



**Alsina, Sara M.**

**Wibly, Adrián**

**Zerdá, Paula**

**Gómez, Anabel**

*Instituto de Investigaciones Teóricas y Aplicadas de la Escuela de Estadística– Facultad de Ciencias Económicas y Estadística – Universidad Nacional de Rosario.*

## **FORMULACIÓN DE SUPUESTOS PARA SUSTENTAR LA PRECISIÓN DE UNA PROYECCIÓN PROBABILÍSTICA. EXPLORACIÓN PARA EL CASO DE LA PROVINCIA DE SANTA FE.**

### **Introducción**

El análisis de continuas propuestas y aplicaciones para la realización de proyecciones de población con propósitos tanto teóricos como analíticos, permite observar que la optimización de los métodos se relaciona preponderantemente con su poder de incorporación de las características de la población y de la realidad en la que está inmersa, con su aptitud de síntesis del comportamiento de las mismas en los supuestos para los indicadores seleccionados y con su capacidad predictiva.

Es por ello que resulta fundamental la evaluación rigurosa de la población con la que se trabajará a través de todas las variables correspondientes a los fenómenos que participan en el proceso de la dinámica poblacional, la variabilidad con la que sus valores se han ido presentando y sus tendencias esperadas para el futuro. El cumplimiento de los supuestos de comportamiento realizados en base al conocimiento de la población analizada resulta un elemento fundamental en la precisión de sus proyecciones.

El objetivo de este trabajo es la observación, mediante la búsqueda, elaboración y análisis de información, de los indicadores demográficos relativos a mortalidad, fecundidad y migración de la provincia de Santa Fe, para la formulación de supuestos de comportamiento que permitan acotar los errores asociados a las estimaciones de indicadores de tamaño, estructura y crecimiento, en el posterior desarrollo de una proyección probabilística de su población.

### **Proyección de población. Incertidumbre.**

El futuro demográfico de toda población es incierto; debido a ello, para la precisión de su proyección resulta fundamental el conocimiento de la población y la formulación y cumplimiento de supuestos de comportamiento realizados en base a esa exploración.

La utilización eficiente de los modelos teóricos para proyecciones (con continuas y superadoras propuestas) requieren en primer lugar la identificación y predicción con precisión de los determinantes de los cambios, paso que resulta un gran desafío.

Se enumeran como fuentes de error en la proyecciones de población al error de los datos (que afectan al establecimiento de la población base y a la medición y tendencia de las variables demográficas), a la aleatoriedad de los hechos vitales (de mayor peso en poblaciones pequeñas), y a la incertidumbre del comportamiento futuro de las variables demo-

gráficas.

La incertidumbre relativa al futuro de una población puede ser incorporada en sus proyecciones asociando intervalos de predicción a los resultados de las variables poblacionales de interés.

Las proyecciones determinísticas en general establecen un rango de resultados por medio de escenarios de comportamientos máximos y mínimos basados en rango de valores de las predicciones de los indicadores de fecundidad, mortalidad y migración. En las proyecciones realísticas, cuando se comparan las predicciones con resultados de sucesivos relevamientos (o cuando se contrastan con datos reales que se van obteniendo a través del tiempo) se van observando sub o sobre estimaciones, errores, que se van corrigiendo para futuras estimaciones.

Los enfoques estocásticos para proyecciones de población asocian un elemento de probabilidad al rango de posibles resultados, suponiendo una distribución probabilística para los indicadores proyectados. Sus resultados adoptan un formato de archivos de datos y de programas de computación, que permiten ser actualizados de manera tal de poder extraer la distribución predictiva según los supuestos elegidos.

Cabe destacar que se utiliza el término “proyección” de población para la estimación de su estructura por edad (pudiéndose incluir cualquier otra/s variable/s diferencial/es determinantes de subpoblaciones como sexo, raza, etc.) y de todos los indicadores asociados a ella que resulten de interés.

Dicho proceso comprende la estimación de las componentes demográficas productoras de los cambios poblacionales (input) en su nivel y estructura, que puede ser realizada mediante la aplicación de innumerables modelos determinísticos o probabilísticos (con sus supuestos explícitos o implícitos): métodos extrapolativos, predictivos, estructurales, de descomposición, simulación, sin y con covariables: ajustes matemáticos y probabilísticos, series de tiempo, cadenas de Markov, modelos relacionales, método Lee-Carter y derivaciones, métodos enmarcados en modelos lineales generalizados, en componentes principales, modelos estructurales, modelos funcionales, de espacio estado, por desagregación (por causas de mortalidad, etc.), etc..

Para el desarrollo de una proyección habitualmente se utiliza el método de componentes (MC), que permite el seguimiento de cohortes por edad en el tiempo afectadas por las variables demográficas, cuyo comportamiento es descripto y estimado por medio de la utilización de dichos modelos determinísticos o probabilísticas para el nivel y estructura de la fecundidad, mortalidad y migración.

En proyecciones determinísticas desagregadas el MC permite obtener un pronóstico o conjunto de ellos a partir de distintos escenarios para cada período de la proyección.

En proyecciones probabilísticas permite la creación de escenarios estocásticos para cada paso (período) de la proyección mediante su aplicación reiterada, a partir de combinaciones de valores de las variables input extraídos aleatoriamente de sus distribuciones predictivas.

### **Proyección probabilística**

En una proyección probabilística la incorporación de la incertidumbre futura sobre la población y sus indicadores, se apoya en la asociación de variabilidad a la estimación de las variables de mortalidad, fecundidad y migración, para la formulación de supuestos, restricciones a los modelos y derivación de distribuciones predictivas. “Una distribución predictiva de una tasa futura de hechos vitales puede ser definida como la distribución condicional dado

todo lo que hemos observado en el pasado” (Alho et al., 2005).

La secuencia simplificada de una proyección probabilística permite visualizar la importancia e inserción de los resultados de la exploración de datos en las etapas de su desarrollo.

- Obtención, monitoreo y corrección de información para la elección de población base, construcción de indicadores demográficos, observación de su comportamiento y formulación de hipótesis de comportamiento futuro.
- Estimación en el tiempo (o para cada momento de estimación) de cada variable de fecundidad, mortalidad, migración (nivel y estructura, o indicadores que los relacionen) con sus intervalos de predicción.
- Consideración crítica comparativa de los resultados de dichas estimaciones (y sus intervalos) para adopción de rangos de valores, distribuciones predictivas y cotas de variación entre momentos de cada variable input participante analizada y de sus interrelaciones.
- Aplicación del método de componentes para proyectar la población por cohortes de edad para cada período propuesto, en forma iterativa con valores de los indicadores elegidos en cada iteración a partir de sus distribuciones predictivas y rangos adoptados, para cada uno de los momentos de proyección.
- Obtención en cada momento de proyección de tantas poblaciones como iteraciones. Elección de indicador/es de interés de la población para construcción de su/s distribución/es de probabilidad para cada momento de proyección.
- Elección de medida/s estadística/s de la distribución de la variable elegida en cada momento de proyección y análisis de su comportamiento a través del tiempo y de su intervalo de predicción.

El futuro de una población es incierto, pero a través de su análisis se puede ir observando que algunos resultados son más probables que otros. Por ello la predicción de indicadores de una población debe incluir dos elementos: un rango de posibles resultados y una probabilidad correspondiente a ese rango. Esos dos elementos juntos constituirán los intervalos de predicción para el indicador (Kielman et al., 2002).

Para ello se pueden analizar sus comportamientos y lograr un acercamiento a su futuro a partir de distintos recursos combinables:

- \* Tendencias pasadas y rangos de variación
- \* Contexto determinante
- \* Modelos teóricos y estructurales
- \* Estimaciones probabilísticas
- \* Opiniones expertas
- \* Resultados de proyecciones anteriores
- \* Márgenes de error por diferentes escenarios
- \* Comportamiento de poblaciones referentes,
- \* Adopción de variancias y covariancias estimadas de predicciones realizadas para otras poblaciones.

Este conocimiento resulta fundamental para el establecimiento de los intervalos de variación y la selección de valores en las simulaciones.

## **Exploración para el caso de la provincia de Santa Fe**

En el cumplimiento de las etapas de una proyección probabilística realística para la provincia de Santa Fe, es de interés la exploración del comportamiento de su población a través de las variables indicadoras correspondientes a los fenómenos demográficos determinantes de su crecimiento y estructura. El análisis se centra entonces en la búsqueda de información para asociar una variabilidad futura y acotada, a cada una de las variables participantes en la proyección.

Para cada indicador correspondiente a fecundidad, mortalidad y migración, sus valores, tendencias y rangos de variación observados, constituyen la base fundamental en la adopción de supuestos del comportamiento esperado y tolerado y en la formulación de sus distribuciones predictivas.

## **Material y métodos**

En el proceso continuo de la dinámica poblacional, el crecimiento y modificación estructural interactúan permanentemente con los fenómenos de mortalidad, fecundidad y movilidad. En un corte analítico, y para la realización de una proyección, la mortalidad, fecundidad y migración, son consideradas como causas (input) del cambio poblacional, evaluados a través de las variables: Tasa global de fecundidad (TGF), Tasa específica de fecundidad por edad ( $nfx$ ), Esperanza de vida al nacer ( $e^{\circ}_o$ ); Tasa específica de mortalidad por edad ( $nm_x$ ); Tasa bruta de mortalidad (TBM), Tasa bruta de natalidad (TBN).

En el análisis se consideran como efectos (output) a observar en la población, a su tamaño, estructura y crecimiento, evaluados con las variables: Población total, Población por grupos de edad, Índice de envejecimiento (IE), Tasa de crecimiento anual medio ( $r$ ). Estos indicadores son también utilizados para comparación, evaluación de resultados y ubicación de la población en el contexto general de desarrollo de las poblaciones.

El objetivo de obtener información input para la provincia, conciliando la mayor desagregación etérea con el más largo tiempo de observación retrospectivo, requirió una búsqueda a través de distintas fuentes, monitoreo, corrección y elaboración de datos, no siempre con resultados coincidentes y que son explicitados al analizar cada variable.

A través de diversas fuentes consultadas, como censos, Anuarios de la Dirección de Estadísticas de Salud del Ministerio de Salud de la Nación, trabajos publicados por entes oficiales y distintos autores, se obtuvo información con distintas desagregaciones etéreas y longitud y regularidad temporal para cada variable.

La disponibilidad y confiabilidad de la información condiciona la elección de las variables a utilizar en la evaluación de la población total, su estructura, la mortalidad, fecundidad y migración, los períodos de observación y estimación y también la elección y aplicación de metodología para el conocimiento de sus valores y tendencias, como también a los resultados. La longitud de las series de los indicadores y los grupos de edad son dos ejemplos de este inconveniente.

En el tratamiento y análisis de la información se utiliza metodología matemática y estadística. Se realizan ajustes, extrapolación y predicción de series temporales; análisis de discrepancias a partir de pronósticos ya realizados, opiniones expertas, comportamiento de poblaciones con características similares; se construyen tablas de mortalidad para los distintos períodos y desagregaciones etéreas; se utiliza el método Lee - Carter (1992) para predicción de la mortalidad y el método de componentes para proyección de población con diversos escenarios.

## Mortalidad

La información disponible correspondiente a población y defunciones y/o tasas de mortalidad específicas por edad para distintas desagregaciones y períodos, habilita la construcción de dos conjuntos de tablas de mortalidad anuales:

- Para el período 1993 - 2010: con grupos de edad quinquenales, con los primeros dos para menores de 1 año y de 1 a 4 años y el grupo abierto final de para 80 y más años.
- Para el período 1982 - 2010: con cinco grupos desiguales: menores de 1 año; 1 a 4; 5 a 14; 15 a 64 y grupo abierto final para 65 y más años.

En base a ellas se construyen dos series de esperanzas de vida al nacer:

- Serie de  $e_0^o$  (Período 1993 – 2010): 18 observaciones; valor máximo = 75,53; valor mínimo = 73,06.
- Serie de  $e_0^o$  (Período 1982 – 2010): 29 observaciones; valor máximo = 77,14; valor mínimo = 72,78.

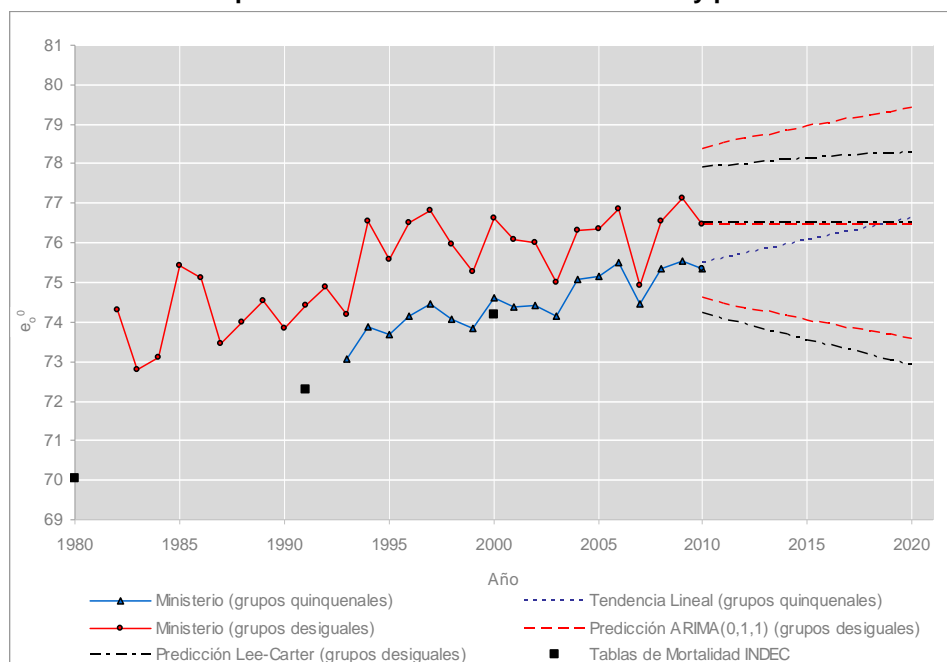
Se incorpora además la información proveniente de las tablas de mortalidad publicadas por INDEC para las provincias en las fechas censales 1980, 1991 y 2001, cuyos valores acompañan la tendencia de la serie santafesina correspondiente a grupos quinquenales.

Se realizan estimaciones de  $e_0^o$ . Se utiliza en primer lugar la información para el período 1982-2010 y se aplica para esta serie con tendencia, un modelo ARIMA (0,1,1) y el método Lee-Carter (1992), obteniéndose estimaciones anuales para el período 2010 -2020 y sus intervalos de predicción (IP). Luego se asocia un comportamiento lineal a la serie más corta 1993 – 2010 obteniéndose su estimación para cada quinquenio hasta el año 2020 (Cuadro 1; Gráfico I).

**Cuadro 1. Predicciones de  $e_0^o$  al 2020 según series y metodologías**

|                   |                   |   |
|-------------------|-------------------|---|
| Serie 1993 -2010  | Ajuste lineal     | 76,63                                     |
| Serie 1982 - 2010 | ARIMA (0,1,1)     | 76,49; IP <sub>95%</sub> : (73,58; 79,40) |
|                   | Modelo Lee-Carter | 76,51; IP <sub>95%</sub> : (72,89; 78,30) |

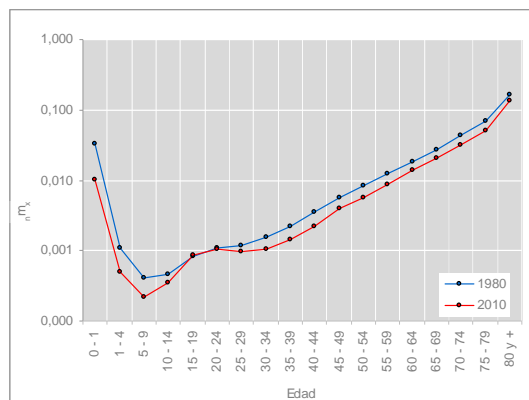
**Gráfico I: Esperanzas de vida al nacer observadas y pronosticadas**



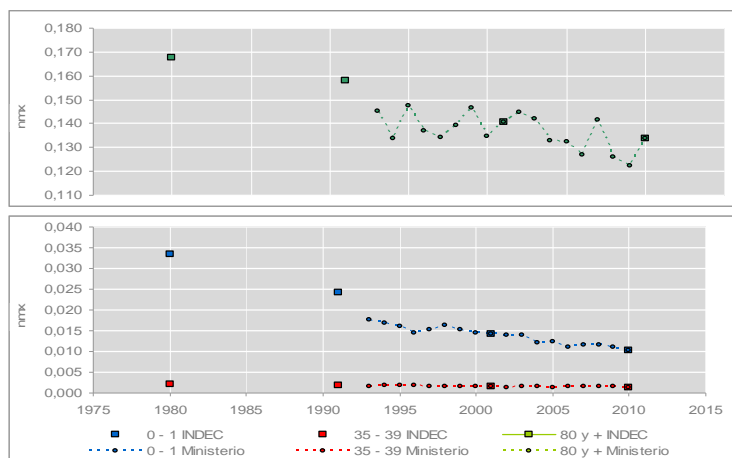
El nivel, variabilidad y tendencia de la  $e_0$  se ve afectado por las distintas desagregaciones etáreas habilitadas por la información. Se observa un crecimiento general con tendencia a estabilización. Se obtienen diferentes márgenes de error para las estimaciones de la  $e_0$  (Gráfico I).

En cuanto a la estructura de la mortalidad por edad, su análisis comparativo en el tiempo mediante las  $n m_x$  permite apreciar que la disminución de la mortalidad en general ha afectado a todos los grupos de edad. Se ha mantenido la estructura pero con una disminución casi total de valores a través de las edades, que se visualiza en detalle con el seguimiento de cada grupo etáreo con sus propias tendencias y variabilidad (Gráficos II y III)

**Gráfico II. Tasas de mortalidad específicas por edad. Años 1980 y 2010.**



**Gráfico III. Tasas de mortalidad específicas por edad. Período 1980 a 2010.**



## Fecundidad

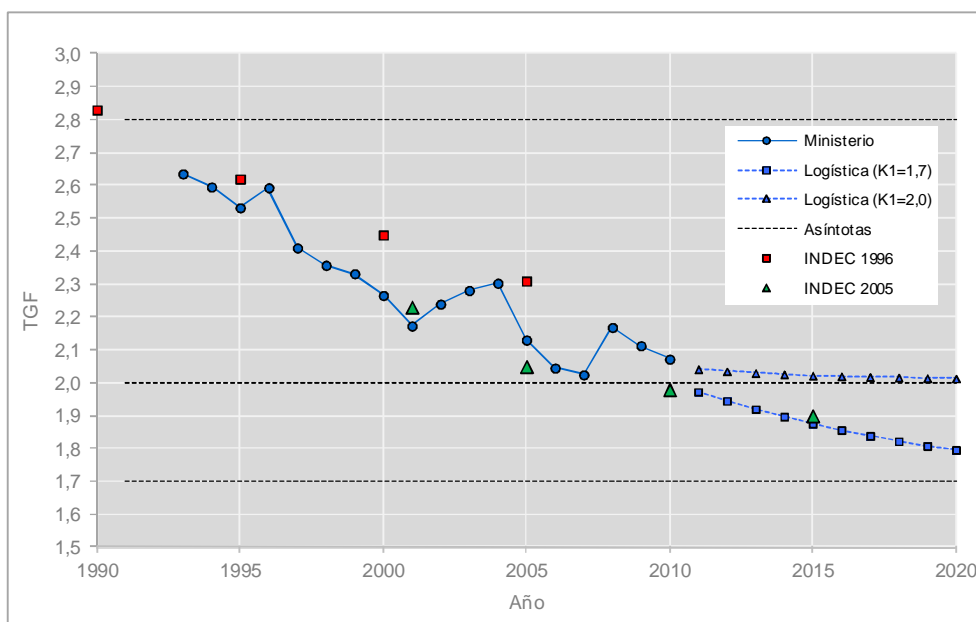
La información disponible para el estudio de la fecundidad, permite obtener las tasas específicas de fecundidad para los grupos quinquenales de mujeres en edad de procrear para el período 1993 -2010. A pesar de no ser habitual, se incluyen las tasas correspondientes a los grupos etáreos de mujeres menores de 15 años y mayores de 50 años, debido a la cantidad de nacimientos registrados en la provincia provenientes de madres pertenecientes a estos intervalos, que representan entre un 4 y 5% del total de los nacimientos en los años considerados. En base a esta información se construye la serie de TGF para el período observado con 18 observaciones; es decreciente con valores entre 2,64 (1993) y 2,02 (2007), tomando en el año 2010 un valor de 2,07.

Se consideran además valores de TGF publicados por el INDEC en 1996 para la provincia

de Santa Fe para los años 1990, 1995, 2000 y 2005 y luego publicados en el año 2005 para el valor observado en el 2001 y estimaciones para los años 2005, 2010 y 2015, con tendencia decreciente asimilable al de la serie.

A partir de la serie observada 1993 -2010, se pronostican los valores de TGF para el año 2020 mediante dos funciones logísticas con asíntotas superiores iguales a un valor de 2,8 hijos por mujer y asíntotas inferiores iguales a 2,0 y 1,7 respectivamente, establecidas en base al comportamiento esperado de la variable en la provincia y en poblaciones con tendencias asimilables y ubicación similar en la transición demográfica, que manifiestan un descenso cada vez menor de la TGF. Las estimaciones para el año 2020 que se obtienen a partir de los dos ajustes son iguales a 2,01 y 1,80 hijos por mujer respectivamente (Gráfico IV; Cuadros II y III).

**Gráfico IV. Tasa Global de Fecundidad observada y estimada**

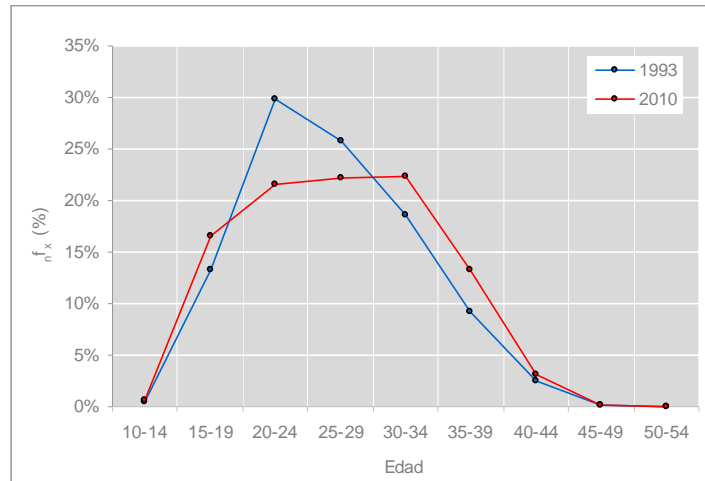


Es de interés destacar la correlación entre las variables TGF y  $e_0$  igual a -0,79, a tener en cuenta en la combinación de supuestos para la elección de escenarios de las proyecciones.

En cuanto a la estructura de la fecundidad, la curva presenta a través del tiempo aplanamiento de la cúpula y distribución de los mayores porcentajes correspondientes a las edades de mayor fertilidad al principio del período, en un mayor rango de edades al final del mismo, hecho también manifestado en el aumento de la edad media de la fecundidad de 26,9 años en 1993 a 27,6 en 2010. Ésta constituye una característica a considerar en los supuestos de comportamiento de la futura fecundidad (Gráfico V).



**Gráfico V. Estructura de la fecundidad por edad. Años 1993 y 2010.**



Otro indicador de utilidad resulta la proporción de mujeres en edad reproductiva sobre el total de mujeres de la población (PMER) pues se asocia a la capacidad reproductiva de la población y en consecuencia al potencial de crecimiento de la misma. Para la población de Santa Fe se consideran como numerador la subpoblación de mujeres entre las edades de 10 a 54 años. En el período 1993 -2010 esta proporción varía entre 60 y 62% sin grandes oscilaciones.

### **Ubicación en el proceso de transición demográfica**

Otro recurso metodológico de utilidad en el análisis y predicción de las variables demográficas resulta ser la ubicación de la población en estudio en el proceso de transición que experimentan las poblaciones contemporáneas. La etapa en que la población se ubica sustentaría los supuestos de comportamiento futuro de los indicadores demográficos.

Con este fin los valores observados para variables de fecundidad y mortalidad para la población de Santa Fe se analizan paralelamente a las observaciones provenientes de poblaciones asimilables a la provincia. Teniendo en cuenta las tendencias experimentadas por la generalidad de las poblaciones en su transición, se dispone de argumentos para el acercamiento a valores futuros en la población analizada (Cuadros II y III).

**Cuadro 2. Análisis paralelo del comportamiento de la e° y de la TGF, evaluados para Santa Fe y países con similar comportamiento demográfico. Período 1980- 2030**

| Años | Santa Fe                         |                       | Chile (*)       |                       | Uruguay(*)      |                       | Santa Fe |         | Chile (*) |         | Uruguay (*) |         |
|------|----------------------------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|----------|---------|-----------|---------|-------------|---------|
|      | e° <sub>o</sub> ( <sup>o</sup> ) | r (e° <sub>o</sub> )% | e° <sub>o</sub> | r (e° <sub>o</sub> )% | e° <sub>o</sub> | r (e° <sub>o</sub> )% | TGF      | r(TGF)% | TGF       | r(TGF)% | TGF         | r(TGF)% |
| 1980 | ----                             |                       | 70,77           |                       | 70,98           |                       |          |         |           |         |             | 2,6     |
| 1985 | 75,4                             |                       | 72,78           | 2,84                  | 72,13           | 1,62                  | ----     |         | 2,7       | -0,79   | 2,5         | -1,60   |
| 1990 | 73,8                             | -0,42                 | 74,47           | 2,32                  | 73,04           | 1,26                  | 2,6      |         | 2,6       | -3,77   | 2,5         | -1,68   |
| 1995 | 75,6                             | 2,35                  | 75,85           | 1,85                  | 74,24           | 1,64                  | 2,5      | -2,59   | 2,2       | -13,33  | 2,3         | -7,48   |
| 2000 | 76,6                             | 1,39                  | 77,92           | 2,73                  | 75,32           | 1,45                  | 2,3      | -10,53  | 2,0       | -9,50   | 2,2         | -4,35   |
| 2005 | 76,4                             | -0,36                 | 78,41           | 0,63                  | 76,20           | 1,17                  | 2,1      | -5,98   | 1,9       | -5,00   | 2,1         | -3,89   |
| 2010 | 76,5                             | 0,17                  | 78,94           | 0,68                  | 76,96           | 1,00                  | 2,1      | -2,73   | 1,8       | -4,26   | 2,0         | -3,52   |
| 2015 | ----                             |                       | 79,47           | 0,67                  | 77,77           | 1,05                  | ----     |         | 1,8       | -3,63   | 2,0         | -3,17   |
| 2020 | ----                             |                       | 79,95           | 0,60                  | 78,48           | 0,91                  | ----     |         | 1,7       | -2,97   | 1,9         | -2,81   |
| 2025 | ----                             |                       | 80,44           | 0,61                  | 79,18           | 0,89                  | ----     |         | 1,7       | -2,47   | 1,9         | -2,49   |
| 2030 | ----                             |                       | 80,86           | 0,52                  | 79,81           | 0,80                  | ----     |         | 1,6       | -2,05   | 1,8         | -2,19   |

(\*) CELADE

(\*\*) Serie 1982-2010

**Cuadro 3. Análisis paralelo del comportamiento de la PT e IE, evaluados para Santa Fe y países con similar comportamiento demográfico. Período 1980- 2030**

| Años | Santa Fe     |        | Chile (*)    |        | Uruguay(*)   |        | Santa Fe | Chile (*) | Uruguay (*) |
|------|--------------|--------|--------------|--------|--------------|--------|----------|-----------|-------------|
|      | Pob.Total %o | r%     | Pob.Total %o | r%     | Pob.Total %o | r%     | IE       | IE        | IE          |
| 1980 | 2.466        |        | 11.193       |        | 2.916        |        | 34 (***) | 25        | 55          |
| 1985 | 2.647        | 1,4680 | 12.127       | 1,6689 | 3.012        | 0,6584 | -----    | 27        | 58          |
| 1990 | 2.797        | 1,1334 | 13.214       | 1,7927 | 3.110        | 0,6507 | 35(***)  | 30        | 64          |
| 1995 | 2.949        | 1,0869 | 14.441       | 1,8571 | 3.224        | 0,7331 | -----    | 32        | 69          |
| 2000 | 3.001        | 0,3527 | 15.455       | 1,4043 | 3.321        | 0,6017 | 44(***)  | 37        | 71          |
| 2005 | 3.178        | 1,1796 | 16.339       | 1,1440 | 3.325        | 0,0241 | -----    | 46        | 75          |
| 2010 | 3.195        | 0,1070 | 17.149       | 0,9915 | 3.373        | 0,2887 | 50(***)  | 59        | 82          |
| 2015 | -----        | -----  | 17.889       | 0,8630 | 3.430        | 0,3380 | -----    | 73        | 89          |
| 2020 | -----        | -----  | 18.535       | 0,7222 | 3.494        | 0,3732 | -----    | 90        | 98          |
| 2025 | -----        | -----  | 19.056       | 0,5622 | 3.548        | 0,3091 | -----    | 111       | 108         |
| 2030 | -----        | -----  | 19.430       | 0,3925 | 3.590        | 0,2368 | -----    | 132       | 117         |

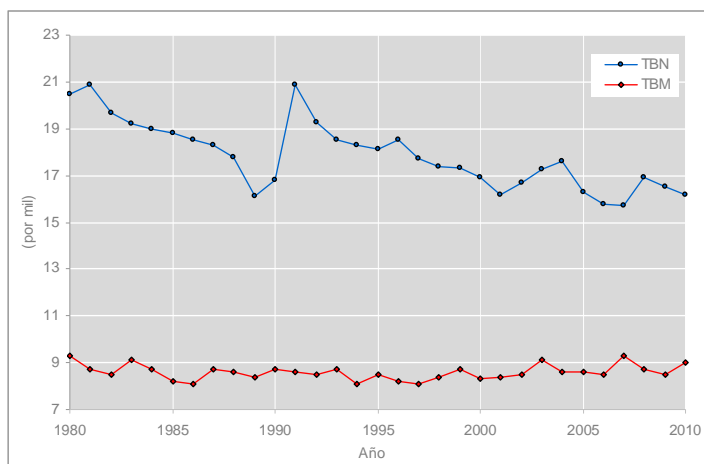
(\*) CELADE (\*\*\*) Censos 1980, 1991, 2001, 2010

Si se adopta para Santa Fe la tendencia observada en las poblaciones seleccionadas se podría esperar para el año 2020 un crecimiento cada vez menor en la  $e_0$  pudiendo arribar a valores de 78 o 79 años por vivir, un descenso cada vez menor en la TGF (alrededor de un 2,5% quinquenal) acercándose a valores alrededor de 1,8 hijos por mujer y un ritmo desacelerado del crecimiento de la población total, pero con un cambio estructural que provocaría valores cercanos al 70% en el IE.

Por otro lado, la provincia ha mantenido en las últimas décadas una tasa de crecimiento de su población total baja, que no ha superado el 1,5% anual, una mortalidad y fecundidad bajas y un índice de envejecimiento creciente. Estos valores permiten, utilizando las categorías enunciadas por CELADE (1992), ubicarla en el grupo de poblaciones que en Latino América recorren una etapa de transición avanzada, para las que se esperaría en los próximos 20 años una  $r$  de 0,4 % anual, una TGF de 2,1 y una  $e_0$  aproximándose a 75 años, niveles a los que Santa Fe ya va arribando o ya ha alcanzado.

La consideración histórica de las series de la TBN y de la TBM permite reforzar la idea de que la provincia se encontraría atravesando la última etapa de la transición demográfica. En la publicación de IPEC-INDEC (1999) se destaca que la primer tasa “registra una disminución muy marcada a mediados de la década del '30 alcanzando a partir de esa fecha un nivel fluctuante alrededor de 20 ‰. A partir del quinquenio 1985-1989 se produce un leve descenso para luego retomar la misma tendencia estable que se inició a mediados de este siglo”; con respecto a la mortalidad se observa que la TBM “decrece hasta mediados del siglo XX. A partir de allí crece paulatinamente hasta el quinquenio 1970-75 para posteriormente mostrar una tendencia fluctuante alrededor del 8,7 por mil hasta el final del período considerado [1914-1994] “. El análisis de las mismas tasas elaboradas a partir de información para el período 1980-2010 proveniente de los anuarios ya citados, evidencia una cierta tendencia decreciente para la TBN y una estabilización para la TBM. En el comportamiento de esta última estarían actuando conjuntamente el descenso ya observado del nivel de mortalidad y el proceso de envejecimiento de la población (Gráfico VI).

**Gráfico VI. Tasas brutas de natalidad y mortalidad. Período 1980- 2010**



## Migración

La migración presenta clásicamente dificultades en su evaluación tanto por sus propias características de irregularidad en el comportamiento ante su fuerte dependencia de facto-

res externos, como por las dificultades en su captación y su estimación sujeta a los métodos utilizados los que a su vez la definen.

A partir de la integración de información discontinua, para la provincia de Santa Fe se puede observar una tendencia decreciente tanto de inmigrantes como de emigrantes internos pero con saldos irregulares menores en valor absoluto al 0,50 % de la población total, evaluados a partir de la pregunta sobre residencia cinco años antes del censo (Cuadro 4).

**Cuadro 4. Inmigrantes y emigrantes internos según información censal**

|                                 |                       | 1965-1970 | 1975-1980 | 1986-1991 | 1996-2001 | 2005-2010 |
|---------------------------------|-----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>Inmigrantes</b>              |                       | 93.200    | 89.922    | 51.536    | 56.057    | 64.510    |
| <b>Emigrantes</b>               |                       | 93.350    | 78.164    | 57.008    | 52.446    | 56.295    |
| <b>Saldo Migratorio Interno</b> | <b>Individuos</b>     | -150      | 11.758    | -5.472    | 3.611     | 8.215     |
|                                 | <b>% de pob.total</b> | -0,01     | 0,48      | -0,20     | 0,12      | 0,26      |

El INDEC (2005), para las proyecciones de la población base de 2001, estima la migración interna a partir de la misma pregunta y aplicando el método de razones de sobrevivencia intercensal 1991 y 2001 y utiliza para la provincia un saldo migratorio interno negativo cercano a 9000 personas para cada período quinquenal de proyección hasta el año 2015.

En cuanto a la movilidad internacional, en general evaluada sólo como inmigración, a partir de la declaración censal relativa al lugar de residencia hace cinco años en el extranjero, se observa un crecimiento que arriba a 0,31 % de la población total en el año 2010 (Cuadro 5).

**Cuadro 5. Inmigrantes del extranjero según información censal**

|                             |                        | 1986-1991 | 1996-2001 | 2005-2010 |
|-----------------------------|------------------------|-----------|-----------|-----------|
| <b>Inmigrantes externos</b> | <b>Cantidad</b>        | 1.587     | 3.797     | 9.930     |
|                             | <b>% de pob..total</b> | 0,056     | 0,126     | 0,311     |

Estudios específicos combinando fuentes internacionales dan a conocer en el año 1991, un saldo de migración internacional de 2500 personas y se estima para el período 2001-2005 un saldo internacional negativo de 2535 personas (INDEC, 2005). Los censos revelan un

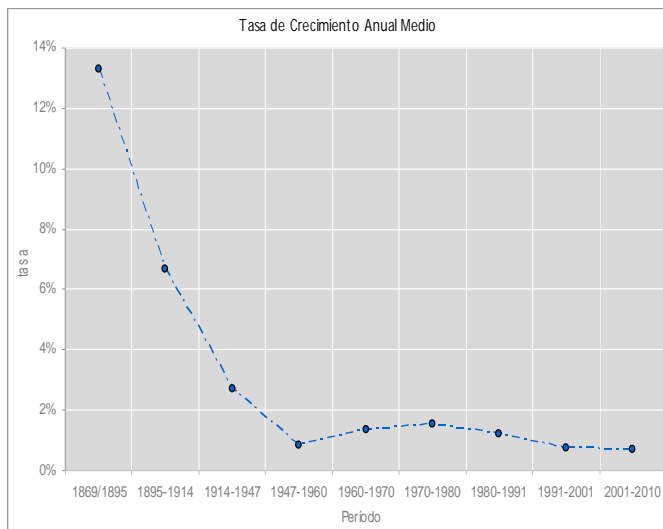
cambio gradual de origen europeo a latinoamericano en la inmigración externa de la provincia, con una definida mayoría en el censo 2010.

El conocimiento o previsión del contexto definido por los factores (políticos, laborales, etc.) clásicamente asociados a la movilidad territorial, constituye un elemento decisivo para la formulación de supuestos sobre el comportamiento de la variable demográfica migración.

### **Población total y por grupos de edad**

Se observa el crecimiento permanente de la población total de la provincia de Santa Fe a través de las cifras censales (Gráfico IX). El análisis de la tasa de crecimiento anual medio a través de los períodos intercensales históricos (1869-1895 a 2001-2010) permite observar su descenso acelerado hasta el período 1947-60 para luego mantenerse con valores cercanos al 1% manifestando un crecimiento poblacional con ritmo bajo y casi estabilizado desde entonces (Gráfico VII).

**Gráfico VII. Tasa de crecimiento anual medio de la población total**



En base a los totales de población censales y sus estructuras etáreas observadas, se realizan estimaciones por método de componentes y se consideran las proporcionadas por otras fuentes que proveen un referente de su variabilidad (Cuadro 6; Gráfico IX).

Se aplica el método de componentes para proyectar por dos quinquenios (2010 - 2015 y 2015 - 2020) a la población por grupos quinquenales de edad, utilizando como base a la censada en el año 2010, considerando dos hipótesis de comportamiento, adoptadas a partir de las características y tendencias observadas y analizadas de mortalidad, fecundidad y migración (Cuadro 6).

### **Cuadro 6. Hipótesis en la aplicación de Método de Componentes**

**a) Hipótesis de mínima**

|            |                  | Quinquenio<br>2010-2015           | Quinquenio<br>2015-2020           |
|------------|------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Mortalidad | Constante (2010) | $e_0^0 = 75,36$<br>estructura cte | $e_0^0 = 75,36$<br>estructura cte |
| Fecundidad | Decreciente      | Nacimientos = 261.092             | Nacimientos = 259.167             |
| Migración  | Nula             | Saldo migratorio = 0              | Saldo migratorio = 0              |

**b) Hipótesis de máxima**

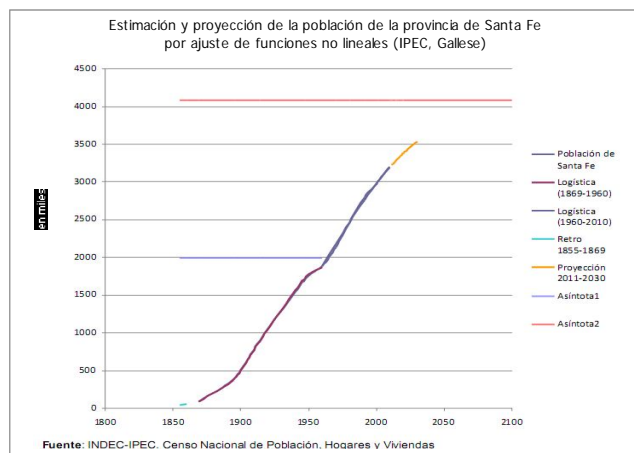
|            |             | Quinquenio<br>2010-2015                  | Quinquenio<br>2015-2020                  |
|------------|-------------|--|--|
| Mortalidad | Decreciente | $e_0^0 = 75,36$<br>estructura cte (2010) | $e_0^0 = 75,86$<br>estructura cte (2010) |
| Fecundidad | Creciente   | Nacimientos = 264.347                    | Nacimientos = 265.669                    |
| Migración  | Decreciente | Saldo migratorio = 0,15%                 | Saldo migratorio = 0,10%                 |

Así por método de componentes se obtienen valores para diferentes escenarios para los totales de población (PT Hip. Min. (2020) = 3.461.221; PT Hip. Max. (2020) = 3.497.366) y sus correspondientes estructuras etáreas evaluadas por el índice de envejecimiento (Cuadro 7; Gráfico IX).

Se consideran además (Gráfico IX):

- De INDEC (2005), las proyecciones para total de población y grupos quinquenales de edad con población base censada en el 2001 por quinquenios hasta el 2015 y las estimaciones para los años intermedios de cada quinquenio, calculadas mediante interpolación utilizando métodos demográfico-matemáticos y referidas al 30 de junio de cada año (PT(2015) = 3.386.133).
- De IPEC-INDEC (1999): Las estimaciones anuales de población total para el período 1990 -2010 realizadas en base a las proyecciones para igual período (PT(2010) = 3.388.521) (INDEC-CELADE, 1996).
- De IPEC-Gallese (2011), los resultados del ajuste de valores censales mediante funciones no lineales y su estimación anual hasta el año 2020 con intervalos de predicción obtenidos por Monte Carlo (PT (2020), IC 90%: (3.254.580; 3.499.981) (Gráfico VIII).

**Gráfico VIII. Población total observada y estimada (IPEC-Gallese)**

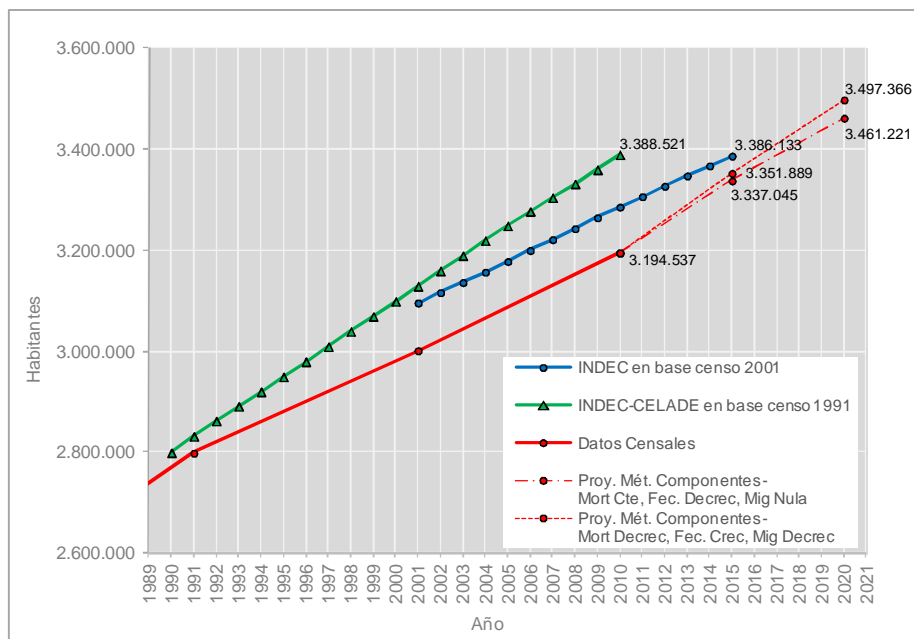


Las cifras estimadas a partir de distintas poblaciones bases, momentos, supuestos de comportamiento y métodos manifiestan diferencias que pueden ser consideradas como expresiones de la variabilidad de los indicadores observados (Cuadro 7; Gráficos VIII y IX).

**Cuadro 7. Población total estimada a 2015 y 2020**

|   |                  | 2015      | 2020      |
|---|------------------|-----------|-----------|
| Método componentes aplicado                                       | Hip. de Mínima   | 3.337.045 | 3.461.221 |
|   | Hip. de Máxima   | 3.351.889 | 3.497.366 |
| INDEC (1996)  | Mét. Componentes | -----     | -----     |
| INDEC (2005)  | Mét. Componentes | 3.386.133 | -----     |
| IPEC-Gallese<br>(Ajuste no lineal con intervalos Monte Carlo 90%) | IC Inferior      | 3.205.174 | 3.254.580 |
|   | IC Superior      | 3.374.501 | 3.499.981 |

**Gráfico IX. Población total observada y estimada**

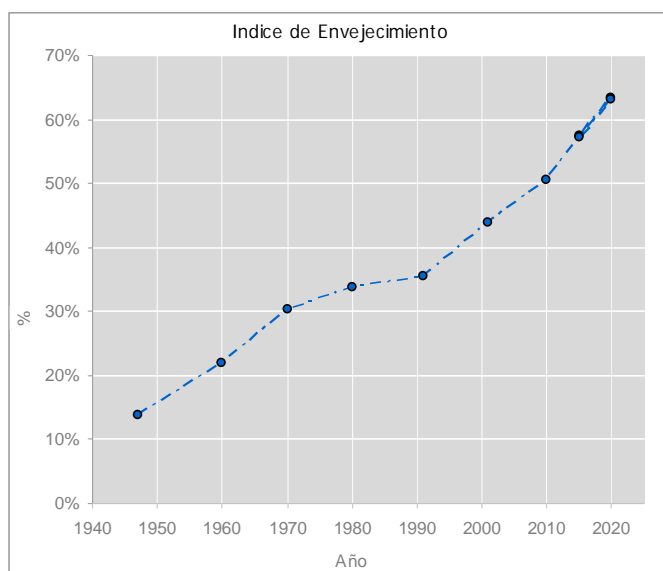


Las diferencias entre las distintas predicciones para la misma población, en su total, estructura y crecimiento, se incorporan como elementos de referencia y evaluación en el análisis

crítico de las estimaciones de las variables demográficas. Los errores empíricos de proyecciones pasadas pueden ser extrapoladas para predecir los errores esperados de la proyección probabilística.

Como expresión de las estructuras etáreas de las poblaciones censadas, el índice de envejecimiento manifiesta una tendencia acelerada al acercamiento entre los grupos de 65 y más y de 0 -14 años, indicando una reducción del potencial de crecimiento de la población y presentándose ya en 2010 en un porcentaje algo mayor a 50% (Gráfico X).

**Gráfico X. Índice de envejecimiento censal observado y proyectado por método de componentes**



## Conclusiones

La observación de valores, variabilidad y tendencia de las variables demográficas de la provincia de Santa Fe constituye una etapa esencial en la secuencia metodológica para el desarrollo de una proyección probabilística de su población.

Se provee así de argumentos para la formulación de una estructura de errores y para el establecimiento de rangos de variación y para la selección combinada de valores de las distintas variables en la ejecución de simulaciones para la construcción de las distribuciones predictivas de los indicadores seleccionados.

Ello permitirá disponer de resultados de proyecciones poblacionales con estimaciones de medidas estadísticas asociadas a indicadores de la población de la provincia, que surgen de la integración de la variabilidad de los fenómenos demográficos intervinientes y de supuestos formulados en base a su comportamiento observado y al contexto en el cual se desarrolla la población de la provincia.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y FUENTES DE INFORMACIÓN

- Alho, J.. "A stochastic forecast of the population of Finland", Reviews 1998/4, Statistics



Finland, 1998.

- Alho, J.; Spencer, B.. "Statistical Demography and Forecasting", Springer, 2005.
- Alsina, S.; Balbi, S.. "¿Cómo evaluamos el envejecimiento poblacional?. Indicadores para Santa Fe". XXXIX Coloquio Sociedad Argentina de Estadística. Santa Fe, 2011.
- Alsina, S.; Wibly, A.. "Proyección de población: Métodos de Construcción de un referente según supuestos e incertidumbre asociados". Trabajo presentado a V Jornadas de Ciencia y Tecnología". UNR, 2011.
- Alsina, S.; Wibly, A.; Gómez, A.; Zerdá, P.. "Estimación del nivel y estructura de la mortalidad de la provincia de Santa Fe por método Lee-Carter". Trabajo final materia "Métodos Cuantitativos en Demografía" de la Lic. En Estadística, 2011.
- Centro Latinoamericano de Estudios de Población (CELADE), <http://www.eclac.cl/celade>.
- Elizalde, D.; Macció, G.. "La migración interna en la Argentina. Período 1975-1980". CELADE, Serie A209, Santiago, 1990.
- Ensinck, O.. "Historia de la inmigración y de la colonización en la provincia de Santa Fe". Fundación para la Educación, las Ciencias y la Cultura. Buenos Aires, 1979.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC), [www.indec.mecon.gob.ar](http://www.indec.mecon.gob.ar).
- INDEC. "Tablas de mortalidad 1980-1981. Total y jurisdicciones. Serie Estudios 10, 1988.
- INDEC. "Tablas abreviadas de mortalidad provinciales por sexo y edad 1990-92". Serie Análisis Demográfico 4, 1995.
- INDEC. "Tablas abreviadas de mortalidad por sexo 2000-2001. Total País y Provincias". Documento de Trabajo del Programa Análisis Demográfico 146, citada como fuente en [www.indec.mecon.gob.ar](http://www.indec.mecon.gob.ar).
- INDEC. "La mortalidad en la Argentina entre 1980 y 1991". Serie Análisis Demográfico 9. 1997.
- INDEC. "Proyecciones de población por sexo y grupos de edad: urbana – rural y económicamente activa (1990-2025) y por provincia (1990-2010). Versión revisada-febrero 1996". Serie Análisis Demográfico 7, 1996.
- INDEC. "Situación demográfica de la provincia de Santa Fe", Serie Análisis Demográfico, 22, 1999.
- INDEC. "Proyecciones provinciales de población por sexo y grupos de edad 2001-2015", Serie Análisis Demográfico, 31, 2005.
- INDEC-CELADE. "Proyecciones de la población por provincia según sexo y grupos de edad. 1990-2010". Serie Análisis Demográfico 2, 1995b.
- Instituto Provincial de Estadística y Censos de la provincia de Santa Fe (IPEC), <http://www.santafe.gob.ar>
- IPEC. (2008). "Análisis del crecimiento poblacional. Provincia de Santa Fe. Antecedentes históricos. Censos nacionales 1980-1991-2001. Hacia el censo nacional del bicentenario 2010". Resps. de Larrechea, M.; Gorr, M; Merello, J.; Lic. German Rollandi, G.; Muratore, D.. [www.santafe.gob.ar](http://www.santafe.gob.ar).
- IPEC. (2011). "Evolución de la población en los últimos 50 años. Provincia de Santa Fe. Período 1960-2010". Resp. Gallese, E.. [www.santafe.gob.ar](http://www.santafe.gob.ar).
- IPEC. (2012). "Dinámica poblacional de la provincia de Santa Fe desde 1869 a 2010",

Resp. Gallese, E.. [www.santafe.gob.ar](http://www.santafe.gob.ar).

- IPEC. (2012). "Análisis estadístico del proceso de envejecimiento poblacional regional en la provincia de Santa Fe. Período 1991-2001". Resp. Balbi, S.; Alsina, S.. [www.santafe.gob.ar](http://www.santafe.gob.ar).

- IPEC – INDEC. "Situación y evolución social provincial. Santa Fe. Síntesis N°1". 1997.

- IPEC – INDEC. "Situación demográfica de la provincia de Santa Fe". Serie Análisis Demográfico 22, 1999.

- Keilman, N.; Quan P., D.; Hetland, A.. "Why population forecasts should be probabilistic – illustrated by the case of Norway", Demographic Research, 6, 2002.

- Lattes, A.E.."Redistribución espacial y migraciones", en "La población de Argentina", INDEC, 1975.

- Lee, R.; Carter, L.. "Modeling and Forecasting the Time Series of U.S. Mortality". JASA 87, 1992.

- Lutz, W.; Sanderson, W.; Scherbov, S. "The end of world population growth century: new challenges for human capital formation and sustainable development". Earthscan, London, 2004.

- Lee,R.; Miller, T.; Edwards, R.. "The Growth and Aging of California's Population: Demographic and Fiscal Projections, Characteristics and Service Needs.", Tech.Ass. Program, University of California, 2003.

- Lee, R.; Tuljapurkar, S.." Stochastic population forecasts for the United States: beyond high, medium and low". Journal of the American Statistical Association, Vol.89, 428, dic. 1994.

- Lee, R.; Tuljapurkar, S.. "Population forecasting for fiscal planning: issues and innovations". CEDA papers, Center for the Economics and Demography of Aging, 2000.

- Ministerio de Salud y Acción Social. Secretaría de Salud-Estadísticas de Salud. "Estadísticas Vitales. Información Básica. Dirección Nacional de Estadísticas de Salud del Ministerio de Salud y Acción Social de la Nación. Estadísticas Vitales, Información básica. Serie 5, N° 34 a 44.

- Pantelides, A. "La fecundidad argentina desde mediados del siglo XX". Cuadernos del CENEP 41, 1989.

- Peretti, G.; Gómez, N.; Demarchi, M.; Tarabella, L..(2009)."Dinámica y estructura de la población de la provincia de Santa Fe durante el período 1991-2001". 12 Encuentro de Geógrafos de América Latina, Montevideo.. <http://egal2009.easyplanners.info>.

- Qiang, L.; Reuser, M.; Kraus, C.; Alho, J. "Ageing of a giant: a stochastic population forecast for China, 2006-2060", Journal of Population Research, 26, 2009.

---