



Población y Salud en Mesoamérica

ISSN: 1659-0201

Universidad de Costa Rica. Centro Centroamericano de  
Población

Andreozzi, Lucía; Ventroni, Nora

La fecundidad en la ciudad de Rosario, Argentina: proyecciones y retroproyecciones  
de la tasa global de fecundidad y las tasas específicas de fecundidad

Población y Salud en Mesoamérica, vol. 18, núm. 2, 2021, Enero-Junio, pp. 35-62  
Universidad de Costa Rica. Centro Centroamericano de Población

DOI: <https://doi.org/10.15517/psm.v18i2.41693>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44668223002>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org  
UAEM

Sistema de Información Científica Redalyc  
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso  
abierto



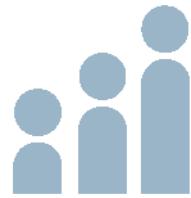
UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA

CCP

Centro Centroamericano  
de Población

Doi: <https://doi.org/10.15517/psm.v18i2.41693>

Volumen 18, número 2, Art. Cient. Enero-junio 2021



# Población y Salud en Mesoamérica

## La fecundidad en la ciudad de Rosario, Argentina: proyecciones y retroproyecciones de la tasa global de fecundidad y las tasas específicas de fecundidad

Lucía Andreozzi y Nora Ventroni

### Como citar este artículo:

Andreozzi, L. y Ventroni, N. (2021). La fecundidad en la ciudad de Rosario, Argentina: proyecciones y retroproyecciones de la tasa global de fecundidad y las tasas específicas de fecundidad. *Población y Salud en Mesoamérica*, 18(2).

Doi: <https://doi.org/10.15517/psm.v18i2.41693>



ISSN-1659-0201 <http://ccp.ucr.ac.cr/revista/>

Revista electrónica semestral

Centro Centroamericano de Población

Universidad de Costa Rica

## La fecundidad en la ciudad de Rosario, Argentina: proyecciones y retroproyecciones de la tasa global de fecundidad y las tasas específicas de fecundidad

*Fertility in Rosario City, Argentina: Projections and retro-projections of the global fertility rate and specific fertility rates*

Lucía Andreozzi<sup>1</sup> y Nora Ventroni<sup>2</sup>

**Resumen:** El estudio que da lugar al presente artículo surge a partir de los resultados obtenidos en el marco de un convenio de colaboración firmado por la Dirección General de Estadística de la Municipalidad de Rosario y la Escuela de Estadística de la Facultad de Ciencias Económicas y Estadística de la Universidad Nacional de Rosario. Entre sus objetivos, se plantea el de obtener pronósticos probabilísticos de la fecundidad para la Ciudad de Rosario. Para ello, con base en estadísticas vitales, estimaciones y proyecciones de población se construyen escenarios probables, pasados y futuros, tanto para la tasa global de fecundidad como para las tasas específicas de fecundidad. Los resultados de este estudio, basados en la aplicación de modelos probabilísticos de pronóstico, permiten conocer estructuras y tendencias, pasadas y futuras de la fecundidad, de modo que puedan generarse diagnósticos que sean de utilidad para la evaluación y gestión del sistema de salud o bien para el desarrollo de nuevas políticas públicas. Los resultados indican que Rosario tuvo, tiene y seguirá teniendo un cambio en los patrones de fecundidad más rápido y marcado que el promedio nacional. Si bien este hecho es esperable, en un contexto signado por los avances en la salud pública, que permiten acceder a más y mejor atención en salud reproductiva, la metodología aquí empleada se basa únicamente en la extrapolación de las tendencias, por ello la retroproyección debe ser analizada cuidadosamente. Con posterioridad, en la sección metodológica, se presentan los modelos probabilísticos de pronóstico que se emplean para la obtención de resultados.

**Palabras clave:** Tasa Global de Fecundidad, Tasas específicas de fecundidad, Modelo para Datos Funcionales, Modelos Probabilísticos de Pronóstico

**Abstract:** The study that gives rise to this article arises from the results obtained in the framework of a collaboration agreement signed by the Statistical Office of Rosario City and the School of Statistics of the Faculty of Economic Sciences and Statistics (National University of Rosario). Among its objectives is to obtain probabilistic fertility forecasts for Rosario City. For this, based on vital statistics, estimates and population projections, probable scenarios, past and future, are constructed, both for the global fertility rate and the specific fertility rates. The results of this study, based on the application of probabilistic prognostic models, allow to know structures and trends, past and future, of fertility, so that diagnoses can be generated that are useful for the evaluation and management of the health system or good for the development of new public policies. The results indicate that Rosario had, has and will continue to have a change in fertility patterns faster and more marked than the national average. Although this fact is to be expected in a context marked by

advances in public health (which allow access to more and better reproductive health care), the methodology used here is based solely on the extrapolation of trends, therefore, the backprojection must be carefully analyzed.

**Keywords:** Global Fertility Rate, Specific Fertility Rates, Functional Data Model, Probabilistic Forecast Models.

**Recibido:** 04 may, 2020 | **Corregido:** 14 oct, 2020 | **Aceptado:** 16 oct, 2020

---

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Rosario (UNR). Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), ROSARIO, ARGENTINA. [landreozzi@fcecon.unr.edu.ar](mailto:landreozzi@fcecon.unr.edu.ar). ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1723-5725>

<sup>2</sup> Universidad Nacional de Rosario (UNR). Municipalidad de Rosario, ROSARIO, ARGENTINA. [nventro0@rosario.gov.ar](mailto:nventro0@rosario.gov.ar). ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9510-9436>

## 1. Introducción

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). Dentro de los factores biológicos pueden incluirse anomalías psíquico-biológicas, esterilidad, duración de la vida fértil, entre otras. Entre los factores vinculados a comportamientos socioculturales pueden mencionarse la edad al matrimonio, la anticoncepción, la interrupción legal del embarazo y la duración de la lactancia, por mencionar las más importantes. Dado la diversidad de factores que influyen sobre la fecundidad, es que proyectarla hacia el futuro constituye una tarea compleja. El presente artículo presenta proyecciones de la fecundidad hasta el año 2030 para la Ciudad de Rosario, Argentina, en base a la serie histórica de tasas de fecundidad 1980-2015. Como segundo producto se obtienen retroproyecciones, que si bien no resultan de interés en el desarrollo de políticas públicas, permiten acercarse a un análisis histórico.

El artículo comienza con un breve repaso a través del concepto de fecundidad y sus medidas asociadas. Luego, se presentan diversos estudios de la fecundidad, referidos a Argentina y a la Ciudad de Rosario. En la sección referida al procesamiento de datos, se presenta un análisis descriptivo detallado de los datos que se modelizarán luego. En dicha sección, se compara la fecundidad de la ciudad en estudio con la del país y la ciudad capital, la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA).

Finalmente, se presenta la modelización realizada para del conjunto de series históricas de la fecundidad del período 1980-2015, la cual permite obtener proyecciones y retroproyecciones para la Ciudad de Rosario. Asimismo, se evalúa la calidad de los pronósticos mediante el cálculo de medidas de bondad de ajuste.

## 2. Referente teórico

La fecundidad es una de los componentes demográficos que determinan el nivel y la tendencia del crecimiento de la población. Este concepto se refiere a la cantidad de hijas o hijos que tiene una mujer durante su vida fértil (15-49 años). El análisis de la fecundidad tiene como principales fuentes de datos las estadísticas vitales, que proporcionan los nacimientos registrados en un periodo de tiempo determinado, y los censos y proyecciones de población, que proporcionan información sobre cuantas personas han estado expuestas al riesgo de producir esos nacimientos en esa área y período específico. Para estudiar el nivel y la tendencia de dicho componente, es necesaria la medición de su incidencia en la población y, para ello, se recurre a la construcción de tasas. El problema principal

en la construcción de las tasas es que la información básica proviene de fuentes distintas con diferentes grados de calidad.

La tasa global de fecundidad (TGF) se obtiene a partir de la sumatoria de las tasas específicas, multiplicadas por 5, si se trabaja con grupos quinquenales, y divididas por mil. Esta tasa representa el número de hijos o hijas que en promedio tendría una mujer de una cohorte hipotética, que, durante su periodo fértil, tuviera sus hijos o hijas de acuerdo con las tasas de fecundidad por edad de la población en estudio y no estuviera expuesta al riesgo de mortalidad desde el nacimiento hasta el término de su vida fértil. Su desventaja radica en que en su cálculo interviene información sobre mujeres de 35 cohortes distintas, que son asimiladas a una única cohorte hipotética. Este supuesto se torna inverosímil cuando la fecundidad está descendiendo, ya que las mujeres más jóvenes no repiten la experiencia de las más grandes.

Sin embargo, la TGF es el indicador por excelencia de la fecundidad, reforzando entonces la importancia del aporte metodológico que se presenta en este artículo, es decir, su proyección y retroproyección.

Las proyecciones de las Naciones Unidas para los países “en desarrollo” suponen que la tasa de fecundidad total eventualmente alcanzará el nivel de reemplazo y luego caerá ligeramente. Para las regiones que ya han logrado un nivel en la fecundidad mayor al de reemplazo, se espera un pequeño aumento<sup>3</sup>.

Una buena parte de la teoría demográfica sostiene que la disminución de la fecundidad se debe al desarrollo social y económico. El desarrollo, la creciente industrialización, la urbanización, la educación, los ingresos y las intervenciones efectivas de salud pública causan una disminución en los beneficios que proporciona tener niños o niñas; por ejemplo, para la seguridad laboral y de la vejez. Asimismo, el aumento en el costo de tenerles; por ejemplo, para la educación. Este cambio en la relación costo/beneficio lleva a los padres a querer tener menos hijos y, por lo tanto, a una demanda de control de la natalidad. El aumento en el uso de anticonceptivos para responder a esta demanda resulta en una menor fecundidad. Sin embargo, esta visión, que reduce la fecundidad a través del concepto de costo/beneficio, es el reflejo de cómo el neoliberalismo atraviesa cada una de las esferas de la vida.

Según Boongarts (2015) en las últimas décadas, el mundo y la mayoría de los países han sufrido cambios demográficos sin precedentes. El ejemplo más obvio de este cambio es el aumento en el

---

<sup>3</sup> La fecundidad de reemplazo representa el nivel en el que cada generación reemplaza exactamente a la anterior, lo que lleva a un crecimiento poblacional nulo (en ausencia de cambios en la mortalidad y en la migración). La fecundidad por debajo del nivel de reemplazo produce, a largo plazo, una disminución de la población.

total de la población. También hay cambios sustanciales en las tendencias de la fecundidad, la estructura familiar, la mortalidad, la migración, la urbanización y el envejecimiento de la población.

Las regiones del mundo difieren ampliamente en sus tendencias demográficas, con un rápido crecimiento de la población y una alta fecundidad en los países más pobres; mientras que la disminución y el envejecimiento de la población y la muy baja fecundidad son la preocupación clave en muchos países desarrollados. Estas tendencias tienen implicaciones importantes para el bienestar humano y son de gran interés para quienes crean políticas públicas.

El mismo autor destaca que en la década de 1950, las tasas de fecundidad total en Asia, América Latina y África eran altas y prácticamente estables en alrededor de seis nacimientos por mujer en promedio. Este alto nivel de fecundidad reflejaba una ausencia casi total de control de la natalidad, una condición que ha prevalecido durante siglos previo a la mitad del siglo XX.

A fines de la década de 1960, se inició un rápido declive, casi de forma simultánea, en Asia y América Latina. En contraste, África solo ha experimentado un cambio reproductivo limitado. Como resultado de estas tendencias pasadas divergentes, los niveles de fecundidad de 2005 a 2010 difirieron ampliamente entre las regiones, desde un máximo de 5 nacimientos por mujer en África a 2.5 en Asia y América Latina.

Con relación a las fuentes de información, en Argentina, la información de nacimientos por edad de la madre solo está disponibles a partir del año 1954 y presenta criterios variables en las definiciones y distintos niveles de calidad a lo largo de la serie (Pantelides, 1989). Además, presenta otros tipos de problemas de cobertura y calidad. La serie de nacimientos 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; 2006).

Con anterioridad a 1914, los censos fueron prácticamente la única fuente de información para estimar medidas de fecundidad (Pantelides, 2006), que, por las propias características de la fuente, responden a una mirada transversal de las tasas. En base a estos datos, Pantelides desarrolló una extensa y detallada bibliografía que analiza la evolución de la fecundidad en Argentina (Pantelides, 1982, 1983, 1989 y 2006).

En general, se podría destacar que, desde principios del siglo XX, Argentina presentó una de las menores tasas de fecundidad de la región. Como posibles explicaciones, se plantean aspectos socioculturales relativos a la migración europea de fines del siglo XIX y comienzos del XX, que llevó a la conformación de familias más pequeñas. Desde 1950, la TGF fluctuó en un promedio de 3 hijos por mujer en edad fértil y, a comienzos de los 90, esta tasa se ubicaba en 2,8. Luego, con base en el censo 2001, la tasa se estima alrededor de 2,1 hijos o hijas por mujer al final de su vida reproductiva; valor que se mantiene en el último censo de 2010.

Existen pocos antecedentes del estudio de la fecundidad en Rosario, el más destacado es el trabajo "Fecundidad y madres adolescentes de la ciudad de Rosario. Tendencias 1980-1991" de Añaños (1995) presentado en las II Jornadas de Estudios de la Población (AEPA). En el mismo se puede hallar una recopilación exhaustiva y un análisis de las tasas de fecundidad que sienta precedentes.<sup>4</sup> El trabajo se proponía medir la fecundidad adolescente (10 a 14 años) y tardía (15 a 19 años) entre 1980 y 1991 y describir las características sociodemográficas de las madres y sus parejas. Basado en el Informe Estadístico del Nacido Vivo, se construyó una base de datos de 21 131 nacimientos de madres residentes en la ciudad de Rosario. Se halló que la fecundidad en ambos grupos fue en descenso hasta 1987 y que la mayoría casi absoluta de las madres tiene entre 15 y 19 años con un nivel de educación bajo. Por otro lado, los padres conocidos son predominantemente hombres mayores de 20 años. Entre las tendencias de cambio social se destacan, el incremento en forma constante de la proporción de madres y padres con al menos educación secundaria y de los nacimientos de parejas en unión consensual. El estudio sugiere como hipótesis que estos cambios podrían deberse al incremento del embarazo temprano en sectores de ingresos medios y altos y el surgimiento de nuevos modelos de familia.

Por otro lado, un antecedente importante de análisis de la fecundidad se puede encontrar en un trabajo realizado por el Fondo de Población de las Naciones Unidas y la Escuela de Estadística, de la Facultad de Ciencias Económicas y Estadística de la Universidad Nacional de Rosario y coordinado por el estadístico matemático Carlos Cavallini, titulado "Regulación de la Fecundidad: Estimación de Características Sensibles en la Población Femenina de la Ciudad Rosario". El mismo presenta varias cifras relativas a la fecundidad y sitúa los resultados relativos a la ciudad en el contexto mundial. Entre las cifras más destacadas se encuentra una referencia a un estudio previo donde se estimó que un 9,7 % de las mujeres encuestadas en 1995 había tenido por lo menos un aborto inducido.

El informe también rescata, que, según las declaraciones de Roberto Nicholson, especialista en ginecología y fertilización en Argentina, se realizan unos 1000 abortos por día (La Nación, 1996) y que de las 500 000 mujeres que mueren por año en el mundo por causas relacionadas al embarazo, 67 000 fallecen debido a abortos inducidos. Por su parte Cavallini (1996), que utilizó la técnica de respuesta aleatoria, estimó que la población femenina de 15 años y más de la ciudad de Rosario, Argentina, tuvo un promedio de 0,36 ( $\pm 0,13$ ) abortos por mujer y que las mujeres de 40 años y más habían tenido en promedio 0,62 ( $\pm 0,18$ ) abortos a lo largo de su vida. Estas cifras son difíciles de

<sup>4</sup> Dicho trabajo se enmarca en un proyecto conjunto realizado por el Centro de Estudios de Estado y Sociedad (CEDES), el Centro de Estudios de Población (CENEP) y el Taller de Investigaciones Sociales en Salud Reproductiva y Sexualidad del año 1993. En ese contexto se realizó la investigación "Comportamiento sexual y embarazo en la población adolescente de la Ciudad de Rosario", que se realizó con fondo del Special Programme of Research, Development and Research Training in Human Reproduction, World Health Organization coordinado por Edith Pantelides.

comparar con las de otras estimaciones, ya que se usó un intervalo de edades abierto a partir de los 40 años.

La misma investigación indagaba, además, sobre la edad de iniciación sexual, rebelando una edad promedio de iniciación sexual de 18 años. Otro apartado indagaba sobre la regulación de la fecundidad. Los resultados sostienen que un 78,4 % de las mujeres empleó alguna vez un método anticonceptivo.

Finalmente, consultaba sobre el acceso a educación sexual, dando como resultado que un 88,0 % había recibido educación sexual, declarando un 47,3 % que había sido recibida en la escuela, seguida de un 21,7 % en hogar y escuela, un 9,7 % solamente en el hogar y un 10,0 % entre escuela, hogar y otras instituciones. Por otro lado, un 11,0 % declaraba no haber recibido nunca educación sexual. Es importante remarcar que la investigación no incluyó zonas marginales y estuvo restringida a la ciudad.

Si se aborda la fecundidad en Rosario, resulta importante mencionar que la ciudad es considerada un hito a nivel nacional, con más de 15 años de políticas orientadas en el concepto del derecho a la salud. Más aún, Rosario se destaca por el abordaje de la Interrupción Legal del Embarazo (ILE), ya que la Municipalidad de Rosario cumple la ley argentina en lo relativo a ILE. En el año 1996, se crea en Rosario el Programa de Salud Sexual y Procreación Responsable, cuyo objetivo es poner a disposición de la comunidad la información, orientación, métodos y prestaciones de servicios pertinentes que garanticen el derecho humano de decidir libre y responsablemente sus pautas reproductivas. En el año 2005, a nivel nacional se lanza la Guía para el mejoramiento de la atención en el post aborto, a la que la ciudad de Rosario se adhiere en el mismo año. En el 2007, el Ministerio de Salud de la Nación emite el Primer Protocolo sobre atención de abortos no punibles. Rosario, ese mismo año, sanciona, bajo la ordenanza Nº 8186/2007, el Protocolo de Atención Integral para las Personas con derecho a la Interrupción Legal del Embarazo.

### 3. Metodología

#### 3.1. Enfoque

El presente trabajo aborda el análisis de la fecundidad desde una perspectiva cuantitativa. La modelización estadístico-matemática se constituye en el núcleo sobre el cuál es posible realizar proyecciones y retroproyecciones de tasas de fecundidad, a fin de comprender y analizar el comportamiento de dicho componente demográfico.

Repasando brevemente el recorrido de los modelos probabilísticos, la irrupción más clara y concisa de estos métodos de pronóstico en el área demográfica la concretó el método propuesto por Lee y Carter (1992), que posee actualmente numerosas variantes y extensiones. Originalmente, los autores propusieron una metodología que permite modelar y extraer las tendencias observadas en las tasas de mortalidad a largo plazo e implementaron dicha metodología para pronosticar la mortalidad en los Estados Unidos hasta el año 2065. Lee y Miller (2001) y Booth et al. (2002) han propuesto modificaciones al método de Lee y Carter, como la elección del período de ajuste, el método para el ajuste del parámetro de nivel y la elección de las tasas base para el pronóstico. La propuesta de Lee y Miller (2001) es ampliamente utilizada y la variante de Booth et al. (2002) ha demostrado ser al menos tan precisa como la de Lee y Miller en el corto plazo.<sup>5</sup> Varios desarrollos han incorporado una estructura de error heterocedástica Poisson, como Brouhns et al. (2002). Otros autores han extendido la aplicabilidad del modelo de Lee y Carter a los factores de reducción de la mortalidad<sup>6</sup> o examinado el uso de más de un término en el modelo, como en el caso de Booth et al. (2002) y Renshaw y Haberman (2003).

También existen extensiones recientes que incluyen suavizados semiparamétricos en el modelo. Jong y Tickle (2006) combinan un suavizado por *splines* y una estimación por medio del filtro de Kalman para ajustar una versión generalizada del modelo de Lee y Carter. Como síntesis, García Guerrero y Ordóñez (2012) concluyen de la aplicación del modelo de Lee y Carter a datos de México, lo siguiente:

Finalmente es importante resaltar la virtud del método presentado, al permitir tener intervalos de confianza de las estimaciones de la mortalidad. El enfoque estocástico reconoce que el comportamiento demográfico no sigue leyes determinadas, sino que la demografía, que al final de todo estudia conjuntos humanos, está sujeta a las leyes del azar. Además, el método permite realizar ajustes continuos a los pronósticos, pensando también en el número de muertes que se podrían evitar para alcanzar una meta en la esperanza de vida (García Guerrero y Ordóñez Mellado, 2012, p. 445).

Además, Guerrero y González (2007) desarrollan un trabajo sobre la base de la aplicación del modelo a datos de México y evalúan el impacto de los resultados sobre el sistema previsional. También en Chile, Lee y Rofman (1994) aplicaron el modelo y en sus conclusiones sostienen que la síntesis de técnicas estadísticas de series de tiempo y modelos demográficos tiene múltiples ventajas y que el modelo de Lee y Carter constituye un modelo sencillo y útil para completar datos faltantes. Incluso, en algunos casos, puede emplearse para ajustar el subregistro y proyectar la mortalidad.

<sup>5</sup> Para más detalles, véanse Booth et al. (2005) y Booth et al. (2006).

<sup>6</sup> Véase Renshaw y Haberman (2003).

Hyndman y Ullah (2007) propusieron utilizar el paradigma de los datos funcionales para modelar los componentes demográficos, ya que este considera que los logaritmos de las tasas de cada año son una función continua de las edades. Estos mismos autores (2007) suavizan la mortalidad, a través de regresiones *spline* penalizadas, para luego ajustar un modelo mediante una descomposición en componentes principales. Estos métodos son comparados por Booth et al. (2006).

Los métodos probabilísticos para el pronóstico de la población están ganando reconocimiento rápidamente, ya que su principal ventaja radica en la llamada consistencia probabilística a través de todas las variables pronosticadas y sus índices derivados (Lee y Tuljapurkar, 1994). Esto propició el desarrollo de métodos probabilísticos de pronóstico que, cada vez con mayor aceptación, son implementados por las agencias de estadísticas oficiales –como las de Holanda y Estados Unidos, por mencionar algunos ejemplos– para producir sus pronósticos nacionales. Otra propuesta ampliamente difundida e implementada por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) es la de Raftery (2012) y consiste en calcular una proyección probabilística de la esperanza de vida mediante modelos jerárquicos bayesianos.

En la siguiente propuesta, los datos se modelaron mediante el modelo para datos funcionales para obtener pronósticos y retroproyecciones probabilísticas<sup>7</sup>, utilizando el paquete de programación de Hyndman (2017).

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

$B_t(x)$ : nacimientos en mujeres de edad  $x$  ocurridos durante el año calendario  $t$ ,

$E^M_t(x)$ : población de mujeres de edad  $x$  expuesta al riesgo al 30 de junio del año  $t$ ,

Donde  $x = 15, \dots, 49$  y  $t = 1, 2, \dots, n$ . La tasa de fecundidad de la edad  $x$  en el año calendario  $t$  se define como:

$$f_t(x) = \frac{B_t(x)}{E^M_t(x)} \quad (1)$$

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

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

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

---

<sup>7</sup> Para detalles teóricos sobre el cálculo de pronósticos funcionales y su variancia de pronóstico, véase Blaconá y Andreozzi (2014).

Donde  $s_t(x)$  es una función suave subyacente de  $x$ ,  $\varepsilon_{t,x}$  son variables aleatorias gaussianas, independientes e idénticamente distribuidas y  $\sigma_t(x)$  es la varianza de la edad y el tiempo. Es posible implementar el enfoque para años y edades simples, así como 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).

En este enfoque,  $y_t^*$  representa la tasa de fecundidad y se fija el parámetro de la transformación de Box y Cox,  $\lambda = 0$ . Por ello,  $y_t(x)$  es el logaritmo de la fecundidad para el año  $t$  y la edad  $x$ . En el modelo de Lee-Carter, desarrollado para el análisis de la mortalidad, no se realiza ningún tipo de suavizado, por ello  $\sigma_t(x) = 0$ ,  $y_t(x) = s_t(x)$  y  $a\mu(x)$  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 resulta generalmente un paseo aleatorio con pendiente, en esta etapa la selección se realiza automáticamente, empleando el modelo que genera el menor valor del criterio de Akaike.

El método de datos funcionales permite establecer distintas hipótesis para el modelado, mediante la inclusión de condiciones matemáticas. En este artículo, se evaluaron dos tendencias posibles de la fecundidad: una hipótesis que asume un nivel estable a lo largo del tiempo y otra que permite una progresión o crecimiento, siguiendo la tendencia general observada. Si bien el método se basa estrictamente en los datos observados, no se trata de un método blando a la hora de incluir hipótesis teóricas más puntuales, como por ejemplo fijar un set de tasas para un año o años a futuro. Sin embargo, la flexibilidad que posee la metodología permitirá desarrollar estas características en trabajos a futuro.

### 3.2 Población en estudio

Los nacimientos ocurridos en la ciudad se obtienen a partir de los registros de estadísticas vitales de la Ciudad de Rosario, dicha fuente constituye un registro exhaustivo de los nacimientos ocurridos en la ciudad. Se trata de una enumeración completa, a excepción de un porcentaje mínimo de casos que no son registrados conocido como subregistro. Sin embargo, la ciudad de Rosario está posicionada en este aspecto como una de las mejores con relación a la calidad de la Estadísticas Vitales. Por otro lado, la información está disponible públicamente para su análisis y estudio. Se trabaja entonces con base en las series temporales de tasas específicas de fecundidad de la ciudad de Rosario desde 1980 a 2014.

### 3.3. Técnicas de recolección

Los datos base para el modelado y correspondiente análisis constituyen una fuente secundaria de información, es decir, es preexistente a la investigación y no fue desarrollado ningún relevamiento ad-hoc. Luego, la recolección solo se limitó a la construcción de una única base de datos homogeneizada y depurada compuesta por todo el período abarcado. Las tasas se obtienen de los anuarios y los mismos publican la información del Registro de Estadísticas Vitales. En la Argentina el sistema de estadísticas vitales emplea el concepto de nacido vivo recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y es el profesional que certifica el nacimiento el encargado de completar el informe estadístico correspondiente. Finalmente, dicha información se publica junto a datos demográficos en la serie de Anuarios Estadísticos de la Ciudad de Rosario.

### 3.4. Procesamiento y análisis

Para este análisis se cuenta con las series históricas de tasas específicas de fecundidad de la ciudad de Rosario desde 1980 a 2014, con intervalos para los cuales no hay datos disponibles, ya que los correspondientes anuarios no fueron publicados. En la Tabla 1, se presentan los datos observados para los años seleccionados y en la Figura 1 se presentan las series completas para cada grupo etario (15-19, 20-24, 25-29, 30 a 34, 35-39, 40-44 y 45-49). Para evaluar la tendencia de la TGF, es importante tener en cuenta que las tasas están afectadas por los supuestos que se establecen al generar las proyecciones y por la elección de la metodología, con base en la cual se construyen las estimaciones de población intercensal. Con el fin de estabilizar estas diferencias, se promedian los cuatro valores del período 1980-1995 y los cuatro del período 2000-2014. Con esto, se obtienen valores de 2,6 y 2,00 respectivamente, por lo que puede verse una tendencia al descenso en la fecundidad.

**Tabla 1**

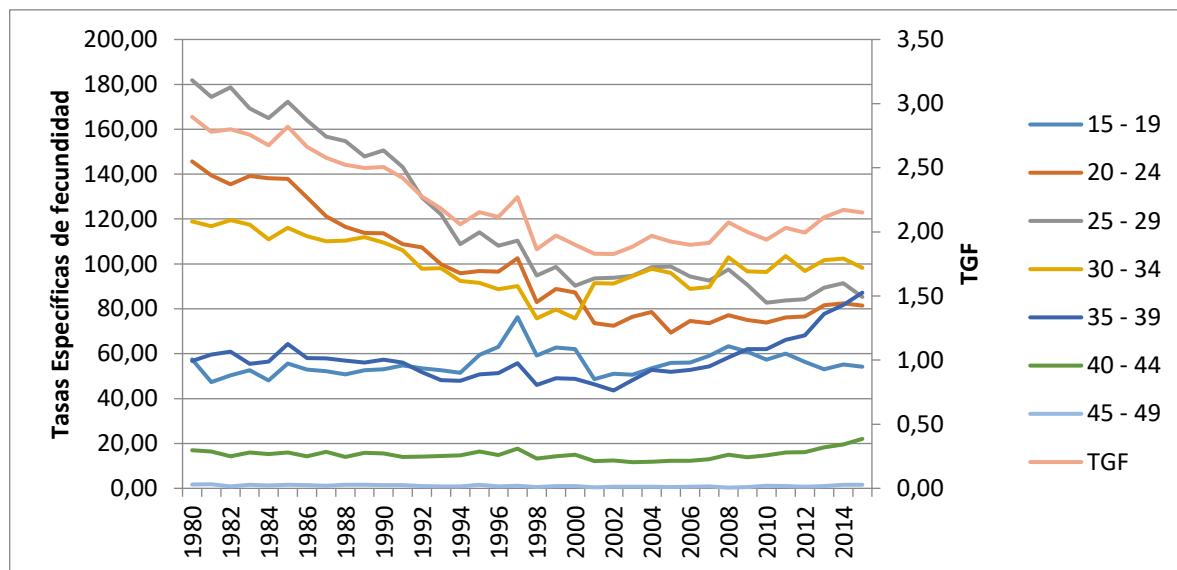
Tasas específicas de fecundidad (por mil mujeres) y tasa global de fecundidad. Rosario 1980-2015

Grupo de Edad	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015
<b>15-19</b>	57,5	55,7	53,0	59,5	62,0	55,9	57,3	54,2
<b>20-24</b>	145,7	137,9	113,6	96,8	87,3	69,4	73,8	81,4
<b>25-29</b>	181,8	172,3	150,6	114,0	90,2	98,8	82,7	85,3
<b>30-34</b>	118,9	116,1	109,5	91,6	75,7	96,0	96,4	98,2
<b>35-39</b>	56,8	64,4	57,3	50,7	48,7	51,9	62,0	87,2
<b>40-44</b>	16,9	15,9	15,5	16,4	15,0	12,3	14,7	22,0
<b>45-49</b>	1,7	1,5	1,5	1,5	1,0	0,6	1,1	1,6
<b>TGF</b>	<b>2,9</b>	<b>2,8</b>	<b>2,5</b>	<b>2,2</b>	<b>1,9</b>	<b>1,9</b>	<b>1,9</b>	<b>2,2</b>

**Fuente:** Elaboración propia, con base en datos de la Dirección General de Estadística de la ciudad de Rosario.

**Figura 1**

Tasas específicas de fecundidad (por mil mujeres) y tasa global de fecundidad (por mil mujeres). Rosario 1980-2015



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de la Dirección General de Estadística de la ciudad de Rosario.

Con el fin de eliminar la variabilidad que distorsiona la interpretación, se grafican las tasas específicas por edad de Rosario y Argentina, para años seleccionados y se las conecta mediante líneas suavizadas, a través de una técnica de regresión local ponderada. Por otro lado, se seleccionan los años terminados en 0 y en 5.

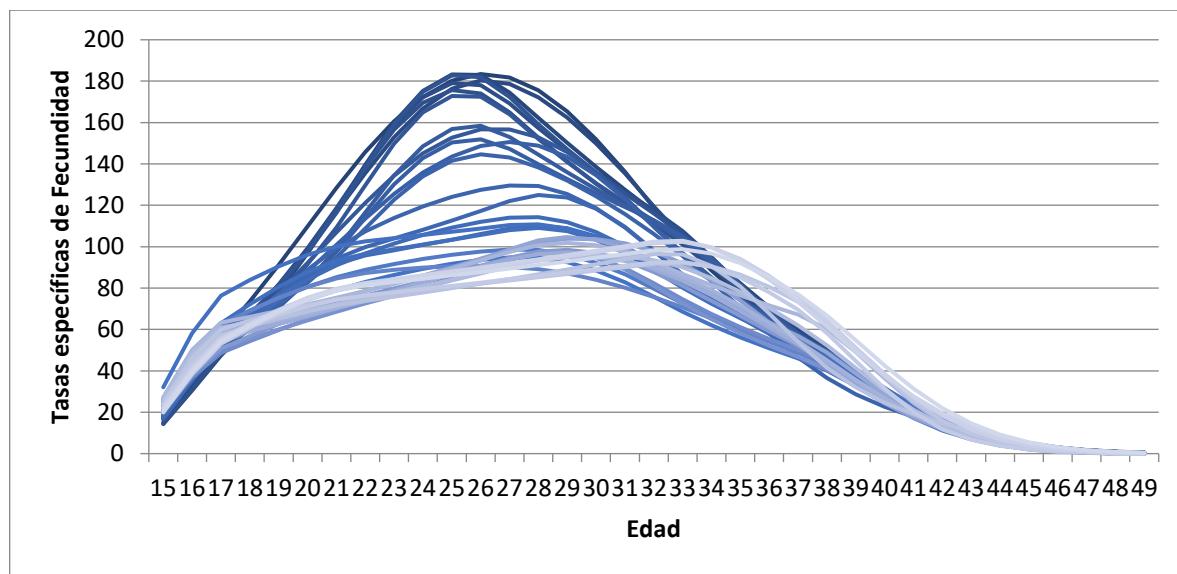
Dado que se trabaja con proyecciones de población para la construcción de las tasas, se decide no emplear más de cinco años luego del último censo disponible, es decir, del Censo Nacional de Población, Hogares y Vivienda Argentina 2010. (Figura 2 y Figura 3, Rosario y Argentina, respectivamente). Tanto en el país como en la ciudad los tres grupos de edades que presentan mayor fecundidad son 25-29, 20-24 y 30-34, en ese orden, desde 1980 hasta el año 2000; sin embargo, los niveles difieren. Para el primer grupo, Rosario presenta niveles de 180 hijos/as cada mil mujeres alrededor del año 1980 y luego una caída marcada hasta alcanzar el 50 % de dicho valor en el año 2000. Argentina, por otro lado, comienza con niveles similares para el mismo grupo etario, pero luego desciende de forma más leve hasta un nivel de 130 hijas/os por cada mil mujeres. Otra de las diferencias más notorias se detecta desde 1980 al 2000 para el grupo de mujeres de 20-24 años, que pasa de 145 a 90 hijos/as por cada mil mujeres en Rosario y 175 a 120 hijas/os cada 1000 mujeres para Argentina.

A partir del año 2000, se observan cambios sustanciales en Rosario, ya que el grupo con la mayor tasa pasa a ser 30-34 años. Por su parte, los grupos de 35-39 y 20-24 años se ubican de manera

conjunta en el mismo nivel (82 hijos/as por cada 1000 mujeres) al final del período en estudio, el año 2015.

Con la finalidad de evaluar el comportamiento de la cúspide de la fecundidad a lo largo del período, se construye la Figura 2. Además de comparar las cúspides, es posible comparar estructuras, evaluando la contribución a la fecundidad de cada grupo de edad para Argentina, CABA y Rosario. La clasificación de las cúspides<sup>8</sup> en tempranas o tardías obedece al grupo de edad que tiene la fecundidad más alta.

**Figura 2**  
 Suavizado de las Tasas específicas de fecundidad. Rosario, 1980-2015



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de la Dirección General de Estadística de la ciudad de Rosario.

Claramente, la fecundidad en Rosario presenta una cúspide tardía al inicio del período en estudio, para luego ir consolidando una cúspide dilatada entre los 25 y los 39 años. Para el año 1990, el peso relativo de la fecundidad se encuentra en el grupo 25-29 en los tres casos (Tabla 2). Sin embargo, las tres situaciones son distintas, Rosario presenta un comportamiento marcadamente unimodal, mientras que en CABA le sigue al primer grupo el de 30-34 y en Argentina lo hace el de 20-24 años.

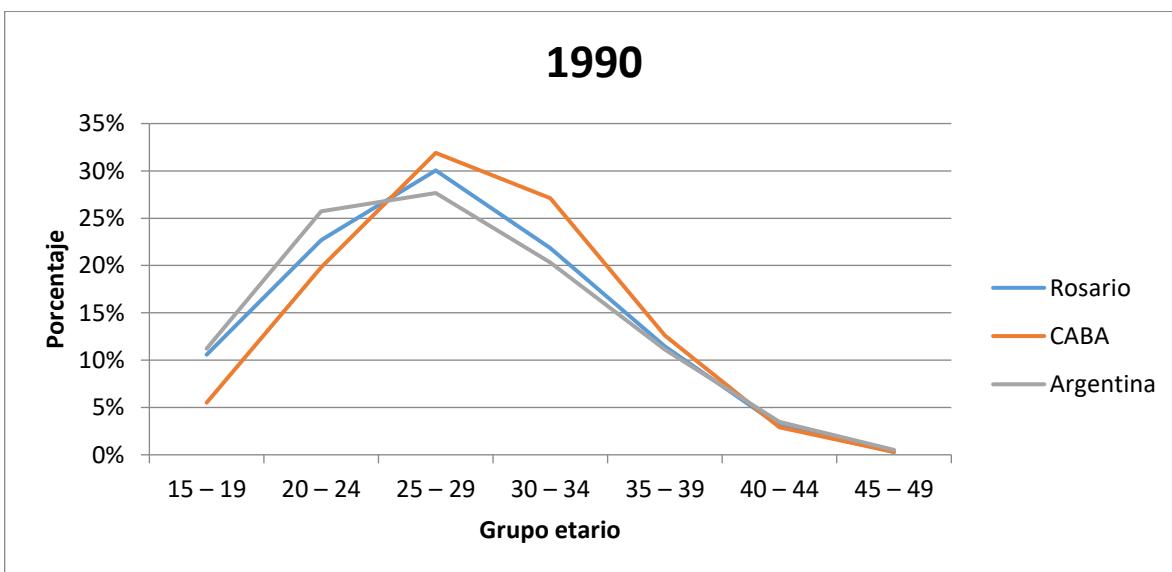
<sup>8</sup> Se llama cúspide temprana a aquella que concentra el mayor porcentaje de la fecundidad en el grupo 20-24 años y tardía cuando esto ocurre en el grupo 25-29 años, mientras que cuando la fecundidad máxima se observa en más de un grupo de edad con porcentajes similares se la denomina cúspide dilatada.

**Tabla 2**  
Estructura de la fecundidad, Rosario, CABA y Argentina (1990)

Grupo de Edad	Rosario	CABA	Argentina
<b>15-19</b>	10,6 %	5,5 %	11,2 %
<b>20-24</b>	22,7 %	19,8 %	25,7 %
<b>25-29</b>	30,1 %	31,9 %	27,7 %
<b>30-34</b>	21,9 %	27,1 %	20,3 %
<b>35-39</b>	11,4 %	12,6 %	11,1 %
<b>40-44</b>	3,1 %	2,9 %	3,5 %
<b>45-49</b>	0,3 %	0,3 %	0,5 %

Fuente: Elaboración propia, con base en datos de la Dirección General de Estadística de la ciudad de Rosario.

**Figura 3**  
Estructura de la fecundidad, Rosario, CABA y Argentina (1990)



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de la Dirección General de Estadística de la ciudad de Rosario, Dirección General de Estadística y Censos GCBA e INDEC.

En el año 2000, el peso se distribuye de un modo más equitativo entre los grupos etarios. Sin embargo, CABA presenta una cúspide dilatada (25-34), marcando un corrimiento hacia edades más avanzadas, en relación con el comportamiento del total del país. Este presenta una cúspide dilatada entre los 20 y 29 años (Figura 4), comportamiento similar al que presenta la ciudad de Rosario.

**Tabla 3**

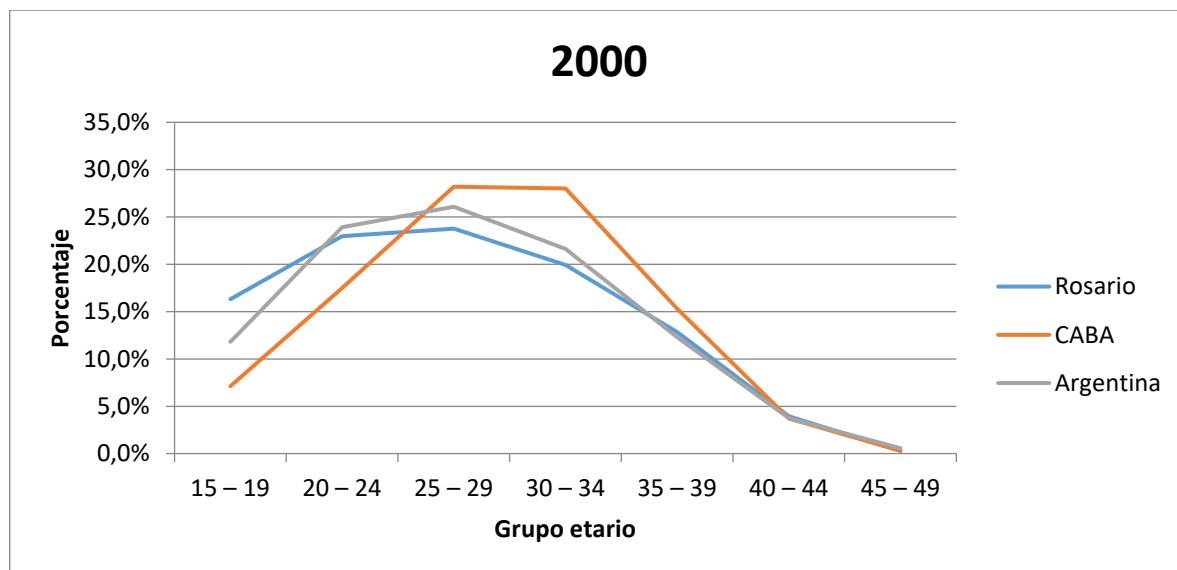
Estructura de la fecundidad, Rosario, CABA y Argentina (2000)

Grupo de Edad	Rosario	CABA	Argentina
<b>15-19</b>	16,3 %	7,1 %	11,8 %
<b>20-24</b>	23,0 %	17,5 %	23,9 %
<b>25-29</b>	23,8 %	28,2 %	26,1 %
<b>30-34</b>	19,9 %	28,0 %	21,6 %
<b>35-39</b>	12,8 %	15,3 %	12,3 %
<b>40-44</b>	3,9 %	3,7 %	3,7 %
<b>45-49</b>	0,3 %	0,3 %	0,6 %

Fuente: Elaboración propia, con base en datos de la Dirección General de Estadística de la ciudad de Rosario, Dirección General de Estadística y Censos GCBA e INDEC.

**Figura 4**

Estructura de la fecundidad, Rosario, CABA y Argentina (2000)



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de la Dirección General de Estadística de la ciudad de Rosario, Dirección General de Estadística y Censos GCBA e INDEC.

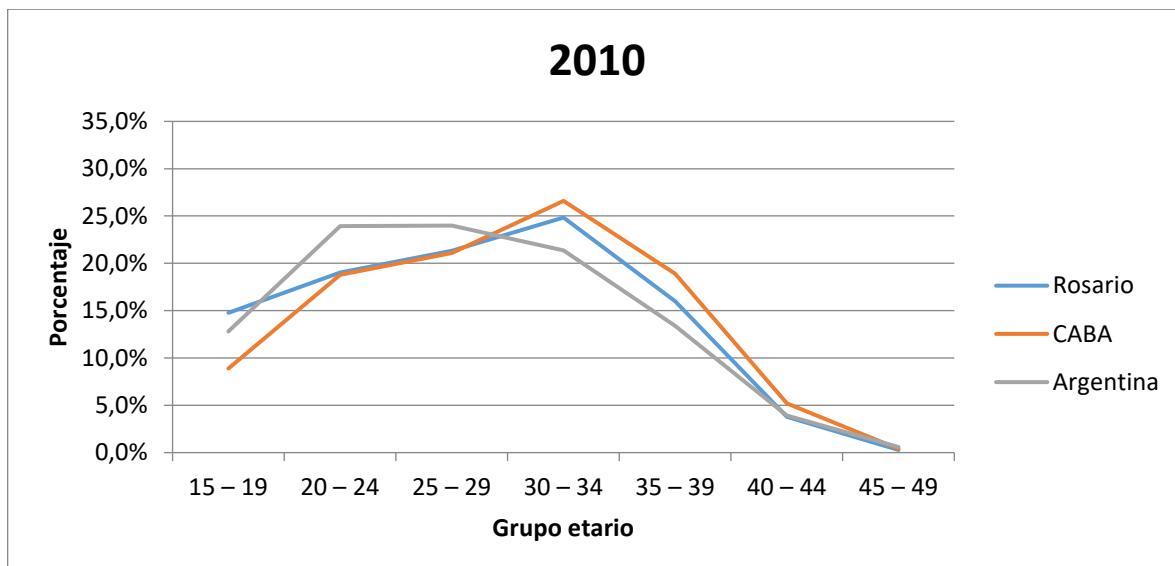
Finalmente, para el año 2010 (Ver Tabla 4 y Figura 5), Rosario y CABA presentan perfiles similares de cúspides tardías; mientras que Argentina presenta una cúspide dilatada, manteniendo mayor peso relativo de la fecundidad en edades más jóvenes.

**Tabla 4**  
Estructura de la fecundidad Rosario, CABA y Argentina (2010)

Grupo de Edad	Rosario	CABA	Argentina
<b>15-19</b>	14,8 %	8,9 %	12,8 %
<b>20-24</b>	19,0 %	18,8 %	23,9 %
<b>25-29</b>	21,3 %	21,1 %	24,0 %
<b>30-34</b>	24,8 %	26,6 %	21,4 %
<b>35-39</b>	16,0 %	18,9 %	13,4 %
<b>40-44</b>	3,8 %	5,2 %	3,9 %
<b>45-49</b>	0,3 %	0,4 %	0,6 %

Fuente: Elaboración propia, con base en datos de la Dirección General de Estadística de la ciudad de Rosario, Dirección General de Estadística y Censos GCBA e INDEC.

**Figura 5**  
Estructura de la fecundidad Rosario, CABA y Argentina (2010)



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de la Dirección General de Estadística de la ciudad de Rosario, Dirección General de Estadística y Censos GCBA e INDEC.

Una posible hipótesis para este comportamiento es que el proceso paulatino de corrimiento en la fecundidad que se viene dando en CABA, se dio en Rosario de un modo más concentrado temporalmente.

## 4. Resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos (Tasas Específicas y Tasa global de Fecundidad) para los años 2020, 2025 y 2030.

Dado que la metodología produce resultados suavizados, es posible presentar las curvas pronosticadas para todas las edades en el período elegido. En la figura 6, de un tono más oscuro hacia uno más claro, se percibe la evolución a través del tiempo del patrón etario de la fecundidad. De una curva con una cúspide entre los 30-34 años en torno a los 90 hijos/as cada mil mujeres, se va evolucionando a un patrón bimodal con un marcado descenso del grupo de 25 a 29 años.

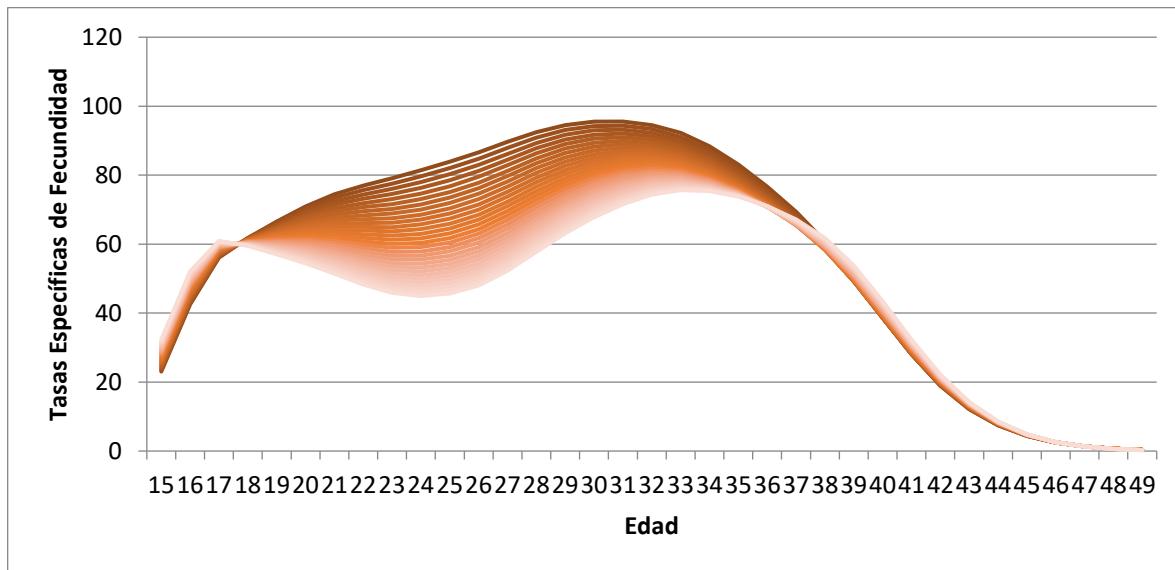
**Tabla 5**

Tasas específicas de fecundidad y tasa global de fecundidad pronosticadas. Rosario 2020, 2025 y 2030

Grupo de Edad	2020	2025	2030
<b>15-19</b>	50,41	50,84	51,23
<b>20-24</b>	71,67	66,08	61,01
<b>25-29</b>	82,90	75,52	68,88
<b>30-34</b>	88,94	84,67	81,11
<b>35-39</b>	65,73	64,49	64,21
<b>40-44</b>	21,26	21,66	22,21
<b>45-49</b>	1,88	1,90	1,91
<b>TGF</b>	<b>1,91</b>	<b>1,83</b>	<b>1,75</b>

**Fuente:** Elaboración propia, con base en datos de la Dirección General de Estadística de la ciudad de Rosario.

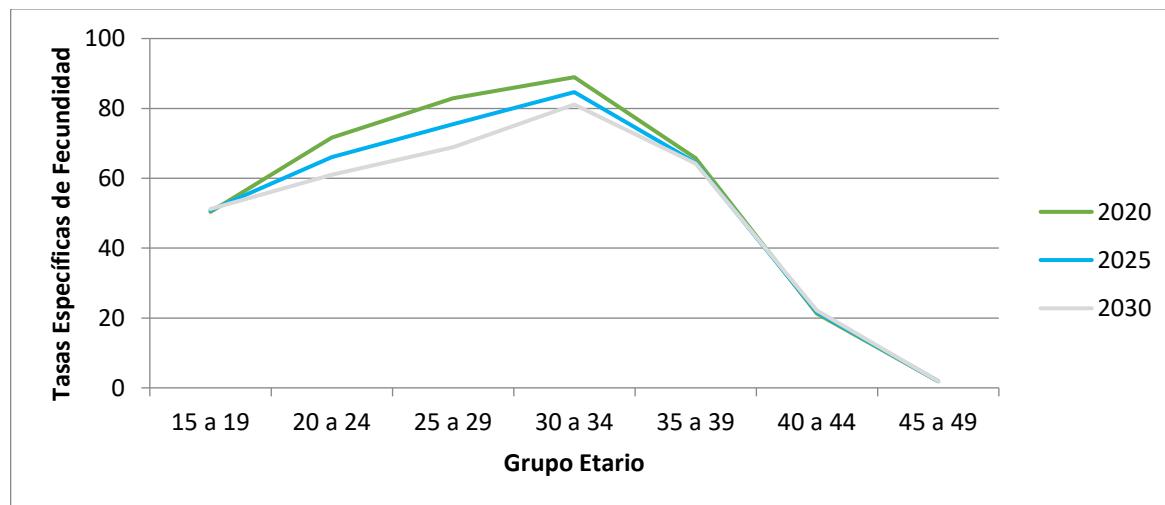
**Figura 6**  
 Tasas específicas de fecundidad pronosticadas. Rosario 2015-2030



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de la Dirección General de Estadística de la ciudad de Rosario.

A fin de contextualizar las proyecciones, se grafican las tasas seleccionadas (2020, 2025 y 2030) presentadas en la tabla 5 y se las compara con las pertenecientes a Argentina (Sacco y Andreozzi, 2017). Al comparar la Figura 7 y Figura 8, puede verse la inferioridad de las tasas para Rosario en el nivel general de la fecundidad, además de un perfil distinto, una cúspide dilatada para el país y una cúspide tardía en Rosario entre 30 y 34 años.

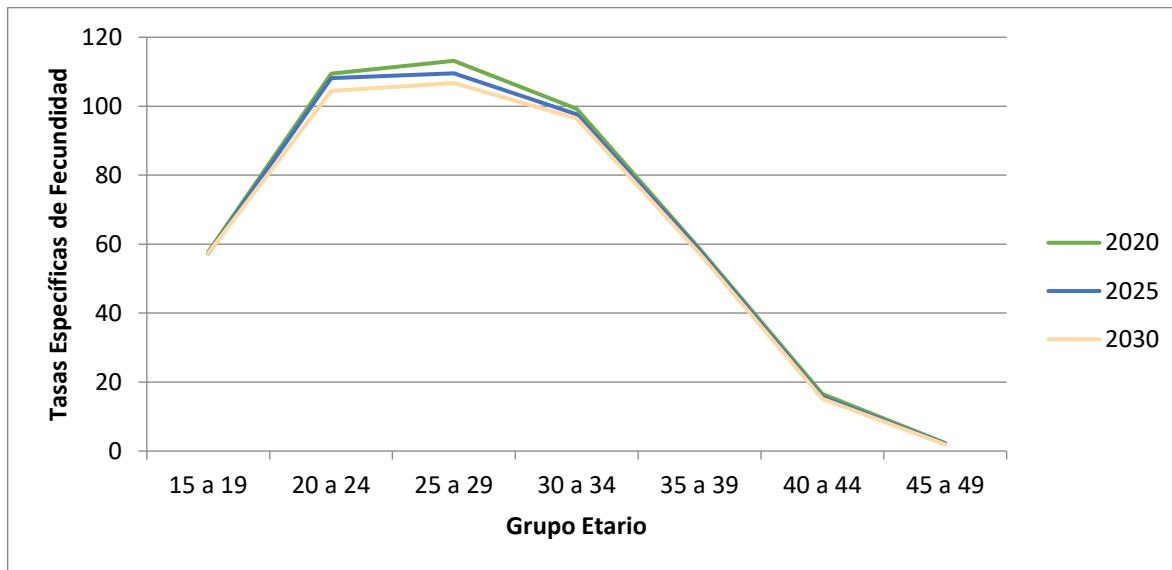
**Figura 7**  
 Tasas específicas de fecundidad pronosticadas. Rosario, 2020, 2025 y 2030.



Fuente: Elaboración propia, con base en de la Dirección General de Estadística de la ciudad de Rosario.

**Figura 8**

Tasas específicas de fecundidad pronosticadas. Argentina, 2020, 2025 y 2030



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de Sacco y Andreozzi (2017).

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para la retroproyección de las tasas de fecundidad específicas por edad. En la Tabla 6, se presentan los años seleccionados por grupos de edad, mientras que la Figura 9 representa las tasas suavizadas, para todas las edades, retroproyectadas para el período completo 1965-1980. De la figura se desprende que no hay un cambio en el perfil, sino un pronunciamiento de la cúspide, donde los grupos 20 a 24 y 25 a 29 reflejan los mayores "aumentos" si se considera el sentido de la retroproyección, o disminución si se toma el tiempo cronológico. Los descensos pueden estimarse a partir de la tabla en alrededor de 30 nacimientos cada mil mujeres entre 1965 y 1975.

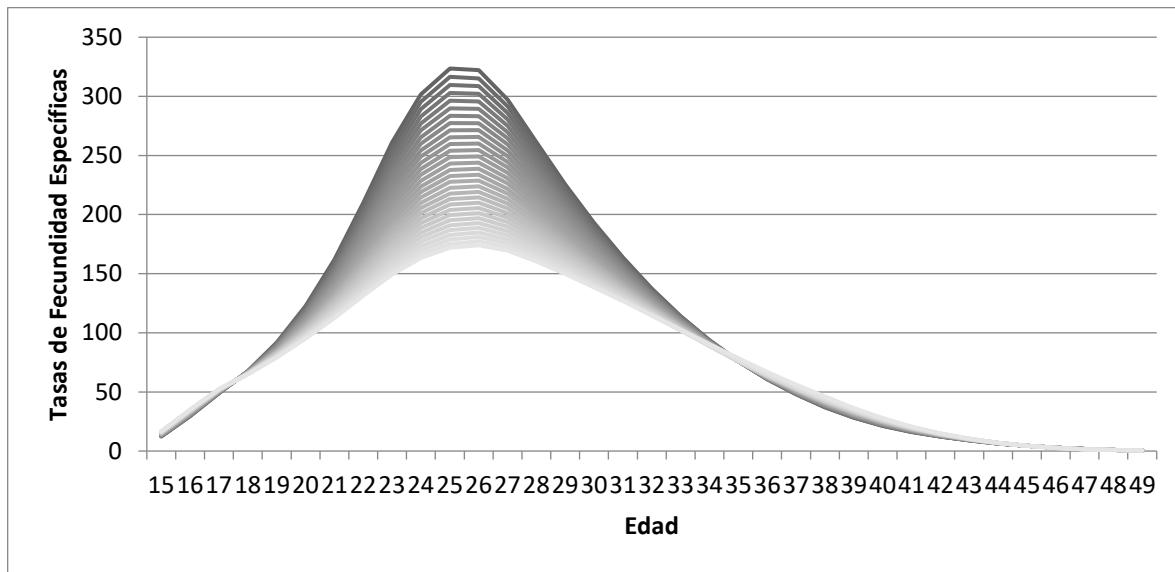
**Tabla 6**

Tasas específicas de fecundidad y tasa global de fecundidad retroproyectadas. Rosario 1965, 1970 y 1975

Grupo de Edad	1965	1970	1975
<b>15-19</b>	68,34	67,22	66,15
<b>20-24</b>	188,97	171,87	156,42
<b>25-29</b>	200,47	183,99	168,97
<b>30-34</b>	107,97	105,19	102,71
<b>35-39</b>	41,97	43,01	44,25
<b>40-44</b>	10,52	10,84	11,17
<b>45-49</b>	1,44	1,42	1,40
<b>TGF</b>	<b>3,10</b>	<b>2,76</b>	<b>2,73</b>

Fuente: Elaboración propia, con base en datos de la Dirección General de Estadística de la ciudad de Rosario.

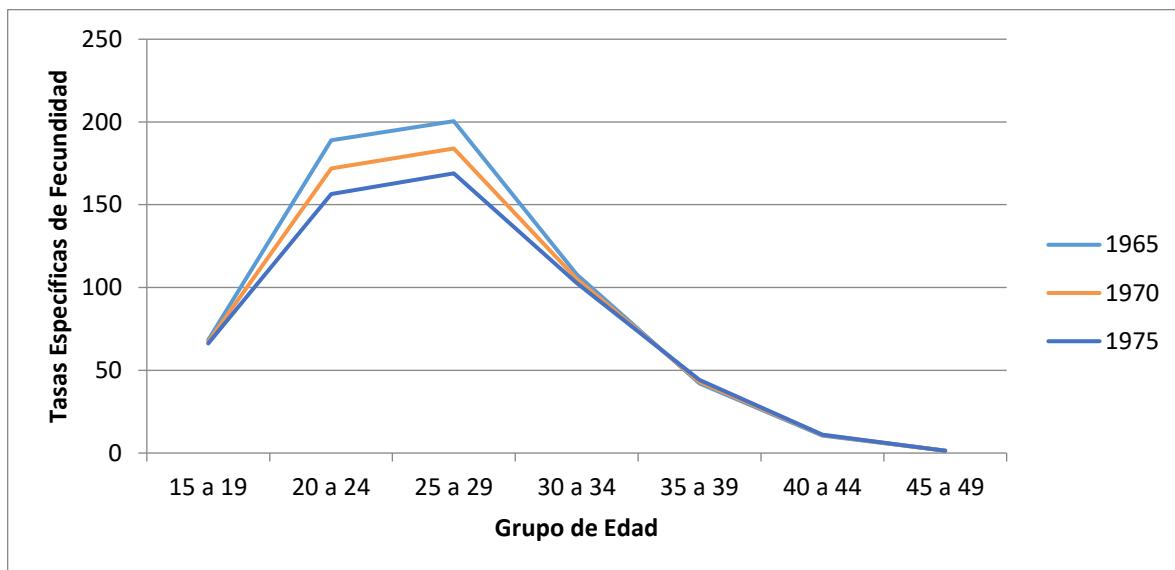
**Figura 9**  
 Tasas específicas de fecundidad retroproyectadas. Rosario 1965-1980



**Fuente:** Elaboración propia, con base en datos de la Dirección General de Estadística de la ciudad de Rosario.

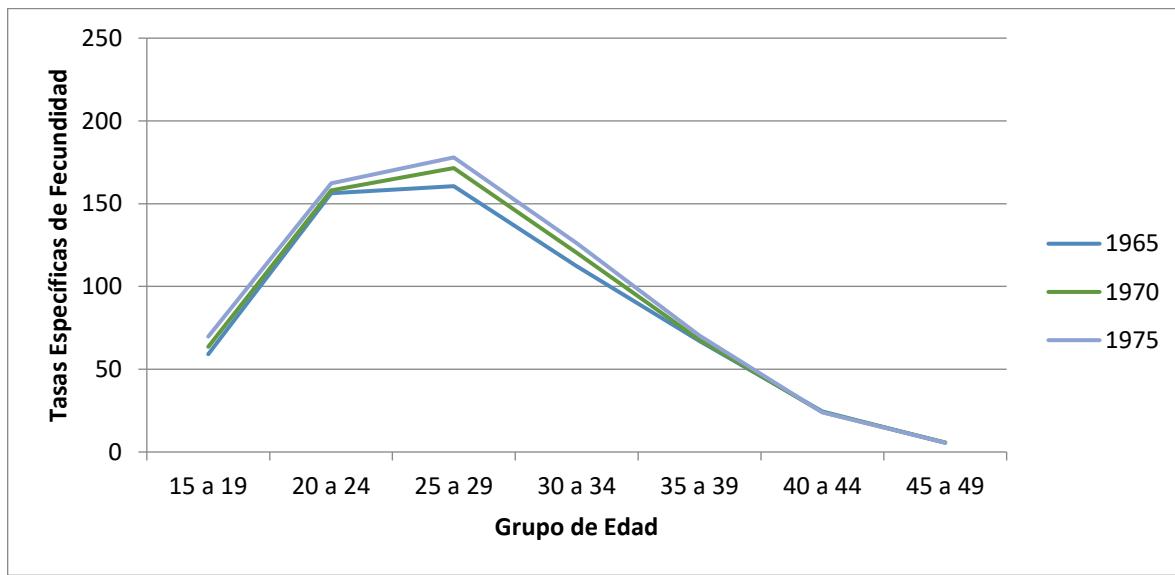
De igual modo que con las proyecciones, se realiza la comparación con base en los resultados presentados por Sacco y Andreozzi (2017). De la comparación se desprende que Rosario presentaría un descenso más pronunciado, ya que iniciaría el período con un valor máximo de las tasas específicas de 200 nacimientos cada 1000 mujeres; mientras que Argentina lo haría con un valor de 126 nacimientos por cada 1000 mujeres, como máximo (Figura 10). Claramente, los datos de Argentina resumen la experiencia de fecundidad del país entero, ocultando la diversidad de tendencias tras un comportamiento promedio (Figura 11).

**Figura 10**  
Tasas específicas de fecundidad retroproyectadas. Rosario, 1965, 1970 y 1975



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de la Dirección General de Estadística de la ciudad de Rosario.

**Figura 11**  
Tasas específicas de fecundidad retroproyectadas. Argentina, 1965, 1970 y 1975



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de Sacco y Andreozzi (2017).

Finalmente, se presenta una Tabla 7 con las proyecciones para el período en que ya están disponibles los datos, a fin de estimar una medida de bondad de pronóstico para los resultados obtenidos. Se emplea entonces el error medio absoluto porcentual (MAPE, por su sigla en inglés), con relación a las tasas específicas de fecundidad. Para el año 2016, dicha medida resulta del 6 %, esto se puede interpretar tomando en cuenta que un MAPE cercano al 5 % es sinónimo de un pronóstico de alta

calidad. Para el año 2017, la misma se duplica alcanzando un valor del 12 %, lo que indica que rápidamente al aumentar el horizonte de pronóstico el valor obtenido pierde precisión. En el caso de la TGF, esta presenta un MAPE del 4 % en ambos períodos evaluados.

**Tabla 7**  
Datos Observados y pronósticos

Grupo de edad	Año					
	Observados			Pronosticados		
	2016	2017	2018	2016	2017	2018
15-19	46,6	38,6	-	50,01	50,12	50,22
20-24	82,0	68,9	-	76,57	75,31	74,07
25-29	85,5	79,5	-	89,43	87,74	86,09
30-34	95,3	86,7	-	93,25	92,07	90,96
35-39	85,5	80,1	-	68,00	67,29	66,68
40-44	21,1	24,5	-	21,11	21,13	21,16
45-49	1,8	1,9	-	1,84	1,85	1,86
<b>TGF</b>	<b>2,09</b>	<b>1,9</b>	-	<b>2,00</b>	<b>1,98</b>	<b>1,96</b>

Fuente: Elaboración propia, con base en datos de la Dirección General de Estadística de la ciudad de Rosario.

## 5. Conclusiones

Los resultados indican que Rosario tuvo, tiene y seguirá teniendo un cambio en los patrones de fecundidad más rápido y marcado que el promedio nacional. Si bien este hecho es esperable en un contexto signado por los avances en la salud pública, que permiten acceder a más y mejor atención en salud reproductiva, la metodología aquí empleada se basa únicamente en la extrapolación de las tendencias, por ello la retroproyección debe ser analizada cuidadosamente.

En otras palabras, la tendencia en la caída de la fecundidad observada en el período de estudio "se extraepta" en años previos. Sin embargo, este fenómeno se da en un contexto sociohistórico diferente, donde la salud pública no había comenzado el auge que la caracterizó. Por ello, es probable que el descenso en las retroproyecciones, en el sentido cronológico, esté sobreestimado marcando la importancia de la inclusión de supuestos por parte de los demógrafos en el desarrollo de estimaciones, proyecciones y retroproyecciones.

Es inevitable que las proyecciones contengan incertidumbre y, si bien la situación demográfica actual es conocida, las tendencias en los nacimientos, muertes y migraciones están sujetas a cambios impredecibles. Así, los errores cometidos en la elaboración de proyecciones varían, de acuerdo con el horizonte de pronóstico, el nivel de desarrollo del país y su tamaño. Mientras que las tendencias generales en la mortalidad, la fecundidad y la migración pueden discernirse y proyectarse para el

futuro con una “confianza” (en el uso no estadístico de la palabra) razonable. Una sustancial incertidumbre se haya asociada a la tendencia particular de un país o región.

Si bien estos modelos presentan como una ventaja la cuantificación de la incertidumbre asociada a un pronóstico, los resultados desagregados, como las tasas específicas, presentan una tendencia a ampliar el error de pronóstico con el simple aumento de un año en el horizonte de pronóstico, mientras que no sucede lo mismo al evaluar la TGF. Los modelos probabilísticos, por lo general, ofrecen una amplia gama de resultados, medidas desagregadas como las tasas específicas o medidas resumen como la TGF, tasas de mortalidad y esperanza de vida, en los casos que se emplean para modelar la mortalidad. Sin embargo, es necesario evaluar la precisión de las medidas desagregadas versus las resumidas, para no caer en la tentación de ganar en cantidad de resultados, pero no en la precisión de estos.

## 6. Referencias

- Andreozzi, L. y Blaconá, M.T. (2014). *Análisis de la mortalidad por edad y sexo mediante modelos para datos funcionales*. Santiago de Chile. Instituto Interamericano de Estadística: *Revista Estadística*, 66, 65-89.
- Añaños, M. C. (1993). *Composición social y comportamientos de unión en madres adolescentes. Rosario, 1980-1991*. Buenos Aires, Argentina: Centro de Estudios de Estado y Sociedad/ Centro de Estudios de Población (CEDES/CENEP)
- Bongaarts, J. (2015). *Global Fertility and Population Trends*. New York: *Seminars in Reproductive Medicine*, 33(1), 5-10.
- Bongaarts, J. y Bulatao, R. A. (2000). *Beyond Six Billion: Forecasting the World's Population*. Panel on Population Projections, Committee on Population, National Research Council. Washington, DC: The National Academies Press.
- Booth, H., Hyndman, R., Tickle, L., y de Jong, P. (2006). *Lee-Carter mortality forecasting: a multi-country comparison of variants and extensions*. *Demographic Research*, 15(9), 289–310.

Brouhns, N., Denuit, M., y Vermunt, J.K. (2002). A Poisson log-bilinear regression approach to the construction of projected lifetables. *Insurance: Mathematics and Economics*, 31(3), 373–393.

Cavallini, C. (1996). *Regulación de la Fecundidad: Estimación de Características Sensibles en la Población Femenina de la Ciudad de Rosario*. Rosario, Argentina: Fondo de Población de las Naciones Unidas (UNFPA) y Escuela de Estadística, de la Facultad de Ciencias Económicas y Estadística de la Universidad Nacional de Rosario.

García Guerrero, V. M. y Ordóñez Mellado, M. (2012). *Proyección estocástica de la mortalidad mexicana por medio del método de Lee-Carter*. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 27(2), 409-448. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=31226408004>.

Guerrero Guzmán, V. M. y González Pérez, C. (2007). *Pronósticos estadísticos de mortalidad y su impacto sobre el sistema de pensiones de México*. Recuperado de [http://estadistica.itam.mx/sites/default/files/u486/178-174gonzalez\\_guerrero.pdf](http://estadistica.itam.mx/sites/default/files/u486/178-174gonzalez_guerrero.pdf)

Hyndman, R. y Booth, H. (2007). Stochastic population forecasts using functional data models for mortality, fertility and migration. *International Journal of Forecasting*, 24(3), 323-342. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2008.02.009>.

Hyndman, R. y Ullah, M. (2007). Robust forecasting of mortality and fertility rates: A functional data approach. *Computational Statistics and Data Analysis*, 51(10), 4942– 4956. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.csda.2006.07.028>.

Jong, P. D. y Tickle, L. (2006). Extending Lee-Carter mortality forecasting. *Mathematical Population Studies*, 13(1), 1–18.

Lee, R. y Carter, L. (1992). Modeling and Forecasting U. S. Mortality. *Journal of the American Statistical Association*, 87, 659–671.

Lee, R. y Miller, T. (2001). Evaluating the performance of the Lee-Carter Method for Forecasting Mortality. *Demography*, 38, 537–549.

Lee, R. D. y R. Rofman. (1994). Modelación y Proyección de la Mortalidad en Chile. *Notas de Población*, 22(59), 183-213.

Lee, R. y Tuljapurkar, S. (1994). Stochastic population forecasts for the United States: Beyond high, medium, and low. *Journal of the American Statistical Association*, 89, 1175–1189.

Pantelides, E. A. (1982). *Las mujeres de alta fecundidad en la Argentina: pasado y futuro*. Buenos Aires, Argentina: CENEP

Pantelides, E. A. (1989). *La fecundidad argentina desde mediados del siglo XX*. Buenos Aires, Argentina: CENEP. DOI: <https://doi.org/10.13140/2.1.1761.2488>.

Pantelides, E. A. (2006). *La transición de la fecundidad en la Argentina 1869-1947*. Buenos Aires, Argenitna: CENEP.

Pantelides, E. y Rofman, A. (1983). *La transición demográfica argentina: Un modelo no ortodoxo*. Desarrollo Económico, 22(88), 511-534. Recuperado de <https://doi.org/10.2307/3466332>.

Renshaw, A., & Haberman, S. (2003). Lee-Carter Mortality Forecasting: A Parallel Generalized Linear Modelling Approach for England and Wales Mortality Projections. *Journal of the Royal Statistical Society. Series C (Applied Statistics)*, 52(1), 119-137. Recuperado de <http://www.jstor.org/stable/3592636>.

Sacco, N. y Andreozzi, L. (2017). Proyecciones y retroproyecciones probabilísticas de las tasas de fecundidad por edad (1895-2040). *Revista Latinoamericana de Población*, 11(20), 79-104. DOI: <https://doi.org/10.31406/relap2017.v11.i1.n20.4>.

# Población y en Mesoamérica

¿Quiere publicar en la revista?  
Ingrrese [aquí](#)

O escríbanos:  
[revista@ccp.ucr.ac.c](mailto:revista@ccp.ucr.ac.c)



Población y Salud en Mesoamérica (PSM) es la revista electrónica que cambió el paradigma en el área de las publicaciones científicas electrónicas de la UCR. Logros tales como haber sido la primera en obtener sello editorial como revista electrónica la posicionan como una de las más visionarias.

**Revista PSM es la letra delta mayúscula, el cambio y el futuro.**

Indexada en los catálogos más prestigiosos. Para conocer la lista completa de índices, ingrese [aquí](#).



 Revista Población y Salud en Mesoamérica -

Centro Centroamericano de Población  
Universidad de Costa Rica

