

Proyecciones y retroproyecciones probabilísticas de las tasas de fecundidad por edad en Argentina (1925-2044)

Nicolás Sacco¹
Lucía Andreozzi²

VII Congreso de la Asociación Latinoamericana de Población
XX ABEP Encontro Nacional de Estudos Populacionais
Foz do Iguaçu (Brasil) del 17 al 22 de octubre de 2016

RESUMEN

Contexto: una buena parte de las preguntas sobre el proceso de transición de la fecundidad continúan aún sin respuesta en Argentina. Este vacío es en gran parte deudor de la fragmentariedad de los datos cuantitativos disponibles para la investigación histórica y sus tendencias. Objetivo: modelar y pronosticar tasas de fecundidad por edad en Argentina. Fuentes: estadísticas vitales (1980-2014), censos de población, y estimaciones previas sobre las tasas de fecundidad por edad disponibles para el período 1950-1980. Método: utilizando modelos de series de tiempo funcionales se proyectó y retroproyectó las tasas de fecundidad por edad para el período 1925-2044, a nivel del total del país. Resultados: los datos obtenidos se muestran relativamente coherentes con la información y las tendencias socio-demográficas generales del proceso de transición de la fecundidad en Argentina.

Palabras clave: fecundidad; Argentina; proyecciones de población; fecundidad por edad; métodos probabilísticos.

INTRODUCCIÓN

A pesar de que diversos estudios han abordado la evolución de la fecundidad en Argentina, tanto desde el punto de vista transversal como longitudinal (Goldberg, 2003, Govea Basch, 2013, Pantelides, 1983, Pantelides, 1989, Pantelides, 2006, Recchini de Lattes y Lattes, 1975, Torrado, 1993) una buena parte de las preguntas sobre el proceso de transición de la fecundidad continúan aún sin respuesta. Desconocemos todavía, por ejemplo, qué pasó en la fecundidad por edad a lo largo de extensos períodos de la historia, en los 33 años que separan los censos de 1914 y 1947, periodo en el cual, en algún momento, suele ubicarse el inicio del proceso transicional de la fecundidad (a nivel del total del país).

Mucho ha contribuido a esta laguna la escasez y fragmentariedad de los datos cuantitativos disponibles para la investigación histórica, sus tendencias y las posibilidades de su explotación. La información que se conoce utilizó en general datos

¹ Candidato a Doctor en Ciencias Sociales (UBA). Magíster en Estadística Aplicada (UNTREF) y Especialista en Demografía Social (UNLu). Co-fundador del Observatorio Latinoamericano de Censos de población (OLAC).

² Becaria Doctoral en Demografía de CONICET-UNC. Magíster en Estadística Aplicada. (UNR) Docente e Investigadora de la Universidad Nacional de Rosario. (UNR-IITAE).

secundarios publicados y cuantitativos con aproximaciones predominantemente demográficas.

Para completar algunos de estos vacíos, en este artículo se estimaron tasas de fecundidad por edad para períodos sin datos mediante el uso de técnicas estadísticas. La construcción de resultados y un primer análisis tiene como objetivo complementar y reabordar, a partir del modelado de los datos para periodos sin información, algunas de las incógnitas del proceso transicional de la fecundidad en Argentina.

Este tipo de enfoque tiene especial relevancia por la conocida característica de que en contextos de transición demográfica los cambios en la fecundidad tienen distinta preeminencia según el grupo de edad en el que ocurrieron. El hecho de que la fecundidad total sea un proceso acumulativo y que el pasado de las mujeres pueda afectar su futura fecundidad hace relevante contar con este tipo de información, de especial valor para los estudios de corte longitudinal (Ryder, 1983).

Los cálculos para estimar la estructura y niveles de fecundidad son fuertemente dependientes de la disponibilidad de datos y del detalle de la información. Para los casos en los cuales las estadísticas vitales son completas, la fecundidad puede medirse directamente desde esa información. Desafortunadamente, la mayoría de los países de América Latina, sobre todo para el periodo anterior a 1950, no poseen datos de registros de vitales de confianza o directamente se carece de ellos, y por lo tanto distintas técnicas demográficas de estimación han sido desarrolladas para medir indirectamente la fecundidad basadas en datos censales o encuestas. Pero también en el campo de los estudios estadísticos mucho se ha avanzado en el desarrollo de técnicas de proyección y retroproyección.

Salvo el estudio de Andreozzi (2016) no se conocen otros antecedentes de modelos estadísticos para describir el patrón de la fecundidad en Argentina y en la literatura existente se carece del enfoque de modelado. Además si bien existe una amplia gama de proyecciones de la fecundidad, se desconocen estudios que hayan examinado la predicción de la curva de la fecundidad para el pasado y el futuro de forma conjunta. Por estas razones en este artículo se aplicaron modelos de series de tiempo funcional a los datos disponibles (publicados y oficiales) de tasas específicas de fecundidad por edad de la madre en Argentina. Los objetivos específicos estuvieron centrados en:

- el modelado de las tasas de fecundidad por edad para: i) el pasado (1925-2014) y ii) predicciones futuras (2014-2044) para describir la estructura y niveles de la fecundidad. Para ello:
 - se estimaron las tasas de fecundidad por edad para años desconocidos utilizando interpolaciones mediante la técnica de *splines*;
 - se observaron y modelaron las tendencias de las tasas de fecundidad por edad empleando modelos para datos funcionales de series de tiempo a fin de obtener pronósticos de las tasas de fecundidad por edad para los próximos 30 años.
- el modelado de las tasas de fecundidad por edad para los años no disponibles (1914-1950). Para ello:
 - se estimó la estructura de la fecundidad en base a la población femenina por grupos de edad, la población total y la tasa bruta de natalidad (proveniente de la información de los registros).

El artículo se divide en cuatro partes. En la Antecedentes se pasa brevemente revista a la literatura acerca del conocimiento sobre la transición de la fecundidad en Argentina. En Fuentes y Método se describen conceptos básicos de los modelos de series funcionales, se detalla en los datos utilizados y en la construcción de la información. En Resultados se presenta un primer análisis descriptivo de los datos obtenidos y su comparación con la información publicada. En Discusión y Conclusiones se sitúa el análisis en la perspectiva histórica de la transición de la fecundidad en Argentina y se abren líneas de posible profundización en base a los resultados obtenidos.

ANTECEDENTES

Torrado (1993) analizó el largo plazo y la diferenciación social de la fecundidad según grupos sociales y regionales y Goldberg (2003) y Govea Basch (2010) actualizaron el estudio de la transición de la fecundidad, fundamentalmente desde el punto de vista de cohorte, pero prácticamente concentrándose en el periodo posterior a 1980. Pantelides (1983: 10) señaló que muchas de las preguntas sobre la declinación de la fecundidad en Argentina continúan sin respuesta, en especial en lo que respecta a los cambios históricos en su estructura.

La investigación sobre las tendencias históricas de la fecundidad por edad en la Argentina se vieron, como en la mayoría de los países de la región, seriamente dependientes, y por ende, restringidas, a la disponibilidad de información detallada sobre nacimientos según edad de la madre. Las fuente más común que recaba esta información, los registros de estadísticas vitales, presentaron históricamente diversos tipos de limitaciones.

En los registros de nacimientos la información de nacimientos por edad de la madre solo están disponibles a partir del año 1954 y presentan criterios variables de definiciones y distintos niveles de calidad a lo largo de la serie (Pantelides, 1989: 9-10). Como si esto fuera poco, presenta otros tipos de problemas, de índole de cobertura y calidad: en primer lugar, la serien recién comienza en 1914 y los datos a partir de 1954 tienen obstáculos adicionales, como una alta proporción de nacimientos con edad de la madre desconocida (Pantelides, 1989: 72). Con anterioridad a 1914 los censos fueron prácticamente la única fuente de información para estimar medidas de fecundidad (Pantelides, 1983: 22), que por las propias características de la fuentes responden a una mirada transversal de las tasas.

Pantelides (2006: 26) sintetizó las fuentes, métodos y resultados que cada autor utilizó para estimar Tasas Globales de Fecundidad (TGF) con información censal, que se resumen en la Tabla 1(métodos y autores) y la Tabla 2 (resultados):

Tabla 1. Resumen de las estimaciones de las tasas de fecundidad por edad, tasas globales de fecundidad total (TGF) y tasa bruta de reproducción (TBR). Argentina 1869 a 1947

Año	Autor de la estimación	Fuente	Métodos
1869	Rothman Torrado	Censo Censo	Regresión: Bogue y Palmore Población estable
1895	Rothman Somoza Arretx, Mellafe, Somoza Torrado	Censo Censo Censo Censo	Regresión: Bogue y Palmore Mortara Hijos propios Modelo de tablas de vida de Naciones Unidas
1914	Rothman	Censo	Regresión: Bogue y Palmore
1947	Rothman Camisa Somoza Torrado	? Censo y estadísticas vitales ? Censo y estadísticas vitales	? Usa fecundidad por edad estimada por Somoza, método desconocido ? ?

Nota: ? los métodos no se conocen o no son claros.
Fuente: Pantelides (2006).

Tabla 2 Argentina. Tasas de fecundidad por edad, tasas globales de fecundidad (TGF), y tasas brutas de reproducción (TBR). Argentina 1869, 1895, 1914 y 1947

Edad	1869		1895				1914	1947			
	Rothman	Torrado	Rothman	Somoza	Arretx et al	Torrado	Rothman	Rothman	Camisa	Somoza	Torrado
15-19				.140	.086				.043	.042	
20-24				.270	.249				.132	.129	
25-29				.290	.312				.177	.173	
30-34				.260	.287				.135	.132	
35-39				.140	.225				.096	.095	
40-45				.090	.155				.039	.039	
45-49				.010	.086				.011	.011	
TGF	(5.1)	(6.8)	(5.5)	6.0	7.0	6.2	5.3	3.3	3.2	3.1	3.3
TBR	2.5	3.3	2.7	2.9	(3.4)	3.0	2.6	1.6	(1.6)	(1.5)	1.6

Fuente: Pantelides (2006).

FUENTES Y MÉTODO

El análisis de los datos funcionales ha alcanzado un gran desarrollo en los últimos años. Los modelos funcionales de series de tiempo engloban los datos en forma de curvas que se observan a intervalos regulares en el tiempo. Este modelo fue propuesto inicialmente por Hyndman y Ulla (2007) para modelar tasas de mortalidad y fecundidad empleando una transformación logarítmica en lugar de plantear la transformación de Box-Cox. También ha sido utilizado por Erbas *et. al.* (2007) para pronosticar tasas de mortalidad por cáncer de mama. Se trata de una generalización del conocido modelo de Lee y Carter (1992) para pronosticar tasas de mortalidad.

Para construir los datos mediante este modelo se utilizaron estadísticas vitales y censos de población. Los modelos para datos funcionales se aplicaron a las tasas de fecundidad, para ello la información utilizada fueron las series disponibles de nacimientos según

edad de la madre y la población por edad simple y sexo. Durante la estimación fue necesario contar con las cantidades netas tanto de eventos como de población y por ello no es la tasa en sí el dato base, sino que el mismo se construyó a partir de los registros de nacimientos, y las cifras de población por edad. Específicamente, para el período de estudio, de 1955 a 1980 se utilizaron los datos de nacimientos por edad de la madre estimados por Pantelides (1989). En relación a la información luego de esa fecha (1980-2014) se procesó la información proveniente del registro de hechos vitales, tomados de la Dirección de Estadísticas e Información de Salud (DEIS)³, a través de bases de datos que contienen el registro de los hechos individuales que permiten generar la matriz por edades (los datos no fueron corregidos de forma alguna, ni por omisión o registros tardíos ni otro tipo de errores).

En relación a las cifras de población, se utilizó la población por edades simples publicada por CELADE (2007), estimada en forma conjunta con el INDEC, para el periodo 1980-2014, mientras que para el lapso 1955-1980 se empleó la publicada por Pantelides (1989).

La adopción de un modelo que retroproyete estocásticamente tasas de fecundidad por edad resulta una estrategia metodológica con ventajas importantes ya que la población argentina durante el periodo de transición de fecundidad no fue una población cerrada sino abierta: las masivas oleadas migratorias produjeron enormes cambios no solo en el crecimiento de la población y su distribución espacial sino también en la composición por grupos de edad y sexo, variables que inciden directa e indirectamente en el cálculo de las tasas. En este sentido, la perspectiva metodológica adoptada a partir de la estadística puede salvaguardar algunos de los problemas que puedan llegar a encontrarse utilizando otras técnicas más bien demográficas, basadas en censos de población (con un largo periodo en el cual no se llevaron a cabo -1914 a 1947-) donde sus estimaciones podrían no estar controladas por la edad de la población, quienes poseen un efecto enorme sobre el nivel y la estructura fecundidad, o bien los métodos que emplean información retrospectiva de la fecundidad (a partir de la variable total de hijos nacidos vivos), que más allá de sus propias limitaciones (afectada especialmente por mortalidad y migraciones) no ofrece información sobre la estructura de la fecundidad.

Los tres primeros censos de población (1869, 1895 y 1914) no permitieron el cálculo directos de tasas de fecundidad por edad transversales (salvo el de 1895, pero a partir de técnicas indirectas): Pantelides (2006: 72) menciona que la población de la mayoría de las jurisdicciones son demasiado abiertas como para aplicar métodos indirectos, tales como el de Mortara y porque las preguntas de fecundidad en estos censos sólo se realizaron para mujeres alguna vez casadas. (Hoy en día, gracias a la actual disponibilidad de la muestras de los censos de 1869 y 1895 (Quartulli) sería posible aplicar el método de hijos propios procesando adecuadamente la información por hogar. Esto, de nuevo, daría estimaciones de periodo de la estructura y el nivel de la fecundidad).

Si bien el método se basa estrictamente en los datos observados y permite establecer hipótesis (mediante la inclusión de condiciones matemáticas) en este trabajo se incluyen

³ El Sistema Estadístico de Salud –dependiente de la Dirección de Estadísticas e Información de Salud (DEIS) del Ministerio de Salud de la Nación- produce estadísticas anuales correspondientes al total de registros de nacimientos, defunciones, defunciones fetales y matrimonios, con cobertura territorial nacional. Datos disponibles en <http://deis.msar.gov.ar/>.

dos tendencias posibles de la fecundidad, una hipótesis de nivel estable y otra que permite crecer o crecer a la tendencia general, pero no trata de un método flexible a la hora de incluir hipótesis teóricas más puntuales, como por ejemplo fijar un *set* de tasas para un año futuro. Sin embargo la flexibilidad y claridad que posee permitirá desarrollar estas características a futuro.

MODELOS PARA DATOS FUNCIONALES

Brevemente, se detalla el enfoque de datos funcionales en demografía (Hyndman y Booth, 2008, Hyndman y Ullah, 2007). Para ello se definen los datos necesarios para estimar la mortalidad, donde:

$D_t(x)$: Muertes en el año calendario t de la población de edad x ,

$E_t(x)$: Población de edad x expuesta al riesgo al 30 de junio del año t ,

Donde $x = 0, 1, 2, \dots, p^+ - 1$, $p^+ y t = 1, 2, \dots, n$. Con p^+ se indica el último grupo de edad abierto. La tasa de mortalidad de la edad x en el año calendario t se define como:

$$m_t(x) = \frac{D_t(x)}{E_t(x)} \quad (1)$$

Se denota con y_t^* a la cantidad a ser modelada, (la fecundidad) para la edad de la madre x en el año t . Primero se plantea una transformación de Box-Cox de y_t^* y luego se supone el siguiente modelo para la cantidad transformada $y_t(x)$:

$$y_t(x) = s_t(x) + \sigma_t(x)\varepsilon_{t,x} \quad (2)$$

$$s_t(x) = \mu(x) + \sum_{k=1}^K \beta_{t,k} \phi_k(x) + e_t(x), \quad (3)$$

Donde $s_t(x)$ es una función suave subyacente de x , $\varepsilon_{t,x}$ son variables aleatorias gausseanas, independientes e idénticamente distribuidas y $\sigma_t(x)$ es la variancia que puede variar con la edad y con el tiempo. Es posible implementar el enfoque para años y edades simples como así también para grupos quinquenales. Esto significa que $s_t(x)$ es una función suave de la edad que se observa con error. La ecuación (3) describe la dinámica de $s_t(x)$ a través del tiempo. En esta ecuación, $\mu(x)$ es la media de $s_t(x)$ a través de los años, $\{\phi_k(x)\}$ es un conjunto de funciones base ortogonales calculadas utilizando una descomposición en componentes principales, $e_t(x)$ es el error del modelo, el cual se supone no correlacionado serialmente. La dinámica del proceso está controlada por los coeficientes $\{\beta_{t,k}\}$, los cuales tienen un comportamiento independiente uno de otro (por propiedades del método de componentes principales).

Este modelo fue propuesto inicialmente por Hyndman y Ullah (2007) para modelar tasas de mortalidad y fecundidad con una transformación logaritmo en lugar de la transformación general de Box-Cox. También ha sido utilizado por Erbas *et. al.* (2007) para pronosticar tasas de mortalidad por cáncer de mama. Como señalan los primeros el

modelo es una generalización del conocido modelo de Lee y Carter (1992) para pronosticar tasas de mortalidad. En este enfoque, y_t^* representa a la tasa de mortalidad y $\lambda = 0$, por ello $y_t(x)$ es el logaritmo de la mortalidad para el año t y la edad x . En el modelo de Lee-Carter no se realiza ningún tipo de suavizado, por ello $\sigma_t(x) = 0$, $y_t(x) = s_t(x)$ y $\mu(x)$ se la estima como el promedio de $y_t(x)$ a través de los años. Para $K = 1$, $\beta_{t,1}$ se obtiene a partir de la primera componente principal de la matriz $[y_t(x) - \hat{\mu}(x),]$. Los pronósticos se obtienen ajustando un modelo de serie de tiempo a $\beta_{t,1}$; en la práctica el modelo que se obtiene resulta generalmente un paseo aleatorio con pendiente.

Es importante tener en cuenta que para interpolar las tasas para los años para los cuales no se cuenta con información, se empleó la metodología utilizada por Yasmeen y Mahmood (2014), quienes la emplean para “completar” la serie que da origen a los datos funcionales, insumo básico del modelo⁴, que permite interpolar puntos faltantes en la serie de datos mediante *spline* cúbico.

Los datos interpolados y observados se modelaron mediante el Modelo para Datos Funcionales para obtener pronósticos y retroproyecciones probabilísticas -para detalles teóricos sobre el cálculo de pronósticos funcionales y su variancia de pronóstico ver Blaconá y Andreozzi (2014)-.

RESULTADOS

PROYECCIONES

Se obtuvieron pronósticos de las tasas por edad simple para el período 2015-2040 basado en modelos de pronóstico con y sin pendiente. En este punto se incluyeron dos supuestos, una primera hipótesis que sostiene que la fecundidad continuará descendiendo y una segunda hipótesis que plantea que ya ha alcanzado su máximo descenso, de modo que se seleccionaron dos modelos, uno con pendiente y otro sin pendiente, en correspondencia con los supuestos planteados en la sección previa. A partir de la combinación entre los coeficientes pronosticados y las bases estimadas por el modelo, se generan los pronósticos de las curvas de fecundidad. Tanto los pronósticos como las retroproyecciones se acompañan de un intervalo probabilístico, y en este punto radica una de las principales ventajas del método, ya que los mismos sirven para evaluar la precisión de los resultados obtenidos (ver tablas en el Anexo).

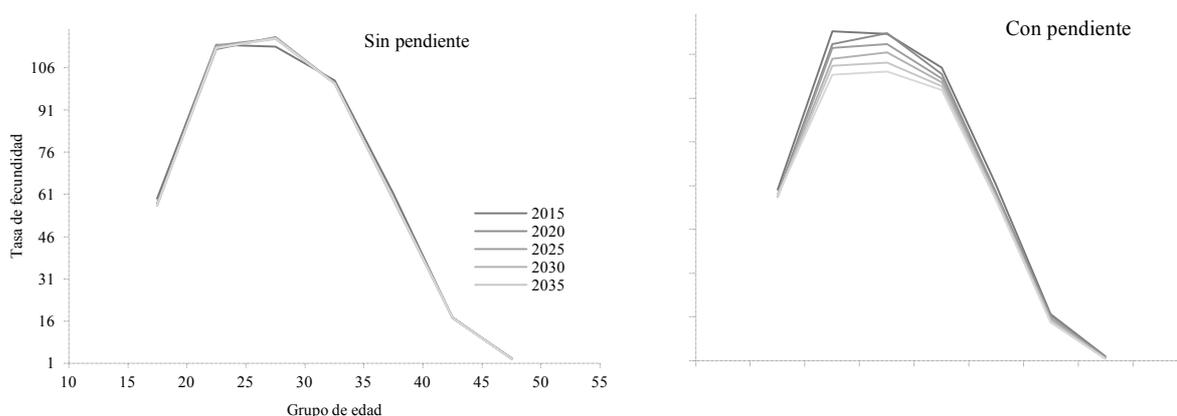
En el Gráfico 1 se presentan los pronósticos obtenidos para el período 2015 a 2040. Es importante destacar que se obtuvieron para todos los años calendario del período pero que por razones de espacio se seleccionan años terminados en 5 y en 0. El panel de la izquierda presenta las tasas pronosticadas basadas en el supuesto de fecundidad estable, mientras que el panel de la derecha presenta la hipótesis que admite pendiente, traducida en descenso de acuerdo a lo observado en la información histórica de las tasas.

En lo gráficos aparecen con caracteres nítidos los niveles y perfiles de las tasas, diferenciales entre sí. El primero, sin pendiente, ostenta una cúspide tardía (tasas máximas a los 25-29 años) y alta concentración, alrededor del 70% de la fecundidad total en el tramo de edad 20-34 años, en todo el periodo 2015-2040, con valores muy

⁴ Aplicada mediante una función de R disponible en el paquete *stats*.

similares entre sí en cada grupo edad y con tendencias prácticamente estables en cada grupo de edad. En cambio, el panel con pendiente por su parte, también muestra una cúspide tardía, también con mayor concentración en las edades 25-29, pero a diferencia de las tasas sin pendiente, la concentración en este tramo de edad es levemente descendiente y para 2030 concentra un poco menos del 70% d la fecundidad total. Las tasas son bien diferenciales por edad a medida que transcurre el tiempo, decrecientes en cada grupo edad a la vez, aunque aumentan y ganan peso realtivo (también muy leve) las edades 15 a 19. La cúspide muestran niveles diferenciales y menores por edad a medida que transcurre el tiempo. Estas estructuras representan gradientes diferenciales de escenarios de regulación de la fecundidad.

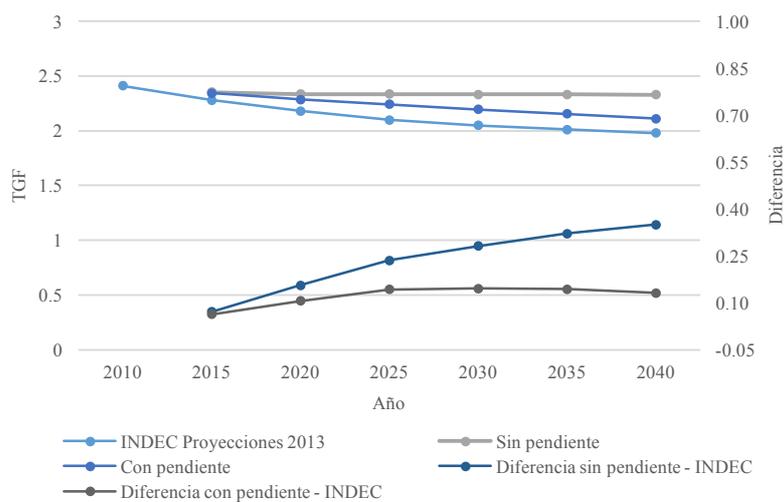
Gráfico 1. Tasas de fecundidad por grupos quinquenales de edad. Pronósticos sin y con pendiente. Argentina, 2015-2040



Fuente: Tabla 3 y Tabla 4.

El índice resumen de la fecundidad general calculado en base a estas tasas, TGF es más alto y estable, alrededor de 2.35/2.33 hijos por mujer, en la proyección bajo hipótesis con pendiente (Gráfico 2). La TGF es en cambio descendiente en el pronóstico con pendiente (lo que es esperable dado el supuesto de fecundidad decreciente) pasando de un 2.34 en 2015 al 2.11 en 2040. Nótese que los valores de los índices resumen resultados de la proyección aquí propuesta son en ambos casos superiores a los estimados por las últimas proyecciones del INDEC (2013), donde niveles de reemplazo se alcanzan en el 2025.

Gráfico 2. Tasa global de Fecundidad según pronósticos sin y con pendiente y proyecciones INDEC. Argentina 2010-2040.



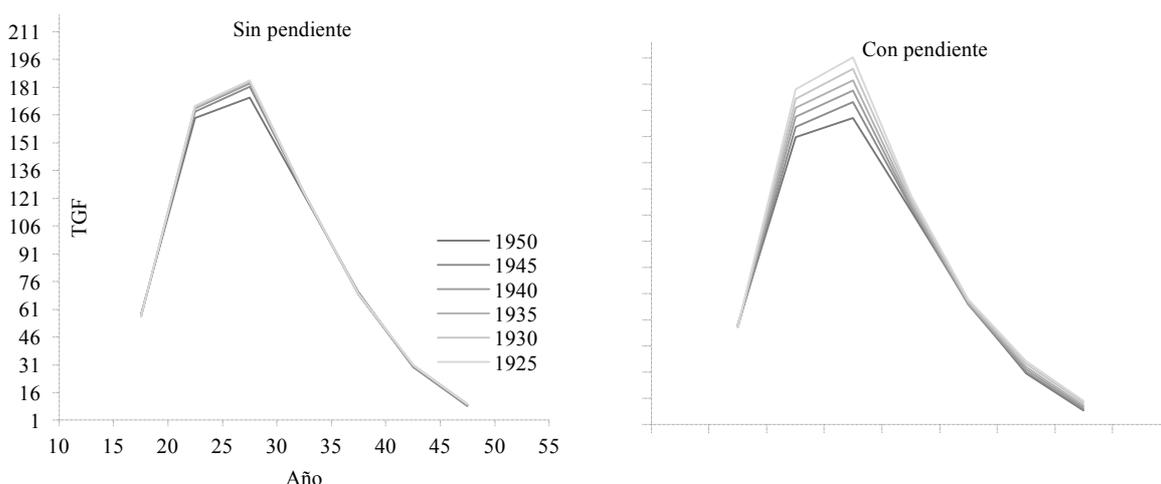
Fuente: elaboración propia en base a Tabla 3 y Tabla 4 e INDEC (2013).

RETROPROYECCIONES

Empleando la misma metodología y planteando también dos hipótesis se realizaron las retroproyecciones hasta el año 1925. En el panel de la izquierda del Gráfico 3 se presentan las tasas obtenidas a partir del supuesto de que la fecundidad observada en 1925 es estable hacia años anteriores, mientras que el panel de la derecha presenta las tasas basadas en un supuesto que admite pendiente (lo que se traduce en una suba hacia los años previos si se estima la pendiente, en base a la información disponible).

La estructura de la fecundidad por edad resultado de estas estimaciones muestran valores máximos en el grupo de mujeres de 25 a 29 años configurando una también una cúspide tardía. Con valores cercanos siguen en importancia el grupo de 20 a 24 años. En el panel de la izquierda (sin pendiente) se observa que los valores de la tasa de fecundidad se acercan entre sí, sobre todo por el aumento de la importancia del grupo más joven. Las estimaciones con pendiente (panel de la derecha) ostentan una clara caída a lo largo del periodo en cada uno de los grupos de edad pero manteniendo una estructura similar.

Gráfico 3. Tasas de fecundidad por grupos quinquenales de edad. Pronósticos sin y con pendiente. Argentina, 1925-1950

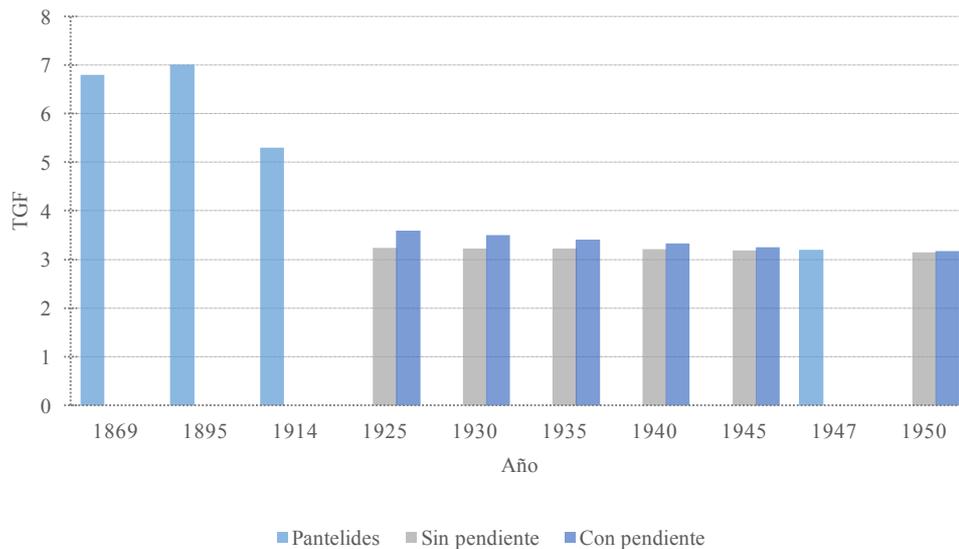


Fuente: Tabla 5 y Tabla 6.

Ciertamente la elección entre supuestos se puede establecer mediante medidas de bondad de ajuste establecidas para modelos estocásticos o mediante la selección basada en el conocimiento histórico, social y demográfico. En este caso, y de la última forma mencionada se consideran que los resultados más factibles y coherentes son las proyecciones que admiten pendiente, es decir, las tasas estimadas que presentan una suba hacia años previos y un descenso hacia el futuro.

La TGF de estas retroproyecciones (Gráfico 4) son decrecientes bajo ambas hipótesis (con y sin pendiente), aunque de valores más altos bajo el supuesto de fecundidad constante, donde pasan de un valor de 3.59 hijos por mujer en 1925 a 3.17 en 1950. La TGF también desciende en las estimaciones con pendiente pero con niveles por debajo de las estimaciones sin pendiente: oscila entre una TGF de 3.23 en 1925 a una de 3.15 en 1950. Si se comparan estos índices resumen con los compilados por Pantelides (1989) se observa cierta estabilidad de las tasas globales a lo largo del largo ciclo de 1925 a 1950, alrededor de 3 hijos por mujer. También distingue el vacío en la estimaciones entre 1914 y el punto final de la estimación aquí propuesta.

Gráfico 4. Tasa global de Fecundidad según pronósticos sin y con pendiente y estimaciones. Argentina 1869-1950.

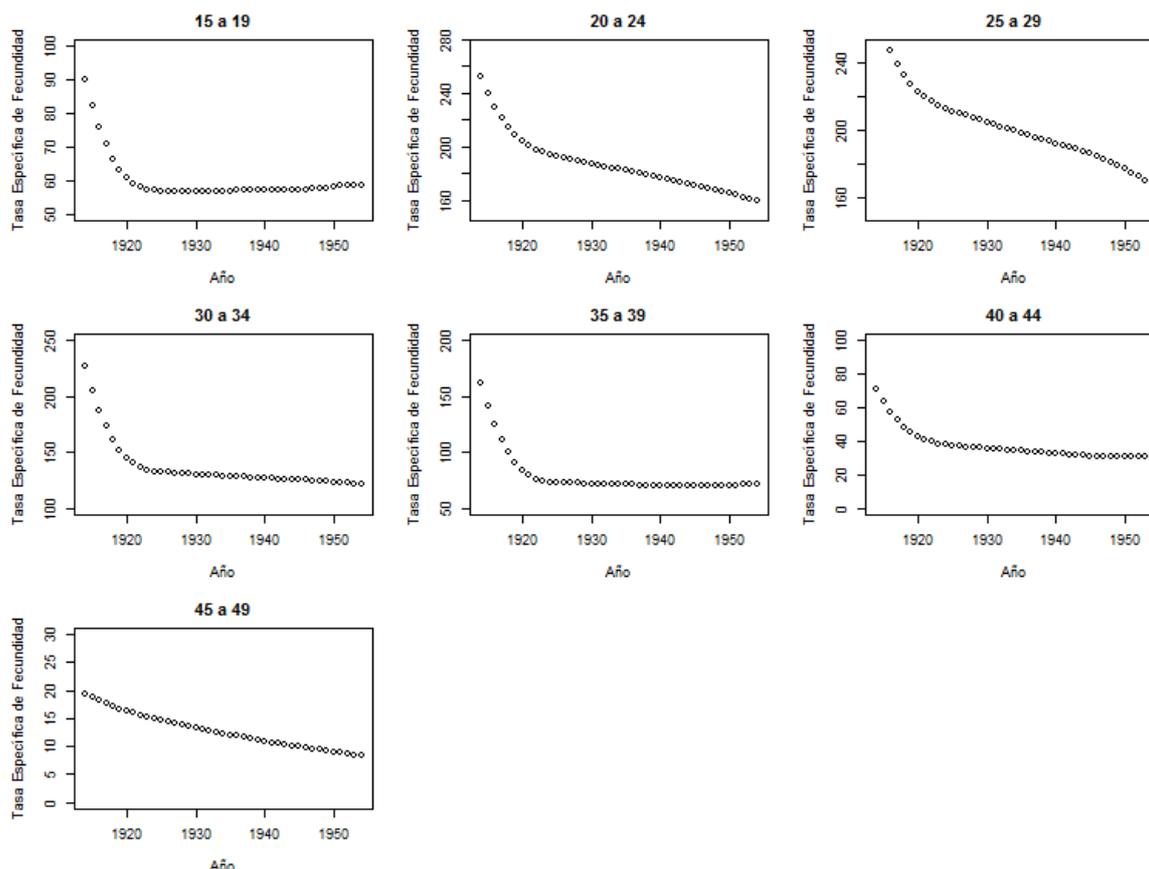


Fuente: elaboración propia en base a Tabla 5 y Tabla 6 y Pantelides (1989).

Por esta razón y dado que la metodología de proyecciones aquí estimada no permite ir hacia años más allá de 1925 se decidió hacer un análisis adicional preliminar. En primer lugar, se estimaron las tasas de fecundidad por edad (transversales) en base a Arriaga (1994) y mediante la misma metodología de interpolación empleada para imputar datos faltantes, se realizó una interpolación entre las tasas del año 1925 (último año de la retroproyección) y las estimadas en 1914. Los resultados de ejercicio se observan en el Gráfico 5. Esta interpolación permite evaluar el grado de “conexión” que existe entre los datos retroproyectados y la información disponibles, de manera que la interpolación genera resultados más “suaves”.

En el Gráfico 5 puede distinguirse que los grupos 25 a 29 y 45 a 49 presentan series suaves que indican que la retroproyección realizada es razonable con los datos de 1914. En segundo lugar los grupos 20 a 24 y 40 a 44 presentan una curvatura mayor al conectar los datos mediante interpolación, esto puede deberse a que las retroproyecciones quedaron a un nivel bajo, o que este comportamiento es coherente y se produce una baja durante ese período. Los tres grupos restantes presentan las curvaturas más marcadas, en este punto es posible pensar, como ya se mencionó, que las retroproyecciones no lograron reproducir la “suba” (si en sentido inverso al tiempo) o que en dichos grupos se produjeron marcados cambios en la fecundidad. Otro punto importante a destacar es la presencia de error de registro, errores que suelen estar correlacionados con la edad, es decir, hay grupos etarios que presentan una mayor componente de error que otros.

Gráfico 5. Tasas de fecundidad por grupos quinquenales de edad. Argentina, 1914-1960



Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos se muestran relativamente coherentes con la información y las tendencias socio-demográficas generales del proceso de transición de la fecundidad en Argentina. La metodología permitió incluir supuestos mediante restricciones matemáticas y las hipótesis seleccionadas fueron las que contemplan pendiente. La pendiente estimada se traduce en una suba hacia el pasado y un descenso hacia el futuro y las tasas fueron obtenidas puntualmente para cada año calendario junto con los intervalos que brindan una medida de la precisión y la certidumbre asociada a los resultados.

Un aspecto no observado en los resultados de esta propuesta es la heterogeneidad interna de la Argentina. Debería incluirse un análisis por otros agregados poblacionales, siempre y cuando la información disponible lo permita, en distintos niveles de análisis. Ya que la información de vitales se encuentra desagrega por provincia (a partir de 1980), sería posible incorporar la metodología a ese nivel geográfico o al de agregados regionales (estadísticos).

Las limitaciones de las fuentes utilizadas (población corregida por omisión censal y series de nacimientos por edad de la madre) podrían estar jugando un papel difícil de dilucidar en los resultados finales. En este sentido otras posibles líneas de profundización futura de esta metodología serán las de corroborar la información base de este estudio: en efecto, la serie de estadísticas vitales presenta diversos tipos de problemas y aún para el 2001 todavía se verificaba una omisión significativa

(Fernández *et al.*, 2008). Otro aspecto profundizar es el cálculo de estimaciones de periodo de la estructura y el nivel de la fecundidad utilizando el método de hijos propios según los microdatos censales de 1895 y 1869 y siguiendo la metodología propuesta para los datos de 1914, realizar el mismo ejercicio.

En base a los datos aquí construidos, a partir de un modelo, podrían re-abrirse preguntas sobre el proceso de cambio de la fecundidad en Argentina a lo largo del siglo XX, por ejemplo: ¿en qué grado fueron las subidas y bajadas de las tasas de fecundidad explicadas por las altas y bajas de la tasas de fecundidad de cohorte?

BIBLIOGRAFÍA

- ANDREOZZI, L. (2016). *Pronósticos probabilísticos en Demografía*. Tesis para obtener el título de Magister en Estadística Aplicada, Universidad Nacional de Rosario.
- ARRIAGA, E. E., JOHNSON, P. D. y JAMISON, E. (1994). "Population Analysis with microcomputers. Volume I", Bureau of the Census. Washington D.C.
- BLACONÁ, M. T. y ANDREOZZI, L. (2014). "Análisis de la mortalidad por edad y sexo mediante modelos para datos funcionales". *Estadística*, 66, 65-89.
- CELADE (2007). "Observatorio Demográfico N°3".
- ERBAS, B., HYNDMAN, R. y GERTIG, D. (2007). "Forecasting age-specific breast cancer mortality using functional data models". *Statistics in Medicine*, 2, 458-70.
- FERNÁNDEZ, M., GUEVEL, C., KRUPITZKI, H., MARCONI, É. y MASSA, C. (2008). *Omisión de registro de nacimientos y muertes infantiles. Magnitud, desigualdades y causas*, Organización Panamericana de la Salud, Ministerio de Salud, Buenos Aires.
- GOLDBERG, M. N. (2003). *Aporte del análisis longitudinal para el estudio de los cambios en el comportamiento reproductivo: el caso argentino*. Monografía final de Especialización en Demografía Social, Universidad Nacional de Luján.
- GOVEA BASCH, J. E. (2010). *El estancamiento del descenso de la fecundidad en países de fecundidad intermedia: evidencias del caso argentino*. Tesis de Doctorado, El Colegio de México.
- (2013). *El estancamiento del descenso de la fecundidad en países de fecundidad intermedia. Evidencias del caso argentino*, El Colegio de México, Centro de Estudios Demográficos, Urbanos y Ambientales, México, D.F.
- HYNDMAN, R. J. y BOOTH, H. (2008). "Stochastic population forecasts using functional data models for mortality, fertility and migration". *International Journal of Forecasting*, 24, 323-42.
- HYNDMAN, R. J. y ULLAH, M. S. (2007). "Robust forecasting of mortality and fertility rates: A functional data approach". *Computational Statistics & Data Analysis*, 51, 4942-56.
- INDEC (2013). "Estimaciones y proyecciones de población 2010-2040. Total del país". *Análisis Demográfico N°35*. Buenos Aires: INDEC.
- LEE, R. y CARTER, L. (1992). "Modeling and Forecasting U. S. Mortality". *Journal of the American Statistical Association*, 659-71.
- PANTELIDES, E. A. (1983). "La transición demográfica argentina: un modelo no ortodoxo", CENEP, CENEP. Buenos Aires.
- (1989). *La fecundidad argentina desde mediados del siglo XX*, CENEP, Buenos Aires.
- (2006). *La transición de la fecundidad en la Argentina 1869-1947*, CENEP.
- QUARTULLI, D. s/f. *Historia y actualidad de dos muestras censales de población. Argentina, 1869 y 1895* [Online]. Disponible en: <http://censos1869-1895.sociales.uba.ar/materiales-de-archivo> [2015].
- RECCHINI DE LATTES, Z. L. y LATTES, A. E. (1975). *La población de Argentina*, Talleres Gráficos Zlotopioro, INDEC, Buenos Aires.
- RYDER, N. B. (1983). "Cohort and period measures of changing fertility". En: BULATAO, R. A. y D. LEE, R. (eds.) *Determinants of Fertility in Developing Countries*. Academic Press, New York.
- TORRADO, S. (1993). *Procreación en la Argentina. Hechos e ideas*, Ediciones de la Flor, Buenos Aires.

YASMEEN, F. y MAHMOOD, Z. (2014). "An FDA Approach to Forecast Age-Specific Fertility Rates of Pakistan Region-Wise". *Computer Science and Applications*, 1, 341-8.

ANEXO

Tabla 3. Tasas de fecundidad por grupos quinquenales de edad basadas en el supuesto de fecundidad estable (sin pendiente). Argentina, 2015-2040.

Grupo de edad	Año					
	2015	2020	2025	2030	2035	2040
15-19	59.61	57.67	57.11	57.08	57.13	57.13
20-24	114.31	112.61	114.13	113.09	113.43	113.14
25-29	113.63	116.89	116.45	116.86	116.41	116.47
30-34	101.64	100.72	100.44	100.56	100.50	100.50
35-39	61.42	59.39	59.34	59.09	59.24	59.18
40-44	17.01	17.23	17.02	17.02	16.99	16.99
45-49	2.63	2.57	2.55	2.54	2.53	2.53

Fuente: elaboración propia en base a Estadísticas Vitales y CELADE (2007).

Tabla 4. Tasas de fecundidad por grupos quinquenales de edad basadas en el supuesto de fecundidad decreciente (con pendiente), Argentina, 2015-2040.

Grupo de edad	Año					
	2015	2020	2025	2030	2035	2040
15-19	59.62	57.77	57.28	57.35	57.48	57.59
20-24	113.79	109.43	108.14	104.41	101.99	99.05
25-29	113.04	113.16	109.53	106.71	103.14	100.11
30-34	101.40	99.22	97.64	96.42	95.03	93.69
35-39	61.31	58.72	58.09	57.25	56.80	56.14
40-44	16.90	16.54	15.75	15.18	14.59	14.05
45-49	2.59	2.33	2.11	1.91	1.73	1.57

Fuente: elaboración propia en base a Estadísticas Vitales y CELADE (2007).

Tabla 5. Tasas de fecundidad por grupos quinquenales de edad basadas en el supuesto de fecundidad estable (sin pendiente). Argentina, 1925-1950.

Grupo de edad	Año					
	1950	1945	1940	1935	1930	1925
15-19	58.06	57.17	57.01	57.04	57.06	57.06
20-24	164.33	167.65	169.42	170.17	170.64	170.94
25-29	175.25	181.11	182.92	183.79	184.32	184.67
30-34	123.00	123.78	123.83	124.10	124.29	124.40
35-39	70.20	69.06	69.02	69.17	69.28	69.33
40-44	29.96	29.92	30.30	30.55	30.69	30.77
45-49	8.77	9.17	9.40	9.56	9.65	9.71

Fuente: elaboración propia en base a Pantelides (1989).

Tabla 6. Tasas de fecundidad por grupos quinquenales de edad basadas en el supuesto de fecundidad decreciente (con pendiente), Argentina, 2015-2040.

Grupo de edad	Año					
	1950	1945	1940	1935	1930	1925
15-19	58.04	57.12	56.92	56.91	56.88	56.83
20-24	165.57	171.63	177.13	182.27	187.61	193.16
25-29	176.71	185.88	192.16	198.31	204.71	211.38
30-34	123.47	125.24	126.62	128.43	130.32	132.22
35-39	70.40	69.67	70.19	70.98	71.78	72.57
40-44	30.31	31.03	32.50	34.04	35.65	37.35
45-49	9.00	9.93	10.94	12.07	13.32	14.69

Fuente: elaboración propia en base a Pantelides (1989).

Tabla 7. Intervalos de pronóstico para las tasas obtenidas mediante el supuesto de fecundidad estable. (Pronósticos, años seleccionados). Argentina, 2015-2040.

Grupo de edad	Año					
	2015	Inferior	Superior	2040	Inferior	Superior
15-19	59,61	57,59	61,69	57,13	48,47	67,35
20-24	114,31	109,41	119,44	113,14	87,29	146,90
25-29	113,63	108,27	119,26	116,47	87,29	155,53
30-34	101,64	98,64	104,74	100,50	86,14	117,45
35-39	61,42	59,83	63,04	59,18	53,03	66,05
40-44	17,01	16,23	17,83	16,99	12,97	22,52
45-49	2,63	2,37	2,91	2,53	1,33	4,81

Fuente: elaboración propia.

Tabla 8. Intervalos de pronóstico para las tasas obtenidas mediante el supuesto de fecundidad con pendiente. (Pronósticos, años seleccionados). Argentina, 2015-2040.

Grupo de edad	Año					
	2015	Inferior	Superior	2040	Inferior	Superior
15-19	59,62	57,61	61,70	57,59	49,06	67,61
20-24	113,79	108,93	118,88	99,05	80,78	121,47
25-29	113,04	107,72	118,62	100,11	79,88	125,46
30-34	101,40	98,41	104,48	93,69	82,34	106,81
35-39	61,31	59,73	62,93	56,14	51,32	61,44
40-44	16,90	16,13	17,71	14,05	12,10	16,35
45-49	2,59	2,34	2,87	1,57	1,14	2,17

Fuente: elaboración propia.

Tabla 9. Intervalos de pronóstico para las tasas obtenidas mediante el supuesto de fecundidad estable. (Retroproyección, años seleccionados). Argentina, 1925-1950.

Grupo de edad	Año					
	2015	Inferior	Superior	2040	Inferior	Superior
15-19	58,06	53,64	62,84	57,06	47,81	68,12
20-24	164,33	148,88	181,40	170,94	128,05	228,69
25-29	175,25	157,14	195,45	184,67	134,43	253,94
30-34	123,00	115,04	131,53	124,40	105,17	147,45
35-39	70,20	66,32	74,31	69,33	61,61	78,03
40-44	29,96	27,10	33,15	30,77	22,15	43,50
45-49	8,77	7,21	10,67	9,71	4,76	19,85

Fuente: elaboración propia.

Tabla 10. Intervalos de pronóstico para las tasas obtenidas mediante el supuesto de fecundidad con pendiente. (Retroproyección, años seleccionados). Argentina, 1925-1950.

Grupo de edad	Año					
	2015	Inferior	Superior	2040	Inferior	Superior
15-19	58,04	53,64	62,80	56,83	47,80	67,57
20-24	165,57	150,91	181,66	193,16	154,75	241,16
25-29	176,71	159,50	195,78	211,38	165,81	269,48
30-34	123,47	115,72	131,75	132,22	115,00	152,37
35-39	70,40	66,60	74,42	72,57	66,02	79,81
40-44	30,31	27,82	33,04	37,35	31,30	44,68
45-49	9,00	7,67	10,56	14,69	10,38	20,82

Fuente: elaboración propia.