4; media alta, de 4.5 a 5.4; y alta, de 5.5 y más. Cabe mencionar, sin embargo, que estos límites son arbitrarios y la asignación de los países a cada uno de los grupos puede ser flexible.

(con aportes de Julien Thillard, Thomas Spoorenberg y Danan Gu) y que a su vez se compone de la información suministrada por las fuentes de datos oficiales de cada país y estudios demográficos académicos. La confiabilidad de estos datos varía entre países, pero para la mayoría, las estimaciones de fecundidad se basan en datos de registro de nacimiento. Las fuentes citadas para los datos de Argentina son:

- Pantelides, Edith Alejandra (2006). La Transición de la fecundidad en la Argentina 1869-1947. CENEP, Centro de Estudios de Población, Cuaderno del CENEP No. 54.
- Pantelides, Edith Alejandra (1989). La Fecundidad Argentina desde Mediados del Siglo XX. CENEP, Centro de Estudios de Población, Cuaderno del CENEP No. 41
- Instituto Nacional de Estadística y Censo, INDEC (2012). Dinámica y estructura de la población. Tasa bruta de natalidad por provincia. Años 1980 – 2009.

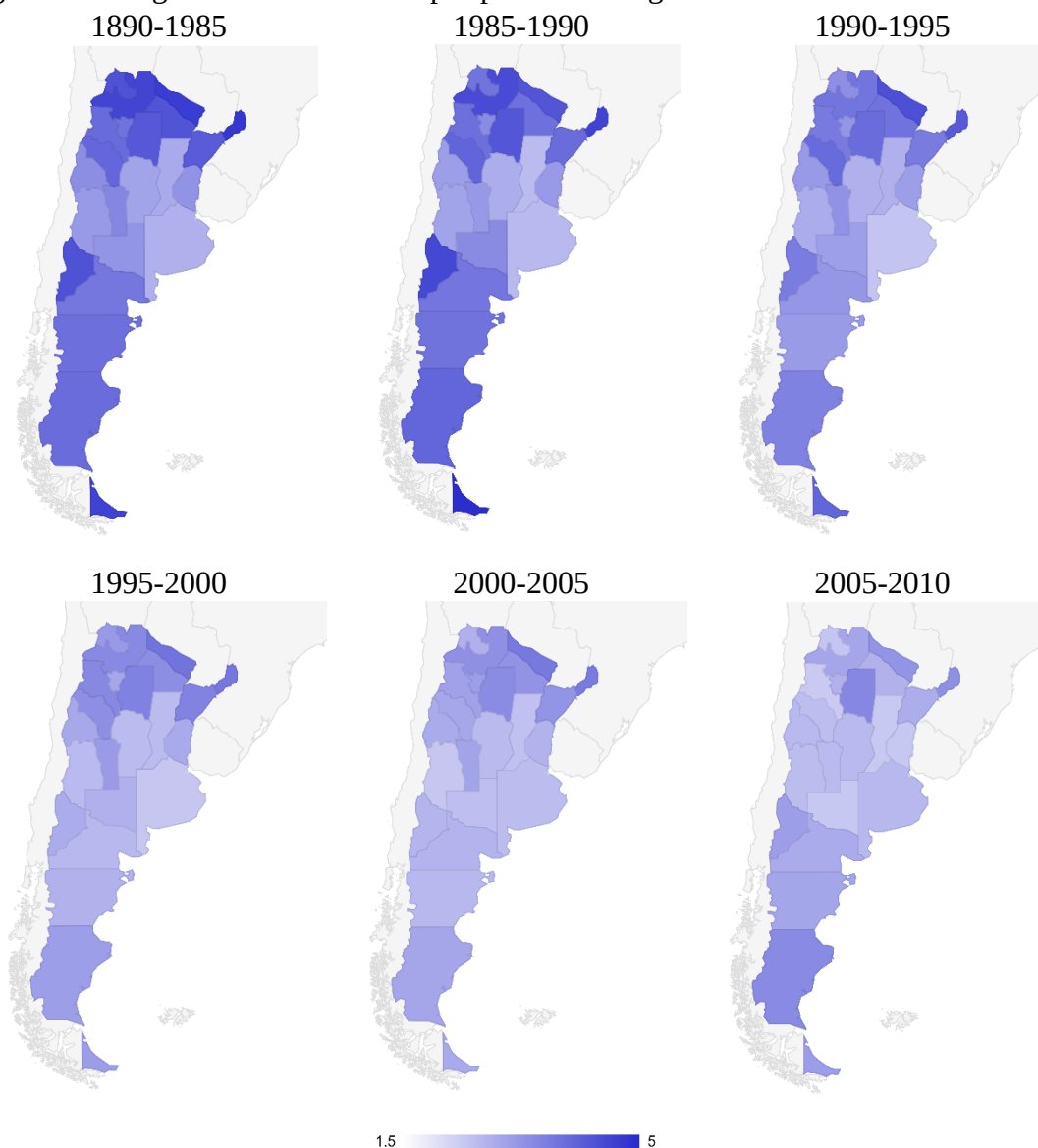
En base al análisis exploratorio de estos datos, que se presentan por períodos quinquenales, se mapean las TGF para todas las provincias desde 1980 a 2010 y se calculan medidas descriptivas. En la tabla 2. se observa la disminución del rango en las tasas de fecundidad de Argentina a lo largo de los años, con una disminución en la variancia de alrededor del 70%, en el mismo sentido los mapas de coropletas dan cuenta de a homogenización en las tasas para todo el territorio; sustentando la hipótesis de Watkins que da lugar al modelo para proyecciones subnacionales bajo el enfoque bayesiano.

Tabla 2. Medidas descriptivas de la tasa global de fecundidad por provincias, Argentina (1980-2010)

Período	Máximo	Mínimo	Variancia	Rango
1980-1985	4,78	1,99	0,49	2,79
1985-1990	4,94	2,01	0,52	2,93
1990-1995	4,39	1,73	0,36	2,66
1995-2000	3,79	1,74	0,22	2,06
2000-2005	3,71	1,80	0,18	1,92
2005-2010	3,47	1,81	0,15	1,66

Fuente: Elaboración propia en base a datos de WPP, 2019.

Figura 2. Tasa global de Fecundidad por provincia. Argentina 1890-2010.



Fuente. Elaboración propia en base a datos de WPP, 2019.

Resultados

A partir de este análisis y su clasificación se exploraron y estimaron dos modelos (para el nivel nacional) uno incluyendo todos los países disponibles en WPP, y un segundo modelo que se estima para el subgrupo de países compuesto por Argentina, Colombia, Chile, Cuba y Uruguay, ambos para el período 1980- 2010, período seleccionado dado que, de acuerdo con múltiples expertos y especialistas de las Estadística Vitales, la región alcanza una calidad adecuada en los datos alrededor de 1980. Finalmente, en base a ellos se desarrollaron dos conjuntos de proyecciones subnacionales (Tabla 3.).

Tabla 3. Proyecciones de la TGF por provincias, Argentina 2020-2100.

Provincia	Modelo 1			Modelo 2 (Chackiel)		
	2020-2025	2050-2055	2095-2100	2020-2025	2050-2055	2095-2100
Buenos Aires	2,31	1,93	1,86	2,30	1,87	1,86
Catamarca	2,09	1,81	1,80	2,09	1,76	1,79
Chaco	2,37	1,97	1,88	2,36	1,92	1,87
Chubut	2,51	2,04	1,92	2,51	1,98	1,92
CABA	1,70	1,61	1,70	1,69	1,56	1,69
Córdoba	2,29	1,93	1,86	2,29	1,88	1,87
Corrientes	2,43	2,00	1,90	2,41	1,95	1,89
Entre Ríos	2,11	1,83	1,81	2,11	1,78	1,81
Formosa	2,70	2,16	1,98	2,71	2,10	1,97
Jujuy	2,15	1,84	1,83	2,15	1,79	1,81
La Pampa	2,11	1,83	1,82	2,11	1,78	1,81
La Rioja	2,24	1,90	1,85	2,23	1,84	1,83
Mendoza	2,24	1,90	1,85	2,23	1,84	1,84
Misiones	2,77	2,20	1,98	2,76	2,13	1,99
Neuquén	2,60	2,09	1,94	2,59	2,04	1,94
Río Negro	2,45	2,01	1,89	2,44	1,95	1,91
Salta	2,50	2,05	1,92	2,50	1,99	1,91
San Juan	2,29	1,92	1,85	2,29	1,88	1,86
San Luis	2,28	1,92	1,85	2,26	1,86	1,84
Santa Cruz	2,83	2,23	2,00	2,82	2,16	1,99
Santa Fe	2,11	1,84	1,81	2,09	1,76	1,80
Stgo. del Estero	2,87	2,24	2,01	2,86	2,18	2,02
Tierra del Fuego	2,61	2,11	1,95	2,60	2,06	1,95
Tucumán	2,38	1,98	1,88	2,37	1,91	1,87

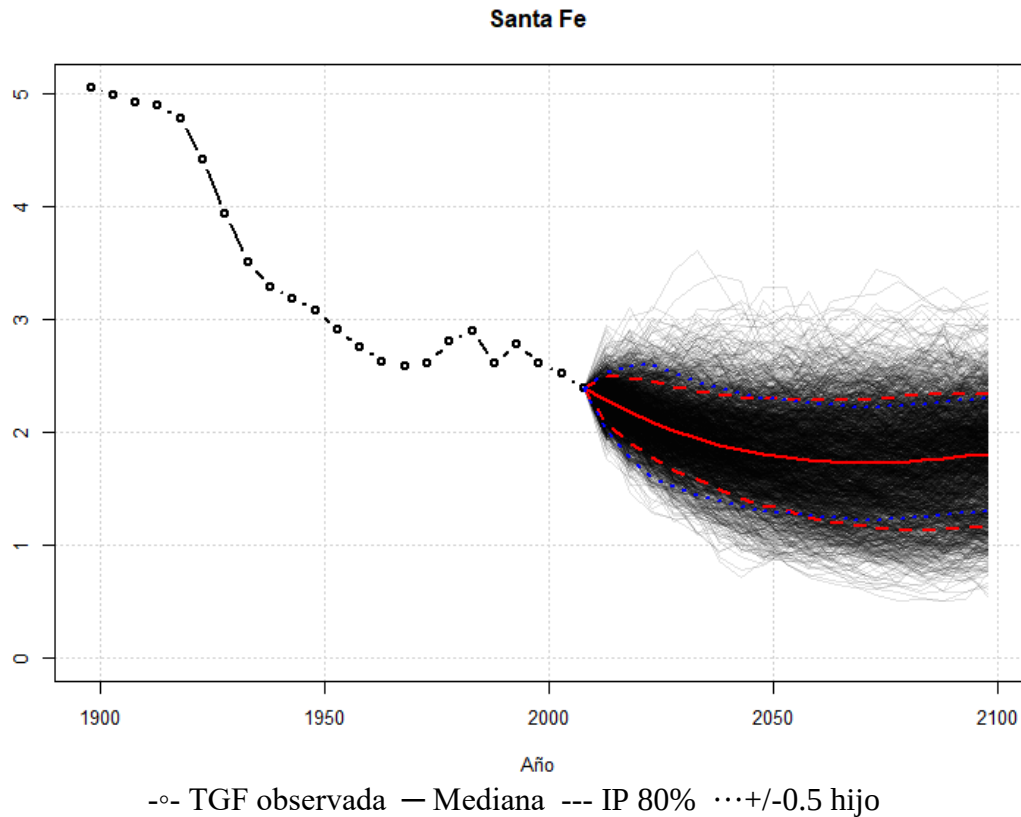
Fuente: Elaboración propia en base a datos de WPP, 2019.

Se destaca, por ejemplo, para CABA, la recuperación la TGF luego de una leve disminución. Esto es interesante ya que dada las características del modelo permite estimar aumentos, o recuperación en los niveles luego de que la tendencia inicial sea una caída. Santa Cruz y Santiago del Estero son las provincias que presentan los niveles más altos al inicio del período de pronóstico, pero luego disminuyen a nivel de reemplazo hacia el final de siglo; momento para el cual ninguna provincia supera los 2,02 hijos por mujer.

Por otro lado, la cuantificación de la incertidumbre es una de las propiedades más destacadas que presentan los modelos de pronóstico probabilísticos; cada pronóstico que se presenta en la tabla 3, al informarse, puede acompañarse de un intervalo asociado a un coeficiente de confianza. Este coeficiente que en la mayoría de las aplicaciones se emplea al 95%, se plantea del 80% cuando se trata de aplicaciones demográficas, dado que los fenómenos sociales presentan mayor variabilidad, salvo raras excepciones, que un dato proveniente de un laboratorio, donde gran cantidad de los factores que no son de interés

en el estudio, pero que intervienen en el proceso bajo análisis pueden aislarse y medirse. Para una provincia seleccionada se presenta en la figura 3 el gráfico de las trayectorias (en negro) para las TGF que genera el modelo y que conforman la distribución a partir de la cual se estiman, la mediana y los percentiles que constituyen los extremos del intervalo de pronóstico.

Figura 3. Proyecciones de la TGF. Provincia de Santa Fe, Argentina período 2010-2100.



Fuente: Elaboración propia en base a datos de WPP, 2019.

A continuación, se presentan los pronósticos y sus intervalos para todas las provincias, junto con la variante de ± 0.5 hijos, los resultados del modelo ofrecen entonces una incertidumbre asociada al resultado dada por los límites superior e inferior del intervalo de pronóstico del 80%.

Tabla 4. Pronósticos 2050-2055 (Modelo 1) con intervalos de confianza del 80% y variante ± 0.5 hijos, por provincia.

Provincia	Pronóstico	Límite Inferior	Límite Superior	-0.5 hijos	+0.5 hijos
Buenos Aires	1,93	1,39	2,46	1,43	2,43
Catamarca	1,81	1,28	2,32	1,31	2,31
Chaco	1,97	1,42	2,52	1,47	2,47
Chubut	2,04	1,46	2,62	1,54	2,54
Capital Federal	1,61	1,14	2,08	1,11	2,11
Córdoba	1,93	1,38	2,45	1,43	2,43
Corrientes	2,00	1,43	2,56	1,50	2,50
Entre Ríos	1,83	1,30	2,35	1,33	2,33
Formosa	2,16	1,54	2,74	1,66	2,66
Jujuy	1,84	1,29	2,34	1,33	2,33
La Pampa	1,83	1,29	2,34	1,33	2,33
La Rioja	1,90	1,36	2,42	1,40	2,40
Mendoza	1,90	1,36	2,41	1,40	2,40
Misiones	2,20	1,55	2,77	1,70	2,70
Neuquén	2,09	1,51	2,66	1,59	2,59
Río Negro	2,01	1,44	2,57	1,51	2,51
Salta	2,05	1,46	2,61	1,55	2,55
San Juan	1,92	1,38	2,46	1,42	2,42
San Luis	1,92	1,36	2,44	1,42	2,42
Santa Cruz	2,23	1,60	2,81	1,73	2,73
Santa Fe	1,84	1,30	2,36	1,34	2,34
Santiago del Estero	2,24	1,60	2,82	1,74	2,74
Tierra del Fuego	2,11	1,51	2,68	1,61	2,61
Tucumán	1,98	1,42	2,51	1,48	2,48

Fuente: Elaboración propia en base a datos de WPP, 2019.

Para efectuar el ejercicio comparativo, se toman como referencia las proyecciones subnacionales oficiales publicadas por el INDEC (2013). La metodología de este organismo consistió, en primer lugar, en estimar el nivel inicial de la fecundidad para el año 2010. Este cálculo se realizó a partir de las tasas específicas y la tasa global de fecundidad (TGF), utilizando como numerador los nacimientos de las estadísticas vitales (corregidos por registro tardío) y como denominador la población femenina del Censo 2010 (ajustada mediante evaluación demográfica). Posteriormente, se proyectaron las TGF provinciales extrapolando su evolución en función de la tendencia esperada para el total nacional —un procedimiento análogo al empleado para las esperanzas de vida—, considerando para ello los complementos relativos de cada provincia dentro del total del país. Las series resultantes de dicha proyección son las que se detallan a continuación en la tabla 5.

Tabla 5. Proyecciones oficiales de INDEC de la TGF 2025-2040.

Provincia	Tasa Global de Fecundidad (TGF)
-----------	---------------------------------

	2025	2030	2035	2040
Buenos Aires	2,11	2,05	2,01	1,98
Catamarca	2,08	2,04	2,00	1,97
Chaco	2,18	2,11	2,06	2,02
Chubut	2,10	2,05	2,01	1,99
Capital Federal	1,85	1,85	1,86	1,86
Córdoba	2,04	2,00	1,97	1,95
Corrientes	2,17	2,10	2,06	2,03
Entre Ríos	2,08	2,03	2,00	1,98
Formosa	2,25	2,16	2,11	2,06
Jujuy	2,12	2,07	2,03	2,00
La Pampa	2,06	2,02	1,99	1,97
La Rioja	2,01	1,99	1,97	1,96
Mendoza	2,15	2,08	2,05	2,02
Misiones	2,28	2,19	2,12	2,07
Neuquén	2,15	2,09	2,04	2,01
Río Negro	2,08	2,04	2,01	1,99
Salta	2,27	2,18	2,11	2,06
San Juan	2,21	2,14	2,08	2,04
San Luis	2,07	2,02	1,99	1,96
Santa Cruz	2,18	2,10	2,05	2,00
Santa Fe	1,99	1,96	1,95	1,94
Stgo del Estero	2,21	2,15	2,11	2,07
Tierra del Fuego	2,07	2,00	1,97	1,95
Tucumán	2,16	2,10	2,06	2,02

Fuente: INDEC. Proyecciones elaboradas en base a resultados del Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010.

El resultado más destacable es la diferencia neta negativa de la Ciudad de Buenos Aires; las proyecciones del modelo bayesiano presentan menores valores que las del INDEC y hay una ligera diferencia en la tendencia. En cambio, para Santa Cruz, Santiago y Tierra del Fuego, las proyecciones bayesianas son mayores que las del INDEC, pero las diferencias disminuyen con los años. Luego un tercer grupo de provincias que presenta diferencias moderadas, Misiones, Río Negro y Formosa. El resto de las subregiones del país presentan pronósticos similares para los dos modelos. Las fuentes de las diferencias son muchas, el primer nivel de partida para la proyección del INDEC es fijo, mientras que MJB considera la tendencia de la serie temporal. La metodología INDEC no utiliza la correlación entre provincias como parte de los supuestos y extrapola la tendencia a nivel de país a las provincias mientras que el MJB permite que cada provincia tenga su propia tendencia. Hay muchas razones para considerar la superioridad del MJB sobre el método matemático clásico utilizado por el INDEC.

Tabla 6. Diferencias entre las proyecciones oficiales de INDEC y el MJB para la TGF 2025-2040.

Provincia	Diferencias			
	2025	2030	2035	2040
Buenos Aires	0,16	0,12	0,08	0,05
Catamarca	-0,02	-0,04	-0,06	-0,08
Chaco	0,15	0,12	0,09	0,07
Chubut	0,23	0,18	0,14	0,10
Capital Federal	-0,17	-0,19	-0,22	-0,24
Córdoba	0,21	0,16	0,12	0,08
Corrientes	0,21	0,18	0,14	0,10
Entre Ríos	0,00	-0,02	-0,05	-0,07
Formosa	0,40	0,36	0,30	0,26
Jujuy	0,00	-0,03	-0,06	-0,08
La Pampa	0,02	-0,01	-0,04	-0,07
La Rioja	0,20	0,13	0,08	0,03
Mendoza	0,05	0,03	-0,01	-0,04
Misiones	0,43	0,38	0,34	0,29
Neuquén	0,39	0,33	0,28	0,23
Río Negro	0,33	0,26	0,21	0,15
Salta	0,19	0,17	0,14	0,11
San Juan	0,04	0,02	0,01	-0,01
San Luis	0,16	0,12	0,08	0,05
Santa Cruz	0,59	0,52	0,45	0,40
Santa Fe	0,09	0,05	0,00	-0,03
Stgo del Estero	0,60	0,51	0,42	0,36
Tierra del Fuego	0,49	0,43	0,36	0,29
Tucumán	0,18	0,13	0,10	0,07

Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

El MJB para proyecciones subnacionales es un método extremadamente útil y flexible. Presenta muchas ventajas sobre los métodos clásicos. El marco bayesiano es un esquema poderoso para generar proyecciones nacionales y subnacionales de mortalidad, fecundidad y finalmente población. En la aplicación para Argentina, las pequeñas diferencias entre ambos modelos; uno que incluye todos los países disponibles en WPP (Modelo 1) y un segundo modelo basado solo en un subgrupo de países; Argentina, Colombia, Chile, Cuba y Uruguay (Modelo 2), ambos basados en datos de 1980 a 2010, muestran la solidez del enfoque. No hay diferencias destacables entre modelos y en el largo plazo las proyecciones son casi idénticas. Este hecho respalda el modelo que incluye a todos los países, la selección regional no introduce más o información adicional a la etapa de estimación. Existen marcadas diferencias entre las estimaciones del MJB y el INDEC, además, el modelo MJB permite resultados probabilísticos, mientras que las proyecciones oficiales se basan en una función matemática, es un modelo determinista donde los escenarios alternativos son la TGF proyectada más o menos una cuarta parte

de un niño. Este artículo refuerza el uso de modelos probabilísticos ya que respetan los datos sin obligarlos a quedar atrapados en una suposición matemática.

Referencias Bibliográficas

- Andreozzi, L. y Ribotta, B. (2023). Proyecciones probabilísticas de la fecundidad en Argentina. *Astrolabio. Nueva Época*, (31), 11.
- Chackiel, J. (2004). La transición de la fecundidad en América Latina 1950-2000. *Papeles de población*, 10(41), 9-58.
- INDEC (2013). Proyecciones provinciales de población por sexo y grupos de edad 2010-2040. Serie análisis demográfico N° 36. CABA E-BOOK
- Méndez Borges, G. (2017). Theories and measures of demographic convergence: an application to subnational levels in Latin America in *¿Convergencia demográfica? Análisis comparativo de las tendencias demográficas subnacionales en América Latina y el Caribe*. Río de Janeiro: Asociación Latinoamericana de Población.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos INDEC. (2012). Dinámica y estructura de la población. Tasa bruta de natalidad por provincia. Años 1980-2009. http://www.indec.gov.ar/principal.asp?id_tema=7924, 6.7.22
- Pantelides, E. A. (2006). La Transición de la fecundidad en la Argentina 1869-1947. CENEP, Centro de Estudios de Población, Cuaderno del CENEP No. 54.
- Pantelides, E. A. (1989). La Fecundidad Argentina desde Mediados del Siglo XX. CENEP, Centro de Estudios de Población, Cuaderno del CENEP No. 41
- Raftery, A. E. et. al. (2009). White paper: Probabilistic projections of the total fertility rate for all countries for the 2010 World Population Prospects.
- Ševčíková, H, Raftery A. E., Gerland, P. (2018). Probabilistic projection of subnational total fertility rates. *Demographic Research*, 38(60), 1843-1884.
- Ševčíková, H., Alkema, L., Raftery, A. (2011). bayesTFR: An R package for probabilistic projections of the total fertility rate. *Journal of Statistical Software* 43, 1–29.
- Tilly, C. (1981). *As sociology meets history*. Academic Press.
- Watkins, S. C. (1990). From local to national communities: The transformation of demographic regimes in Western Europe, 1870–1960. *Population and Development Review*, 16(2), 241–272.
- Watkins, Susan C. (1991). *From provinces into nations: Demographic integration in Western Europe, 1870–1960*. Princeton University Press.