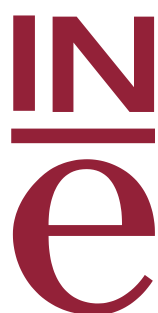


INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA



Proyecciones de la Población de España 2018-2068

Metodología

Madrid, octubre de 2018

Índice

Introducción	4
1 Método general de cálculo	6
2 Población de partida	14
3 Proyección de la fecundidad	15
4 Proyección de la mortalidad	26
5 Proyección de la migración exterior	37
6 Proyección de la migración interior	52
7 Escenarios de proyección	58
8 Difusión de resultados	62
9 Anexo	64

Introducción

Las Proyecciones de Población constituyen una simulación estadística de la población que residiría en España, sus comunidades autónomas y provincias en los próximos años, así como de la evolución de cada uno de los fenómenos demográficos básicos asociados, en caso de mantenerse las tendencias y comportamientos demográficos actualmente observados.

Para interpretar correctamente los resultados de las Proyecciones de Población es importante distinguir entre previsiones y proyecciones demográficas. Si bien pueden emplear el mismo método de cálculo, difieren en la filosofía.

Las previsiones demográficas deben expresar tendencias probables, basadas en el pasado y en escenarios altamente probables para el futuro, lo cual es muy complejo y subjetivo, pues depende de un conjunto mucho más amplio de parámetros (económicos, sociales, etc.), a menudo de difícil cuantificación.

Las proyecciones demográficas representan escenarios que se producirían en el caso de que se cumplieran ciertas hipótesis, independientemente de su grado de verosimilitud. Pueden servir, simplemente, para comprender las consecuencias que tendría sobre la población el hecho de que se verificase determinada hipótesis, incluso improbable.

Así pues, las Proyecciones de Población del Instituto Nacional de Estadística no pretenden ser una “adivinación” del futuro, sino proporcionar una herramienta de apoyo para la toma de decisiones basada en una simulación estadística del rumbo demográfico que tomaría la población residente en España en los próximos años, siempre bajo la hipótesis de que se mantuviesen las tendencias demográficas actuales.

Se ofrecen resultados cada dos años, con un horizonte proyectivo de 50 años para el total nacional y de 15 años para las comunidades autónomas y las provincias, según las características demográficas básicas (sexo, edad y generación).

De esta forma, sus resultados proporcionan la cifra de población residente en España a 1 de enero de cada año del periodo 2018-2068, y la población residente en cada una de las comunidades autónomas y provincias a 1 de enero de cada año del periodo 2018-2033. Igualmente, proporcionan los eventos demográficos (nacimientos, defunciones y movimientos migratorios) que han dado lugar a la evolución del volumen y estructura de la población en cada uno de los ámbitos geográficos considerados que tales cifras poblacionales representan. Ambos tipos de magnitudes, stocks de población y flujos demográficos, se encuentran desagregadas de acuerdo a características demográficas básicas, como el sexo, la edad y el año de nacimiento (generación).

Ha de tenerse en cuenta que todos los resultados detallados de esta operación estadística se ofrecen con cifras decimales, para así garantizar la total coherencia territorial de los mismos y la perfecta consistencia entre flujos demográficos y stocks de población en todos los niveles de desagregación considerados.

Para esta nueva edición se han introducido varias mejoras. Se ha creado **un grupo de trabajo**, formado por demógrafos de instituciones y universidades, que han elaborado una serie de propuestas metodológicas que se han tenido en cuenta. Finalmente las principales modificaciones introducidas han sido:

- Si bien las proyecciones se publican para el conjunto de la población sin distinguir nacionalidad, internamente se tenían hipótesis diferenciadas para españoles y extranjeros. Esto obligaba también a efectuar hipótesis sobre la evolución futura de las adquisiciones de nacionalidad española. En su lugar se considera más conveniente realizar la distinción por país de nacimiento, lo que simplifica los cálculos y hace más fácil el establecimiento de hipótesis demográficas.
- Mejora del modelo de estimación de la fecundidad futura, no proyectando las tasas específicas por edad, sino ajustando las tasas futuras a una función conocida (una beta) y estableciendo hipótesis sobre la evolución de los parámetros ICF y edad media a la maternidad (EMM).
- Lo mismo ocurre para la mortalidad. Se propone pasar de una proyección por edad, a otra en base al nivel general, sintetizado por la esperanza de vida al nacimiento, estableciendo hipótesis sobre la evolución futura de dicho parámetro.
- En el caso de las migraciones, en lugar de mantener una intensidad constante como en ejercicios anteriores, se dividirá el periodo proyectivo en tres periodos:
 - El primero de ellos (4 años) reflejará la tendencia de los últimos años.
 - En el segundo (11 años) los flujos migratorios evolucionan hacia unos niveles que se establecen como hipótesis.
 - Durante el tercer periodo (35 años), tanto la inmigración como la emigración se proyectan hasta alcanzar otros niveles a 50 años que se establecen previamente como parámetros de la proyección.

Durante el mes de mayo de 2018 se realizó **una encuesta a expertos en demografía** para recabar su opinión sobre la evolución futura esperable para los parámetros necesarios para la proyección como son: en fecundidad, el número medio de hijos por mujer y la edad media a la maternidad, en mortalidad, la esperanza de vida al nacimiento y en migraciones, los niveles futuros de inmigración y emigración a 15 y 50 años.

Los resultados de esta encuesta pueden verse en el anexo que figura al final de este documento.

1 Método general de cálculo

El presente ejercicio de Proyecciones de Población de España está basado en el *método clásico de componentes*. La aplicación de dicho método responde al siguiente esquema: partiendo de la población residente en un cierto ámbito geográfico y de los datos observados para cada uno de los componentes demográficos básicos, la mortalidad, la fecundidad y la migración, se trata de obtener la población correspondiente a fechas posteriores bajo ciertas hipótesis sobre el devenir de esos tres fenómenos, que son los que determinan su crecimiento y su estructura por edades.

El análisis retrospectivo de cada uno de los fenómenos demográficos básicos, haciendo uso de la información demográfica más actualizada disponible, ha permitido establecer hipótesis sobre la incidencia futura de los mismos en cada nivel territorial considerado en cada año del periodo proyectivo, cuantificada en tasas específicas de fecundidad por generación, tasas específicas de mortalidad por sexo y generación, tasas específicas por sexo y generación de emigración exterior y de migración interior interprovincial, así como en flujos de inmigración exterior para cada sexo y generación. Además, desde 2018, se han establecido hipótesis diferenciadas por lugar de nacimiento (España o extranjero), por tener ambos colectivos comportamientos y dinámicas demográficas distintas.

Pues bien, la proyección de la población de cada sexo, edad y lugar de nacimiento residente en España, y en cada una de sus comunidades autónomas y provincias, a 1 de enero de cada año del periodo proyectivo se ha llevado a cabo de acuerdo a un *modelo de proyección multirregional*¹, que proporciona como resultados no sólo las cifras de población por sexo y edad residente en cada uno de los niveles territoriales considerados, sino también las cifras proyectadas de nacimientos, defunciones y movimientos migratorios que tendrían lugar en cada uno de los años del periodo proyectivo, guardando todo ello la necesaria coherencia entre flujos y stocks demográficos y la debida consistencia interterritorial. A continuación se presenta la formulación del modelo de proyección sin tener en cuenta el lugar de nacimiento (España o extranjero), por simplicidad de las fórmulas.

Partiendo de la población residente en cada nivel territorial considerado de sexo s y edad x a 1 de enero del año t ($P_{s,x}^t$), se obtiene la proyección de población residente de edad $x+1$ y sexo s en dicha área geográfica a 1 de enero del año $t+1$ ($P_{s,x+1}^{t+1}$) a partir de las siguientes expresiones:

A. Para el total nacional:

- Para las edades a 1 de enero $x = 0,1,2,...,98$:

¹Willekens, F.J, "Demographic forecasting: state of the art and research needs", en Emerging Issues in Demographic Research, (ed) Hazeu y Frinking (1990), y Willekens, F.J. y Drewe, P. , "A multiregional model for regional demographic projection", en Heide, H. y Willekens, F.J. Demographic Research and Spatial Policy, (ed) Academic Press, Londres (1984).

$$P_{s,x+1}^{t+1} = \frac{[1 - 0,5 \cdot (m_{s,x}^t + e_{s,x}^t)] \cdot P_{s,x}^t + IM_{s,x}^t}{[1 + 0,5 \cdot (m_{s,x}^t + e_{s,x}^t)]}$$

donde $m_{s,x}^t$ es la tasa de mortalidad en el año t de la generación de individuos residentes en España de sexo s y edad x a 1 de enero del año t ; $e_{s,x}^t$ es la tasa de emigración exterior en el año t de la generación de individuos residentes en España de sexo s y edad x a 1 de enero del año t ; e $IM_{s,x}^t$ es el flujo de inmigración procedente del extranjero en el año t de individuos de sexo s y edad x a 1 de enero del año t .

- Para los nacidos durante el año en curso t :

$$P_{s,o}^{t+1} = \frac{[1 - 0,5 \cdot (m_{s,-1}^t + e_{s,-1}^t)] \cdot N_s^t + IM_{s,-1}^t}{[1 + 0,5 \cdot (m_{s,-1}^t + e_{s,-1}^t)]}$$

donde $m_{s,-1}^t$ es la tasa de mortalidad de la generación de individuos residentes en España, de sexo s , nacidos durante el año t ; $e_{s,-1}^t$ la tasa de emigración al exterior de los individuos residentes en España, de sexo s , nacidos durante el año t ; $IM_{s,-1}^t$ es el flujo de inmigración procedente del extranjero de nacidos de sexo s durante el año t ; y N_s^t son los nacidos en España de sexo s durante el año t , los cuales se derivan de la expresión siguiente:

$$N_s^t = r \cdot \sum_{x=14}^{49} \left(\frac{P_{M,x}^t + P_{M,x+1}^{t+1}}{2} \right) \cdot f_x^t$$

siendo r el ratio de masculinidad al nacimiento proyectado en el caso de los varones y, por tanto, $1-r$ el ratio de feminidad al nacimiento proyectado en el caso de las mujeres; $P_{M,x}^t$ la población de mujeres de edad x a 1 de enero del año t ; y f_x^t la tasa de fecundidad de la generación de mujeres residentes en España que tienen edad x a 1 de enero del año t durante dicho año.

- Para el grupo de edad abierto de 100 o más años:

$$P_{s,100+}^{t+1} = \frac{[1 - 0,5 \cdot (m_{s,99+}^t + e_{s,99+}^t)] \cdot (P_{s,99}^t + P_{s,100+}^t) + IM_{s,99+}^t}{[1 + 0,5 \cdot (m_{s,99+}^t + e_{s,99+}^t)]}$$

donde $P_{s,99}^t$ es la población residente en España de sexo s y edad 99 a 1 de enero del año t ; $P_{s,100+}^t$ es la población residente en España de sexo s de 100 o más años a 1 de enero del año t ; $m_{s,99+}^t$ es la tasa de mortalidad de la generación de individuos de sexo s residentes en España de 99 o más años a 1 de enero del año t durante dicho

año; $e_{s,99+}^t$ la tasa de emigración al exterior de la generación de individuos de sexo s residentes en España de 99 o más años a 1 de enero del año t durante dicho año; e $IM_{s,99+}^t$ el flujo de inmigración procedente del extranjero de individuos de sexo s y edad 99 años o más a 1 de enero del año t durante dicho año.

Además, se obtienen las defunciones de individuos residentes en España de sexo s y edad x a 1 de enero del año t a lo largo dicho año, $D_{s,x}^t$, a partir de:

- Para los individuos de la generación que tiene edad $x=0,1,...,98$ a 1 de enero del año t :

$$D_{s,x}^t = m_{s,x}^t \cdot \left(\frac{P_{s,x}^t + P_{s,x+1}^{t+1}}{2} \right)$$

- Para los nacidos a lo largo del año t :

$$D_{s,-1}^t = m_{s,-1}^t \cdot \left(\frac{N_s^t + P_{s,0}^{t+1}}{2} \right)$$

siendo $D_{s,-1}^t$ las defunciones en el año t de residentes en España de sexo s nacidos a lo largo del año y $m_{s,-1}^t$ la tasa de mortalidad de los mismos en dicho año.

- Para los individuos de las generaciones que tienen 99 o más años de edad a 1 de enero del año t :

$$D_{s,99+}^t = m_{s,99+}^t \cdot \left(\frac{P_{s,99}^t + P_{s,100+}^t + P_{s,100+}^{t+1}}{2} \right)$$

donde $P_{s,100+}^t$ es la población residente en España de sexo s de 100 o más años a 1 de enero del año t y $D_{s,99+}^t$ las defunciones de individuos de sexo s y de 99 o más años de edad a lo largo del año t .

Y también se obtienen las emigraciones al extranjero de individuos residentes en España de sexo s y edad x a 1 de enero del año t a lo largo dicho año, $E_{s,x}^t$, a partir de:

- Para los individuos de la generación que tiene edad $x=0,1,...,98$ a 1 de enero del año t :

$$E_{s,x}^t = e_{s,x}^t \cdot \left(\frac{P_{s,x}^t + P_{s,x+1}^{t+1}}{2} \right)$$

- Para los nacidos a lo largo del año t :

$$E_{s,-1}^t = e_{s,-1}^t \cdot \left(\frac{N_s^t + P_{s,0}^{t+1}}{2} \right)$$

donde $E_{s,-1}^t$ son las emigraciones en el año t de nacidos en España de sexo s y $e_{s,-1}^t$ la tasa de emigración al extranjero de los mismos.

- Para los individuos de las generaciones que tienen 99 o más años de edad a 1 de enero del año t :

$$E_{s,99+}^t = e_{s,99+}^t \cdot \left(\frac{P_{s,99}^t + P_{s,100+}^t + P_{s,100+}^{t+1}}{2} \right)$$

donde $P_{s,100+}^t$ es la población residente en España de sexo s de 100 o más años de edad a 1 de enero del año t y $e_{s,99+}^t$ la tasa de emigración al extranjero de residentes en España de sexo s y de 99 o más años de edad a lo largo del año t .

B. Para cada provincia h el cálculo se lleva a cabo mediante la resolución de un sistema de ecuaciones de 52 ecuaciones y 52 incógnitas en cada sexo y generación, definido por las siguientes igualdades:

- Para las edades $x = 0, 1, \dots, 98$:

$$P_{h,s,x+1}^{t+1} = \frac{\left[1 - 0,5 \cdot (m_{h,s,x}^t + e_{h,s,x}^t) \right] \cdot P_{h,s,x}^t + IM_{h,s,x}^t + \sum_{k \neq h} ei_{s,x,k,h}^t \cdot \left(\frac{P_{k,s,x}^t + P_{k,s,x+1}^{t+1}}{2} \right) - \sum_{k \neq h} ei_{s,x,h,k}^t \cdot \left(\frac{P_{h,s,x}^t + P_{h,s,x+1}^{t+1}}{2} \right)}{\left[1 + 0,5 \cdot (m_{h,s,x}^t + e_{h,s,x}^t) \right]}$$

donde $m_{h,s,x}^t$ es la tasa de mortalidad en el año t de los individuos residentes en la provincia h de sexo s y edad x a 1 de enero del año t ; $e_{h,s,x}^t$ es la tasa de emigración al extranjero en el año t de los individuos residentes en la provincia h de sexo s y edad x a 1 de enero del año t ; $IM_{h,s,x}^t$ es el flujo de inmigración procedente del extranjero que llega a la provincia h en el año t de los individuos de sexo s y edad x a 1 de enero del año t ; y $ei_{s,x,h,k}^t$ es la tasa de emigración de la provincia h a la provincia k de individuos de sexo s y edad x a 1 de enero del año t .

- Para los nacidos durante el año en curso t :

$$P_{h,s,0}^{t+1} = \frac{\left[1 - 0,5 \cdot (m_{h,s,-1}^t + e_{h,s,-1}^t) \right] \cdot N_s^t + IM_{h,s,-1}^t + \sum_{k \neq h} ei_{s,-1,k,h}^t \cdot \left(\frac{N_{k,s}^t + P_{k,s,0}^{t+1}}{2} \right) - \sum_{k \neq h} ei_{s,-1,h,k}^t \cdot \left(\frac{N_{h,s}^t + P_{h,s,0}^{t+1}}{2} \right)}{\left[1 + 0,5 \cdot (m_{h,s,-1}^t + e_{h,s,-1}^t) \right]}$$

donde $m_{h,s,-1}^t$ es la tasa de mortalidad en el año t de los residentes de sexo s en la provincia h nacidos durante dicho año; $e_{h,s,-1}^t$ es la tasa de emigración al extranjero en el año t de los residentes en la provincia h de sexo s nacidos durante el año t ; $IM_{h,s,-1}^t$ es el flujo e inmigración procedentes del extranjero en la provincia h de individuos de sexo s nacidos durante el año t ; $ei_{s,-1,h,k}^t$ es la tasa de emigración de la provincia h a la provincia k durante el año t , de individuos de sexo s nacidos a lo largo del año; y $N_{h,s}^t$ son los nacidos de sexo s en la provincia h a lo largo del año t , que se obtienen a partir de:

$$N_{h,s}^t = r \cdot \sum_{x=14}^{49} \left(\frac{P_{h,M,x}^t + P_{h,M,x+1}^{t+1}}{2} \right) \cdot f_{h,x}^t$$

siendo r el ratio de masculinidad al nacimiento proyectado para cada año del periodo proyectivo en el caso de los varones y, por tanto, $1-r$ el ratio de feminidad al nacimiento proyectado en el caso de las mujeres; $P_{h,M,x}^t$ la población de mujeres residentes en la provincia h de edad x a 1 de enero del año t ; y $f_{h,x}^t$ la tasa de fecundidad en el año t de las mujeres residentes en la provincia h pertenecientes a la generación que tiene edad x a 1 de enero de dicho año.

- Para el grupo de edad abierto de 100 o más años:

$$P_{h,s,100+}^{t+1} = \frac{[1 - 0,5 \cdot (m_{h,s,99+}^t + e_{h,s,99+}^t)] \cdot (P_{h,s,99}^t + P_{h,s,100+}^t) + IM_{h,s,99+}^t + \sum_{k \neq h} ei_{s,99+,k,h}^t \cdot \left(\frac{P_{k,s,99}^t + P_{k,s,100+}^t + P_{k,s,100+}^{t+1}}{2} \right) - \sum_{k \neq h} ei_{s,99+,h,k}^t \cdot \left(\frac{P_{h,s,99}^t + P_{h,s,100+}^t + P_{h,s,100+}^{t+1}}{2} \right)}{[1 + 0,5 \cdot (m_{h,s,99+}^t + e_{h,s,99+}^t)]}$$

donde $P_{h,s,99}^t$ es la población residente en la provincia h de sexo s y edad 99 a 1 de enero del año t ; $P_{h,s,100+}^t$ es la población residente en la provincia h de sexo s de 100 o más años a 1 de enero del año t ; $m_{h,s,99+}^t$ es la tasa de mortalidad en el año t de los individuos de sexo s residentes en la provincia h pertenecientes a la generación que tiene 99 o más años a 1 de enero de dicho año; $e_{h,s,99+}^t$ la tasa de emigración al extranjero en el año t de los individuos de sexo s residentes en la provincia h pertenecientes a la generación que tiene 99 o más años a 1 de enero del año t ; $IM_{h,s,99+}^t$ el flujo de inmigración procedente del extranjero durante el año t en la provincia h de individuos de sexo s y edad 99 años o más a 1 de enero del año t ; y $ei_{s,99+,h,k}^t$ es la tasa de emigración de la provincia h a la provincia k de individuos de

sexo s pertenecientes a las generaciones con 99 o más años de edad a 1 de enero del año t a lo largo de dicho año.

Además, se obtienen las defunciones de individuos residentes en la provincia h de sexo s y edad x a 1 de enero del año t a lo largo dicho año, $D_{s,x}^t$, a partir de:

- Para los individuos de la generación que tiene $x = 0, 1, 2, \dots, 98$ años a 1 de enero del año t :

$$D_{h,s,x}^t = m_{h,s,x}^t \cdot \left(\frac{P_{h,s,x}^t + P_{h,s,x+1}^{t+1}}{2} \right)$$

donde $m_{h,s,x}^t$ es la tasa de mortalidad en el año t de los residentes en la provincia h de sexo s pertenecientes a la generación de individuos de edad x a 1 de enero del año t .

- Para los nacidos a lo largo del año t :

$$D_{h,s,-1}^t = m_{h,s,-1}^t \cdot \left(\frac{N_{h,s}^t + P_{h,s,0}^{t+1}}{2} \right)$$

donde $D_{h,s,-1}^t$ son las defunciones en el año t de nacidos a lo largo de dicho año de sexo s en la provincia h y $m_{h,s,-1}^t$ la tasa de mortalidad de los mismos en dicho año.

- Para los individuos pertenecientes a la generación de 99 o más años de edad a 1 de enero del año t :

$$D_{h,s,99+}^t = m_{h,s,99+}^t \cdot \left(\frac{P_{h,s,99}^t + P_{h,s,100+}^t + P_{h,s,100+}^{t+1}}{2} \right)$$

donde $P_{h,s,100+}^t$ es la población residente en la provincia h de sexo s perteneciente a las generaciones que tienen de 100 o más años de edad a 1 de enero del año t ; $D_{h,s,99+}^t$ las defunciones de individuos residentes en la provincia h de sexo s pertenecientes a las generaciones que tienen 99 o más años de edad a 1 de enero del año t ; y $m_{h,s,99+}^t$ la tasa de mortalidad de los individuos residentes en la provincia h de sexo s pertenecientes a las generaciones que tienen 99 o más años de edad a 1 de enero del año t .

Del mismo modo, se obtienen los emigrantes al extranjero de sexo s pertenecientes a la generación que tiene edad x a 1 de enero del año t a lo largo de dicho año, $E_{h,s,x}^t$ a partir de:

- Para los individuos de la generación que tiene $x=0,1,2,...,98$ años a 1 de enero del año t :

$$E_{h,s,x}^t = e_{h,s,x}^t \cdot \left(\frac{P_{h,s,x}^t + P_{h,s,x+1}^{t+1}}{2} \right)$$

donde $e_{h,s,x}^t$ es la tasa de emigración al extranjero en el año t de los residentes en la provincia h de sexo s pertenecientes a la generación de individuos de edad x a 1 de enero del año t .

- Para los nacidos a lo largo del año t :

$$E_{h,s,-1}^t = e_{h,s,-1}^t \cdot \left(\frac{N_{h,s}^t + P_{h,s,0}^{t+1}}{2} \right)$$

donde $E_{h,s,-1}^t$ son las emigraciones al extranjero en el año t de nacidos a lo largo de dicho año de sexo s en la provincia h y $e_{h,s,-1}^t$ la tasa de emigración al extranjero de los mismos en dicho año.

- Para los individuos pertenecientes a la generación de 99 o más años de edad a 1 de enero del año t :

$$E_{h,s,99+}^t = e_{h,s,99+}^t \cdot \left(\frac{P_{h,s,99}^t + P_{h,s,100+}^t + P_{h,s,100+}^{t+1}}{2} \right)$$

donde $E_{h,s,99+}^t$ son las emigraciones al extranjero de individuos residentes en la provincia h de sexo s pertenecientes a las generaciones que tienen 99 o más años de edad a 1 de enero del año t ; y $e_{h,s,99+}^t$ la tasa de emigración al extranjero de los individuos residentes en la provincia h de sexo s pertenecientes a las generaciones que tienen 99 o más años de edad a 1 de enero del año t .

A partir de las cifras resultantes de este proceso se derivan las cifras por edad de cada fenómeno demográfico bajo la hipótesis de distribución uniforme entre las edades exactas que los individuos de cada generación tendrán en algún momento del año.

Por último, se ha de advertir que el cálculo de la proyección conlleva un proceso iterativo de comprobación de consistencia y ajuste de los resultados nacionales de poblaciones y eventos demográficos proyectados obtenidos de la proyección del total nacional y de la agregación de resultados provinciales, introduciendo sucesivos factores de corrección provinciales que modifican muy ligeramente, en el mismo grado para todas las provincias en cada generación, sexo, lugar de nacimiento (y por tanto sin modificar la posición relativa de cada provincia respecto a las demás respecto a la incidencia de cada fenómeno demográfico en cada sexo, edad y lugar

de nacimiento), las tasas específicas de fecundidad, mortalidad y emigración al extranjero hasta conseguir la completa consistencia interterritorial de stocks poblacionales y eventos demográficos proyectados.

2 Población de partida

La población de partida de las Proyecciones de Población 2018-2068 está constituida por las Cifras de Población provisionales a 1 de enero de 2018 disponibles en el momento de elaboración y difusión de sus resultados. Se garantiza así la consistencia de los resultados de esta operación con la serie retrospectiva de cifras poblacionales de referencia que el INE emplea en toda su producción estadística.

3 Proyección de la fecundidad

3.1 Proyección de la fecundidad en España

El método general de proyección de la fecundidad de las mujeres residentes en el territorio español se basa en establecer hipótesis sobre la evolución futura del nivel general de fecundidad, sintetizado por el Indicador Coyuntural de Fecundidad (ICF) o número medio de hijos por mujer y de los parámetros que sintetizan su distribución por edad, la Edad Media a la Maternidad (EMM) y la Varianza de la Edad Media a la Maternidad (Var(EMM)).

Por tanto, la proyección de la fecundidad consistirá en establecer ciertas hipótesis sobre la evolución futura de estos tres parámetros: el ICF, la EMM y la Var(EMM), para así obtener las tasas de fecundidad por edad para cada año del periodo proyectivo mediante el ajuste de una distribución de probabilidad Beta de parámetros ICF, EMM y Var(EMM)).

En esta edición, se ha introducido una modelización de la fecundidad según el lugar de nacimiento de la madre, para tener en cuenta así el distinto comportamiento de las mujeres nacidas en España y de las nacidas en el extranjero.

Toda función de fecundidad² por edad puede escribirse como

$$f(x) = D(\beta) \cdot g(x)$$

Donde

$D(\beta)$ es la descendencia final

β es el límite superior del intervalo de edad

$g(x)$ es el calendario de la fecundidad que determina una densidad de probabilidad definida en el intervalo de edad (α, β) tal que $\int_{\alpha}^{\beta} g(x) dx = 1$

Por lo tanto, dado que las curvas de fecundidad por edad observadas son curvas continuas, acampanadas, unimodales y ligeramente desviadas a la derecha, una de las distribuciones de probabilidad que mejor puede ajustar el calendario de la fecundidad observada en España es la Distribución de Probabilidad Beta, corregida por los límites de edad inferior α y superior β .

$$f(x) = D(\beta) \frac{1}{B(a, b)} \frac{(x - \alpha)^{a-1} (\beta - x)^{b-1}}{(\beta - \alpha)^{a+b-1}}, \quad 1 < a < b$$

Donde

$$a = \frac{[1 - m(X)]m^2(X)}{s^2(X)} - m(X) \quad , \quad b = \frac{[1 - m(X)]^2 m(X)}{s^2(X)} - [1 - m(X)] \quad \text{y} \quad D(\beta) = ICF$$

² Eléments de démographie mathématique. Roland Pressat. Association Internationale des Démographes de la Langue Française. 1995

Y si $\alpha = 15$ y $\beta = 49$ entonces $m(X) = \frac{EMM-15}{35}$ y $s^2(X) = \frac{Var(EMM)}{35^2}$

De esta forma, para cada año t del periodo proyectivo a largo plazo 2018-2067 la curva de fecundidad por edad y lugar de nacimiento de la madre n se obtendrá como resultado de ajustar una distribución de probabilidad beta de parámetros $\widehat{ICF}_n^t$, $\widehat{EMM}_n^t$ y $\widehat{Var}(\widehat{EMM}_n^t)$.

Es decir, necesitamos una proyección de los parámetros de la distribución beta para cada uno de los años del periodo proyectivo.

En la encuesta a los expertos que se realizó en mayo de 2018, explicada en la introducción de este documento, se les preguntó sobre qué valor consideraban que alcanzarían tanto el Indicador Coyuntural de Fecundidad como la Edad Media a la Maternidad en España en los años 2032 (dentro de 15 años) y en 2067 (dentro de 50 años), separadamente, para las mujeres nacidas en España y para las nacidas en el extranjero.

Entonces, los valores del $\widehat{ICF}_n^t$ y de la $\widehat{EMM}_n^t$ de cada uno de los años del periodo proyectivo, necesarios para ajustar la correspondiente curva de fecundidad, se obtendrán por interpolación lineal entre el último valor observado (provisionales de 2017) y la media aritmética de los valores dados por los expertos en la encuesta para los años 2032 y 2067, respectivamente.

En cuanto a la varianza de la edad media a la maternidad de cada uno de los años del periodo proyectivo se dejará constante e igual al valor que tuviera el último año observado, que en esta edición corresponden a los provisionales de 2017.

Una vez que se dispone de una proyección de los parámetros para cada uno de los años del periodo proyectivo a largo plazo 2018-2067, la tasa de fecundidad para cada edad x y lugar de nacimiento de la madre n se obtiene sin más que aplicar las fórmulas desarrolladas en la página 14 de este documento.

$$f_n^t(x) = \widehat{ICF}_n^t \frac{1}{B(a,b)} \frac{(x-15)^{a-1}(49-x)^{b-1}}{(35)^{a+b-1}}, \quad 1 < a < b$$

Donde

$$a = \frac{[1-m(X)]m^2(X)}{s^2(X)} - m(X) \quad \text{y} \quad b = \frac{[1-m(X)]^2 m(X)}{s^2(X)} - [1 - m(X)]$$

Con

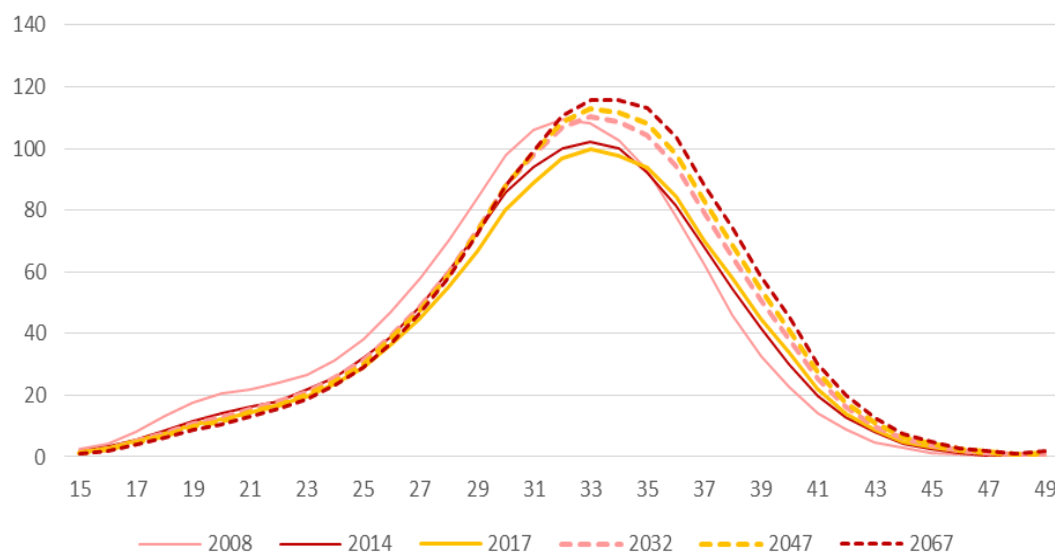
$$m(X) = \frac{\widehat{EMM}_n^t - 15}{35} \quad \text{y} \quad s^2(X) = \frac{\widehat{Var}(\widehat{EMM}_n^t)}{35^2}$$

De esta estimación se extrae el perfil de crecimiento anual que se aplica a partir del último periodo observado. La finalidad de aplicar este factor de corrección, es posibilitar una transición más suave entre el último periodo observado y el primer periodo proyectado.

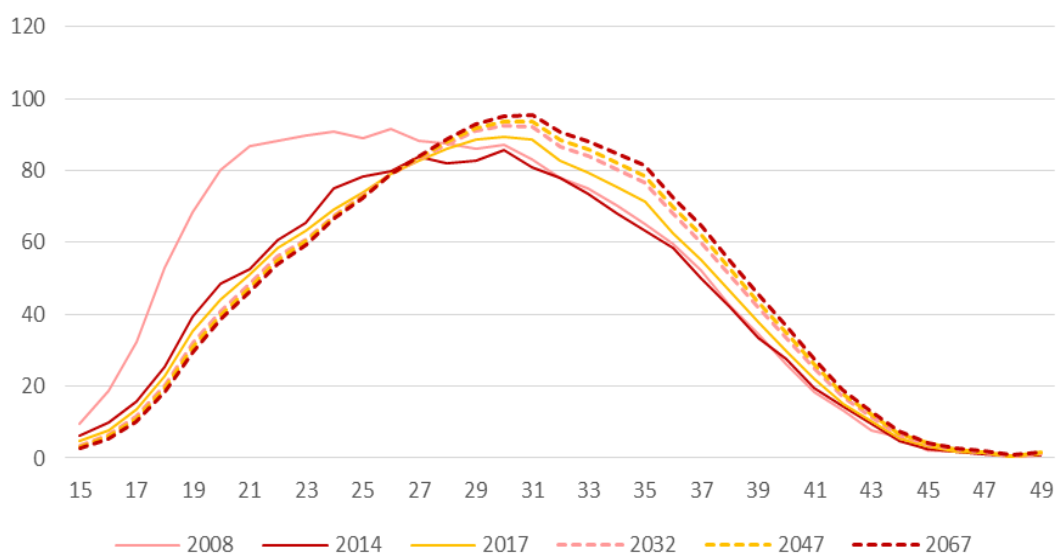
En los gráficos siguientes se incluyen los valores observados y proyectados de las Tasas de Fecundidad por edad y lugar de nacimiento de la madre, así como del

Indicador Coyuntural de Fecundidad y de la Edad Media a la Maternidad según el lugar de nacimiento de la madre:

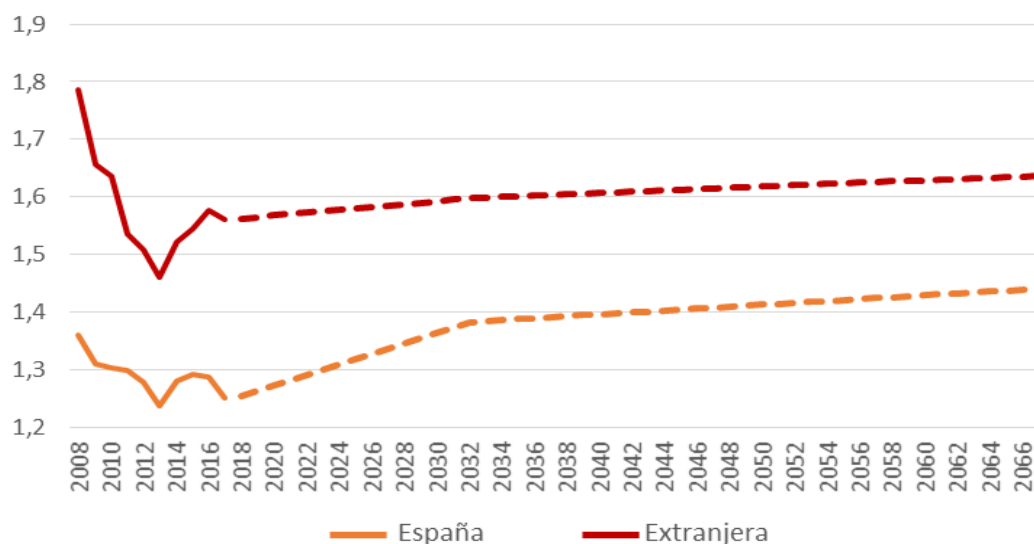
**Tasas de Fecundidad por Edad de mujeres nacidas en España
observadas 2008,2014 y 2017 y proyectadas 2032, 2047 y 2067**



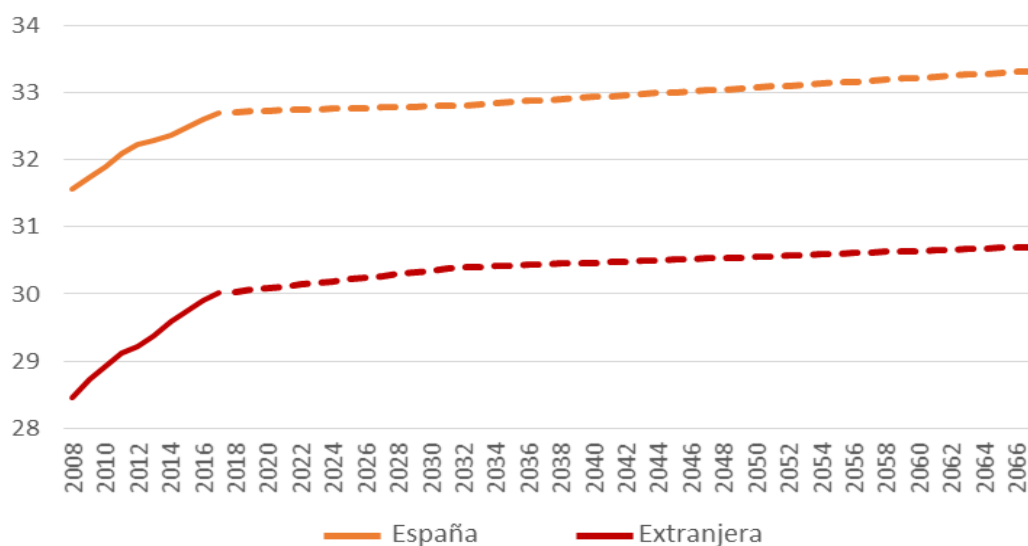
**Tasas de Fecundidad por Edad de mujeres nacidas en el extranjero
observadas 2008,2014 y 2017 y proyectadas 2032, 2047 y 2067**



Indicador Coyuntural de Fecundidad por lugar de nacimiento de la madre observado 2008-2017 y proyectado 2018-2067



Edad Media a la Maternidad por lugar de nacimiento de la madre observado 2008-2017 y proyectado 2018-2067



Finalmente, la tasa de fecundidad proyectada por año de nacimiento de la madre para cada año del periodo proyectivo, se deriva de la semisuma de las tasas proyectadas para ese mismo año correspondientes a las dos edades que durante dicho año puedan tener cumplidas las mujeres de cada generación, bajo la hipótesis de distribución uniforme de los cumpleaños de los individuos a lo largo de un año de calendario.

$$f_{g(t-x),n}^t = \frac{(f_{x,n}^t + f_{x+1,n}^t)}{2} \quad \forall t$$

Con objeto de desagregar las cifras de nacimientos proyectadas por sexo, se aplica la proporción de masculinidad al nacimiento proyectada como el promedio de dichas proporciones observadas en los últimos 10 años para los que se dispone de resultados definitivos de la Estadística de Nacimientos del Movimiento Natural de la Población, es decir, del periodo 2007-2016, en el momento de establecer las presentes proyecciones.

3.2 Proyección de la fecundidad en las provincias

La proyección de la evolución de la fecundidad a lo largo del período 2018-2032 en cada una de las provincias de España se lleva a cabo a partir de una simulación del comportamiento diferencial de la intensidad de la fecundidad en cada provincia respecto al total nacional, así como de la evolución actual de la Edad Mediana a la Maternidad y del Rango Intercuartílico de las tasas de fecundidad de cada una de ellas. A partir de dichos parámetros se derivan las tasas de fecundidad por edad proyectadas para cada provincia para cada año del periodo proyectivo a corto plazo a partir del denominado *modelo de Brass-Gompertz Relacional*, siguiendo la metodología propuesta por Zeng y otros (2001)³.

De esta forma, la proyección de las tasas de fecundidad, por provincia p y lugar de nacimiento n , se realiza en los siguientes pasos:

1. Proyección del Indicador Coyuntural de Fecundidad por provincia y lugar de nacimiento de la madre para el periodo 2018-2032:

El Indicador Coyuntural de Fecundidad proyectado, en cada provincia p y lugar de nacimiento n , para cada año del periodo proyectivo a corto plazo t , se deriva del establecido para el total nacional para dicho año multiplicado por un coeficiente que representa el diferencial de intensidad en fecundidad de cada provincia y lugar de nacimiento de la madre con España, es decir:

$$IC\hat{F}_{p,n}^t = IC\hat{F}_{España,n}^t \cdot D\hat{F}_{p,n}^t$$

Siendo $IC\hat{F}_{España,n}^t$ el Indicador Coyuntural de Fecundidad proyectado para el año t del total nacional y lugar de nacimiento de la madre n obtenido según lo explicado en el epígrafe 3.1 de este documento.

³ Zeng Yi, Wang Zhenglian, Ma Zhongdong y Chen Chunjun. 2000. "A simple method for projecting or estimating α and β : An extension of the Brass Relational Gompertz Fertility Model", Population Research and Policy Review 19:525-549.

El coeficiente diferencial observado se define para un año t^* como el cociente entre el Indicador Coyuntural de Fecundidad observado para la provincia p y lugar de nacimiento de la madre n y el Indicador Coyuntural de Fecundidad observado para España:

$$DF_{p,n}^{t^*} = \frac{ICF_{p,n}^{t^*}}{ICF_{España,n}^{t^*}}$$

El coeficiente diferencial proyectado para cada año del periodo 2018-2032 se obtiene a partir de la estimación por Mínimos Cuadrados Ordinarios de una modelización logarítmica de la evolución observada de dicho diferencial a lo largo de los últimos 10 años, de acuerdo a la siguiente formulación:

$$DF_{p,n}^t = \alpha_{p,n} + \beta_{p,n} \cdot \ln(t - aa1) \quad \forall t = aa1, \dots, aa10$$

De este modo, la estimación del coeficiente diferencial de cada provincia y nacionalidad para cada año del periodo proyectivo a corto plazo, $\widehat{DF}_{p,n}^t$, se deriva de la extrapolación al futuro del modelo logarítmico estimado.

$$\widehat{DF}_{p,n}^t = \hat{\alpha}_{p,n} + \hat{\beta}_{p,n} \cdot \ln(t - aa1) \quad \forall t > aa10$$

Finalmente, el Indicador Coyuntural de Fecundidad proyectado para cada provincia, lugar de nacimiento de la madre y año del periodo proyectivo a corto plazo resulta de:

$$\widehat{ICF}_{p,n}^t = \widehat{DF}_{p,n}^t \cdot ICF_{España,n}^t \quad \forall t > aa10$$

Una mayor información sobre los valores observados se encuentra disponible en [Indicadores Demográficos Básicos](#).

2. Proyección de la Edad Mediana a la Maternidad por provincia y lugar de nacimiento de la madre en el periodo 2018-2032:

La Edad Mediana a la Maternidad proyectada para cada año t del periodo proyectivo en cada provincia p y lugar de nacimiento de la madre n , $EMeM_{p,n}^t$, se obtiene análogamente a partir de la estimación por Mínimos Cuadrados Ordinarios de una modelización logarítmica de la evolución observada de dicho indicador a lo largo de los últimos 10 años, de acuerdo a la siguiente formulación:

$$EMeM_{p,n}^t = \gamma_{p,n} + \delta_{p,n} \cdot \ln(t - aa1) \quad \forall t = aa1, \dots, aa10$$

De este modo, la proyección de la Edad Mediana a la Maternidad de cada provincia y lugar de nacimiento de la madre, $\widehat{EMeM}_{p,n}^t$, se extrapola al futuro a partir del modelo logarítmico estimado.

$$\widehat{EMeM}_{p,n}^t = \hat{\gamma}_{p,n} + \hat{\delta}_{p,n} \cdot \ln(t - aa1) \quad \forall t > aa10$$

3. Proyección del Rango Intercuartílico de las tasas específicas de fecundidad por edad, provincia y lugar de nacimiento de la madre para el periodo 2018-2032:

El Rango Intercuartílico de las tasas de fecundidad por edad estimado para cada año del periodo proyectivo en cada provincia y lugar de nacimiento de la madre, $RI_{p,n}^t$, se obtiene análogamente a partir de la estimación por Mínimos Cuadrados Ordinarios de una modelización logarítmica de la evolución observada de dicho indicador a lo largo de los últimos 10 años, de acuerdo a la siguiente formulación:

$$RI_{p,n}^t = \mu_{p,n} + \rho_{p,n} \cdot \ln(t - aa1), \quad \forall t = aa1, \dots, aa10$$

De este modo, el Rango Intercuartílico empleado en la proyección para cada año del periodo proyectivo a corto plazo se extrapola al futuro a partir del modelo logarítmico estimado:

$$\hat{RI}_{p,n}^t = \hat{\mu}_{p,n} + \hat{\rho}_{p,n} \cdot \ln(t - aa1) \quad \forall t > aa10$$

4. Cálculo de las tasas de fecundidad por edad, provincia y lugar de nacimiento de la madre, proyectadas para cada año del periodo 2018-2032 a partir del modelo *Brass-Gompertz Relacional*:

Se derivan las tasas específicas de fecundidad por edad proyectadas para cada año del periodo proyectivo a corto plazo, de cada provincia y lugar de nacimiento de la madre correspondiente, a partir de los indicadores de fecundidad establecidos en los pasos anteriores y de las tasas de fecundidad por edad observadas en el último año para el que se dispone de resultados de la Estadística de Nacimientos del Movimiento Natural de la Población previamente suavizadas mediante un proceso de medias móviles de orden 5 (5 edades consecutivas) con la finalidad de introducir el menor ruido posible en la proyección. En el momento de establecerse las presentes proyecciones, la última información disponible es la relativa a los resultados provisionales de 2017.

Dados :

$$H(x) = \sum_{i=15}^x f_i^{p,n,t}, \text{ donde } f_i^{p,n,t} \text{ es la tasa específica de fecundidad a la edad}$$

i-ésima de la provincia p según el lugar de nacimiento de la madre n en el año t.

$$T = ICF = \sum_{i=15}^{49} f_i^{p,n,t} \quad \text{e} \quad Y(x) = -\ln(\ln(x))$$

El modelo relacional de Brass-Gompertz establece una función monótona que relaciona la suma acumulada de las tasas de fecundidad hasta la edad x de un año t,

$H^t(x)$, con la del año previo, $H^{t-1}(x)$. Se hace recursivamente para cada t del periodo proyectivo a corto plazo.

$$Y(H_{p,n}^t(x)/T_{p,n}^t) = \alpha_{t,n} + \beta_{t,n} \cdot Y(H_{p,n}^{t-1}(x)/T_{p,n}^{t-1})$$

Una vez estimados α y β se obtienen las tasas de fecundidad proyectadas para el

año t sin más que aplicar: $H_{p,n}^t(x) = \hat{T}_{p,n}^t \cdot \exp\left(-\exp\left(-\frac{Y(H_{p,n}^t(x))}{\hat{T}_{p,n}^t}\right)\right)$

y

$$f_{x,p,n}^t = H_{p,n}^t(x) - H_{p,n}^t(x-1)$$

Donde $\hat{T}_{p,n}^t$ es el ICF que hemos proyectado como resultado de la modelización logarítmica del diferencial de intensidad en fecundidad de cada provincia y lugar de nacimiento de la madre con España para el año t en el punto 1 del epígrafe 3.2 de este documento.

Zeng Yi⁴, Wang Zhenglian⁵, Ma Zhongdong⁶ y ChenChunjun⁷, obtuvieron un método simple para estimar α y β del modelo relacional de Brass-Gompertz basado en la edad mediana, el recorrido intercuartílico y el nivel específico de fecundidad⁸.

$$\hat{\alpha}_{t,n} = Y(0,5) - \hat{\beta}_{t,n} \cdot Y(H_{p,n}^{t-1}(EMe\hat{M}_{p,n}^t)/ICF_{p,n}^{t-1})$$

$$\hat{\beta}_{t,n} = \frac{R\hat{I}_{p,n}^{t-1}}{R\hat{I}_{p,n}^t}$$

Las tasas específicas de fecundidad por edad proyectadas para cada año del periodo proyectivo a corto plazo, por provincia según el lugar de nacimiento de la madre, son sometidas a un proceso de suavización de medias móviles de orden 5 (5 edades consecutivas) con el fin de introducir el menor ruido posible en la proyección.

⁴ Duke University and Peking University;

⁵ Sanford Institute for Public Policy of Duke University;

⁶ Hong Kong University of Science and Technology;

⁷ University of Wisconsin-White Water;

⁸ A simple method for projecting or estimating α y β ; An extension of the Brass Gompertz Fertility Model.

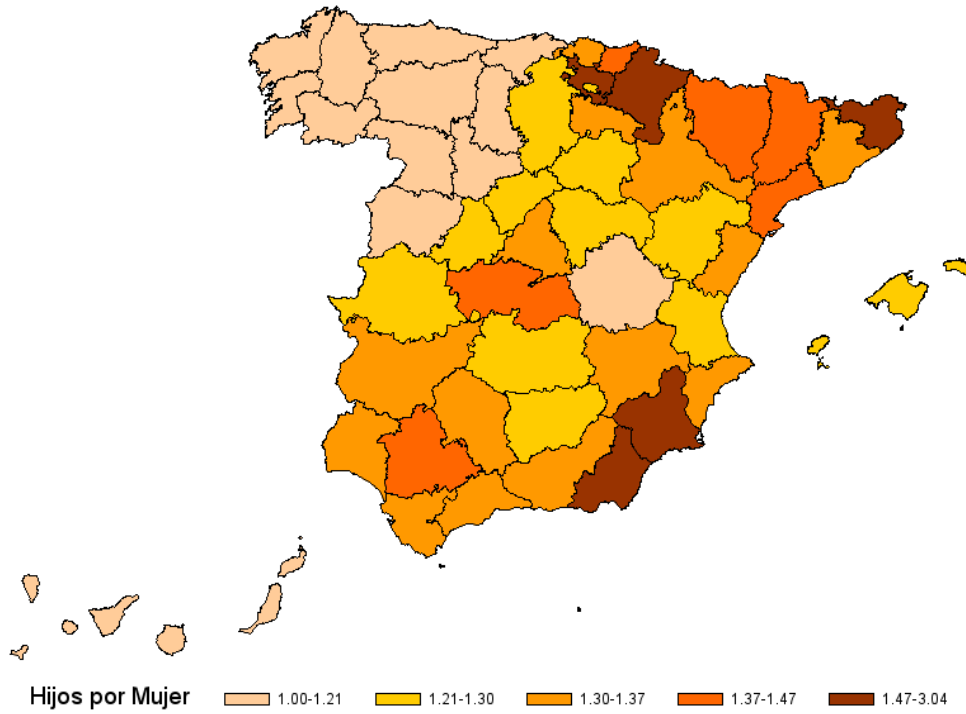
De esta estimación se extrae el perfil de crecimiento anual para cada provincia que se aplica a partir del último periodo observado. La finalidad de aplicar este factor de corrección, es posibilitar una transición más suave entre el último periodo observado y el primer periodo proyectado.

Una mayor información sobre los valores observados se encuentra disponible en [Indicadores Demográficos Básicos](#).

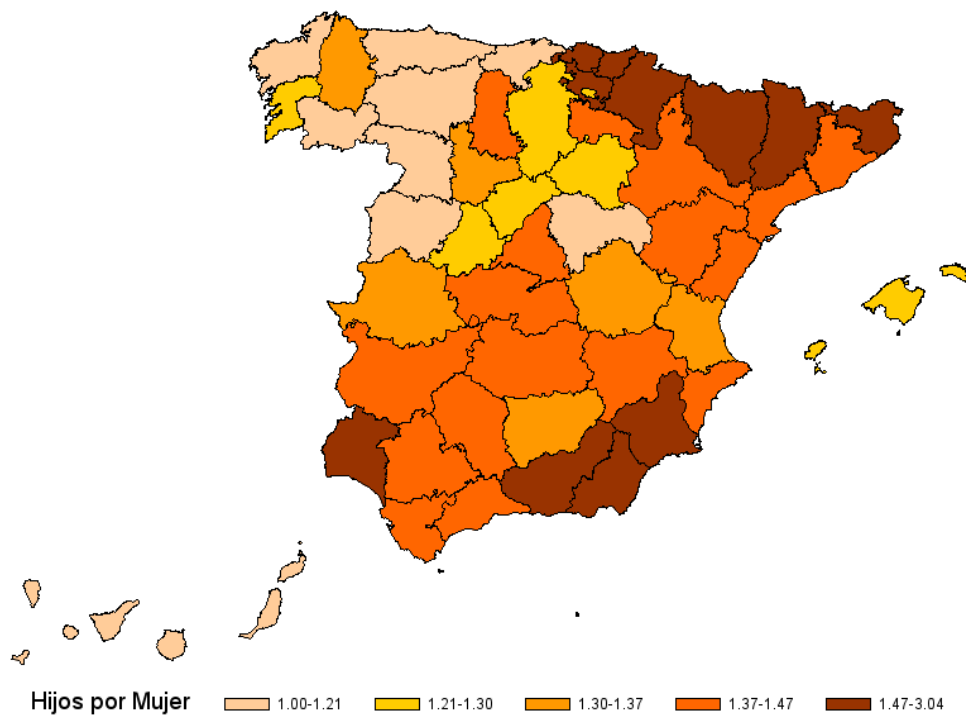
Por último, las tasas de fecundidad proyectadas por generación, provincia y lugar de nacimiento de la madre se derivan de la semisuma de las tasas proyectadas para ese mismo año correspondientes a las dos edades que durante dicho año puedan tener cumplidas las mujeres de tal generación.

El indicador coyuntural de fecundidad y la edad media a la maternidad proyectada en cada provincia y su evolución, se refleja en los mapas recogidos a continuación.

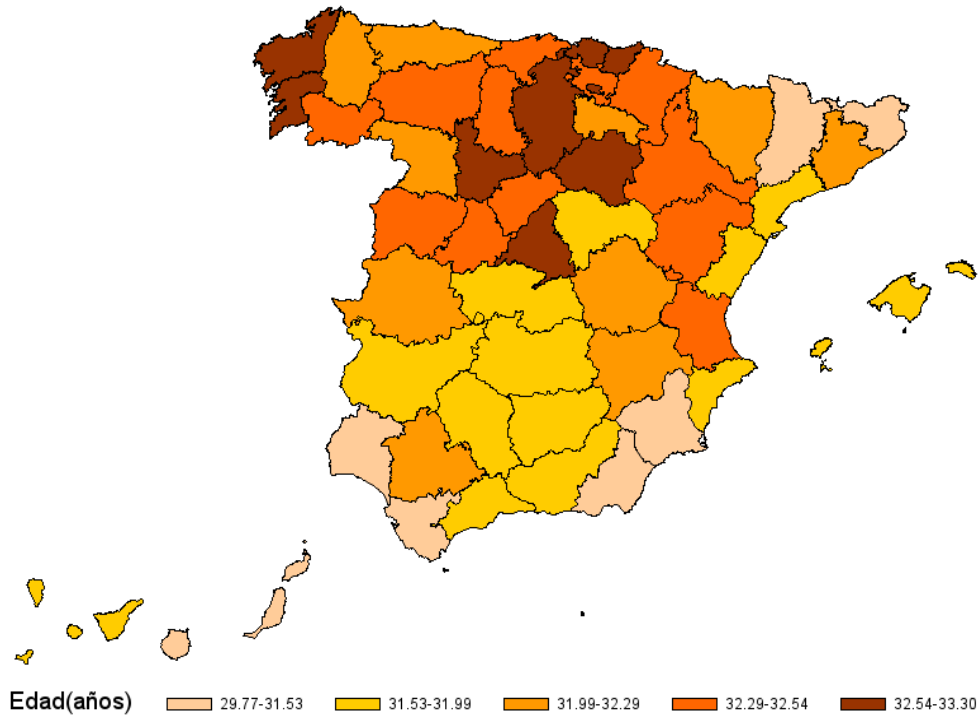
Indicador Coyuntural de Fecundidad 2018



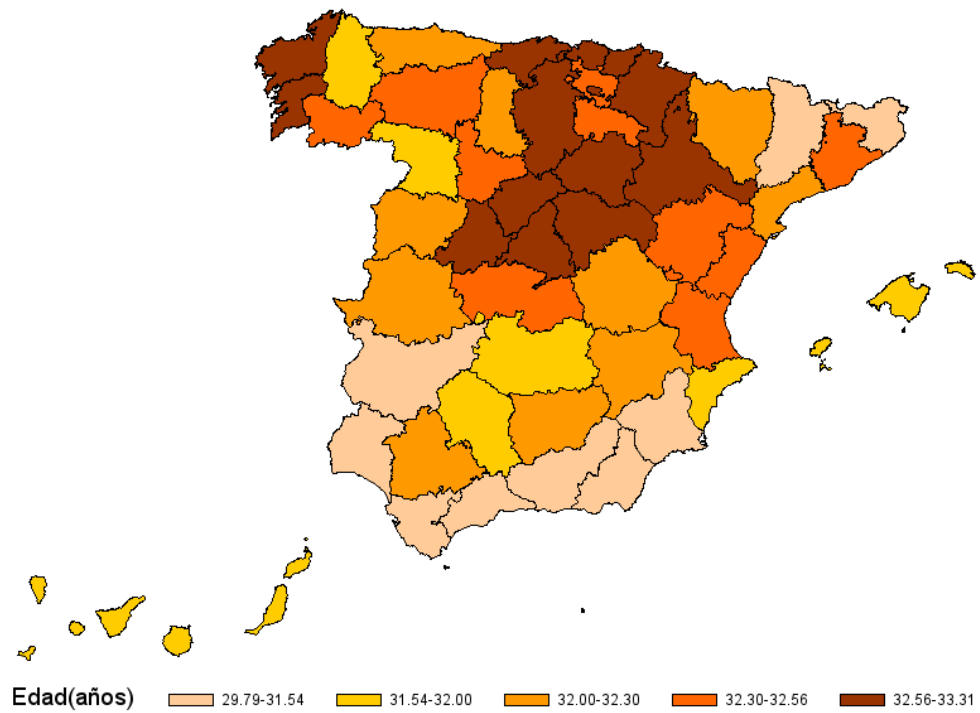
Indicador Coyuntural de Fecundidad 2032



Edad Media a la Maternidad 2018



Edad Media a la Maternidad 2032



4 Proyección de la mortalidad

4.1 Proyección de la mortalidad en España

Aun cuando las hipótesis de proyección se incorporan separadas por el lugar de nacimiento en todos los fenómenos, en el caso de la mortalidad se emplean los mismos parámetros de proyección para los nacidos en España y para los nacidos en el extranjero. Ello es debido al bajo número de defunciones registrado entre la población nacida en el extranjero residente en España, que conlleva un escaso o nulo número de defunciones al desagregarlas por sexo, edad y provincia.

La metodología de proyección de la incidencia de la mortalidad en España se lleva a cabo a partir de una proyección en base al nivel general sintetizado por la esperanza de vida al nacimiento y se derivan posteriormente tablas de mortalidad acordes con esos valores mediante el uso de tablas tipo. Se desarrolla en las siguientes etapas⁹:

1. Se proyecta la esperanza de vida al nacimiento para cada uno de los años del periodo proyectivo a largo plazo 2018-2067, mediante una regresión lineal de una función logística frente al tiempo o año de calendario, hasta un máximo que se alcanzaría en un futuro teórico fijado en el infinito, esto es, muy alejado del año horizonte. Para ello, se utiliza la función Logit recomendada por el Banco Mundial:

$$\text{Logit}(e_0^t) = \left(\frac{e_0^{\max} - e_0^t}{e_0^t - e_0^{\min}} \right)$$

2. El valor máximo de la esperanza de vida al nacimiento o asíntota de la misma $e_0^{\max}$, se elige como aquel valor que permite que en el último año del periodo proyectivo a largo plazo considerado, la esperanza de vida al nacimiento sea igual a la media aritmética de las respuestas dadas por los expertos, en la encuesta que se les realizó en mayo de 2018, a la pregunta de qué valor consideraban ellos que alcanzaría la esperanza de vida al nacimiento para los hombres y las mujeres residentes en España, separadamente, dentro de 50 años.
3. El valor mínimo de la esperanza de vida al nacimiento $e_0^{\min}$, considerado en la función logit del punto 1 será el que proporcione el mejor ajuste al ser asociado con el valor máximo que se considere como límite.

4. La estimación por MCO de los parámetros α y β del modelo lineal

$$\text{Logit}(e_0^t) = \alpha + \beta \cdot t$$

⁹ Demografía, análisis y proyecciones. Julio Vinuesa. 1997. Ed. Síntesis.

A partir de la evolución de la función logit de la esperanza de vida observada desde 1991, proporcionará una estimación de la esperanza de vida al nacimiento para cada uno de los años del periodo proyectivo, sin más que sustituir en la siguiente ecuación.

$$\widehat{e}_0^t = e_0^{min} + \frac{e_0^{max} - e_0^{min}}{1 + \exp^{Logit(\widehat{e}_0^t)}}$$

5. Con el objetivo de afinar más la proyección de la esperanza de vida al nacimiento de cada año del periodo proyectivo a largo plazo dada por la función logit, se hace una distribución progresiva en 20 años, para las mujeres, y en 40 años, para los hombres, de la diferencia obtenida entre la esperanza de vida al nacimiento observada y estimada para el último año observado que en esta edición es 2017.

A continuación se proyecta la tabla de mortalidad de cada uno de los años del periodo proyectivo a largo plazo 2018-2067, adecuada al nivel de esperanza de vida al nacimiento que hemos proyectado a partir de la regresión logit en los puntos 4 y 5 de este epígrafe, mediante el uso de Tablas Tipo de Mortalidad. Se desarrolla en las siguientes etapas:

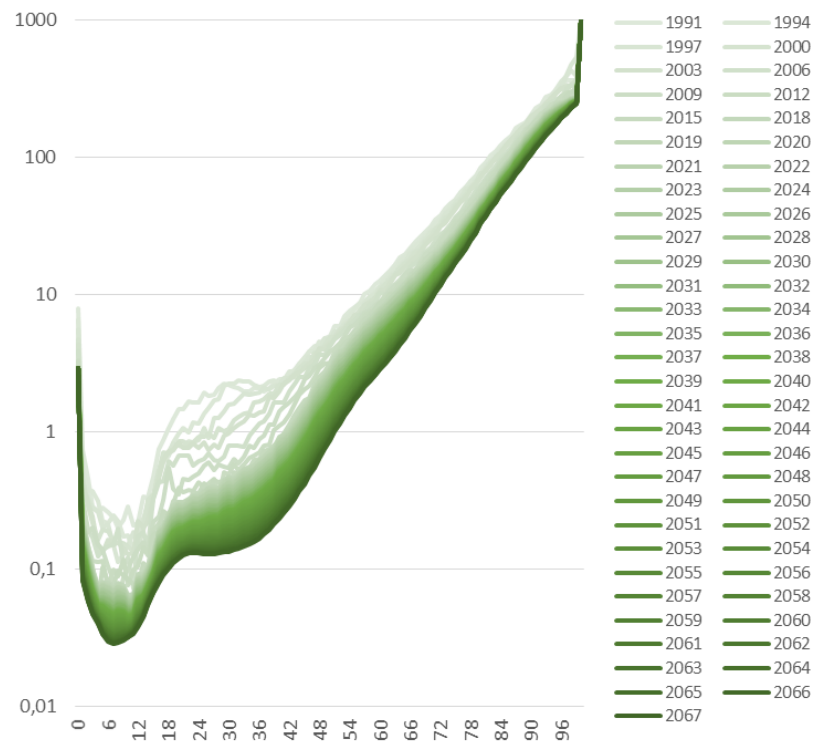
1. La serie de riesgos de mortalidad q_x proyectada para el último año del periodo proyectivo a largo plazo, que en las presentes proyecciones de población se trata de 2067, se obtendrá por interpolación lineal entre las Tablas Tipo de Ansley Coale y Paul Demeny publicadas por Naciones Unidas, sector Este para los hombres y sector Oeste para las mujeres, que determinan el intervalo de un año de amplitud $[e_1, e_1+1]$ siendo e_1 la parte entera del nivel de esperanza de vida al nacimiento proyectado por la regresión logit para el último año del periodo proyectivo a largo plazo, que en este caso es 2067 y ha sido establecido como la media aritmética de las respuestas dadas por los expertos, en la encuesta que se les realizó en mayo de 2018, a la pregunta de qué valor consideraban ellos que alcanzaría la esperanza de vida al nacimiento de los residentes en España dentro de 50 años, separadamente para cada sexo.

De forma análoga, obtendremos el promedio de años vividos el último año de vida a_x para el último año del periodo proyectivo a largo plazo.

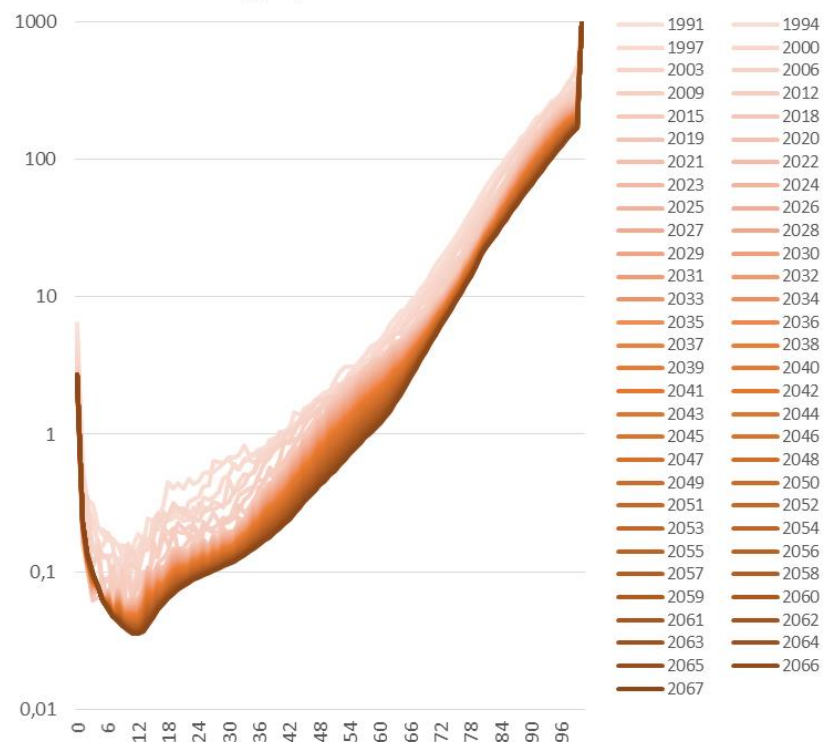
2. Las series q_x y a_x correspondientes a cada uno de los años del periodo proyectivo se obtienen mediante interpolación lineal entre las series correspondientes al último año observado, 2017 en las presentes proyecciones para el que se dispone de resultados provisionales, y las proyectadas para el último año del periodo proyectivo a largo plazo, 2067 en las presentes proyecciones. Con el fin de no arrastrar las fluctuaciones coyunturales de la mortalidad partiremos de la serie de riesgos de mortalidad (q_x) y de la serie del promedio de años vividos el último año de vida por los que fallecen (a_x) correspondientes a 2017 suavizadas dos veces mediante un proceso de medias móviles de orden 5.

En los dos gráficos siguientes, se muestran los perfiles de los riesgos de muerte por edad observados y proyectados, para hombres y para mujeres.

**Evolución Riesgos de mortalidad Hombres observados
1991-2017 y proyectados 2018-2067**



**Evolución Riesgos de mortalidad Mujeres observados
1991-2017 y proyectados 2018-2067**



Una mayor información sobre los valores observados relativos a los riesgos de muerte por edad, se encuentra disponible en [Tablas de mortalidad](#).

3. Por último, a partir de los riesgos de muerte anuales proyectados q_x y del promedio de años vividos el último año de vida por los que fallecen a_x , se derivan las restantes funciones biométricas de una tabla de mortalidad completa, uno de cuyos parámetros, la tasa de mortalidad por generación, constituye el input empleado en las presentes proyecciones para el cálculo de supervivientes por sexo y edad.

Así, partiendo de una generación ficticia de $l_{s,0} = 100.000$ individuos, para cada sexo s , se calculan las siguientes series por edad x , siendo $x = 0,1,2,...99,100$:

- Los supervivientes a cada edad exacta x :

$$l_{s,x+1} = (1 - q_{s,x}) \cdot l_{s,x}$$

- Las defunciones entre cada dos edades exactas x y $x+1$:

$$d_{s,x} = l_{s,x} - l_{s,x+1}$$

- Los años vividos con edad x o población estacionaria de edad x :

$$L_{s,x} = l_{s,x+1} + a_{s,x} \cdot d_{s,x}$$

- Las tasas de mortalidad por generación, correspondientes a las edades $x = 0,1,2,...100$ a 1 de enero del año $t+1$, se calculan mediante las expresiones siguientes:

Para $x = 0$,

$$m_{s,g(t)} = \frac{l_{s,0} - L_{s,0}}{\frac{l_{s,0} + L_{s,0}}{2}}$$

Para $x = 1,2,...99$,

$$m_{s,g(t-x)} = \frac{L_{s,x} - L_{s,x+1}}{\frac{L_{s,x} + L_{s,x+1}}{2}}$$

Para $x=100+$

$$m_{s,g(t-100+)} = \frac{L_{s,99}}{\frac{L_{s,99} + 2 \cdot L_{s,100+}}{2}}$$

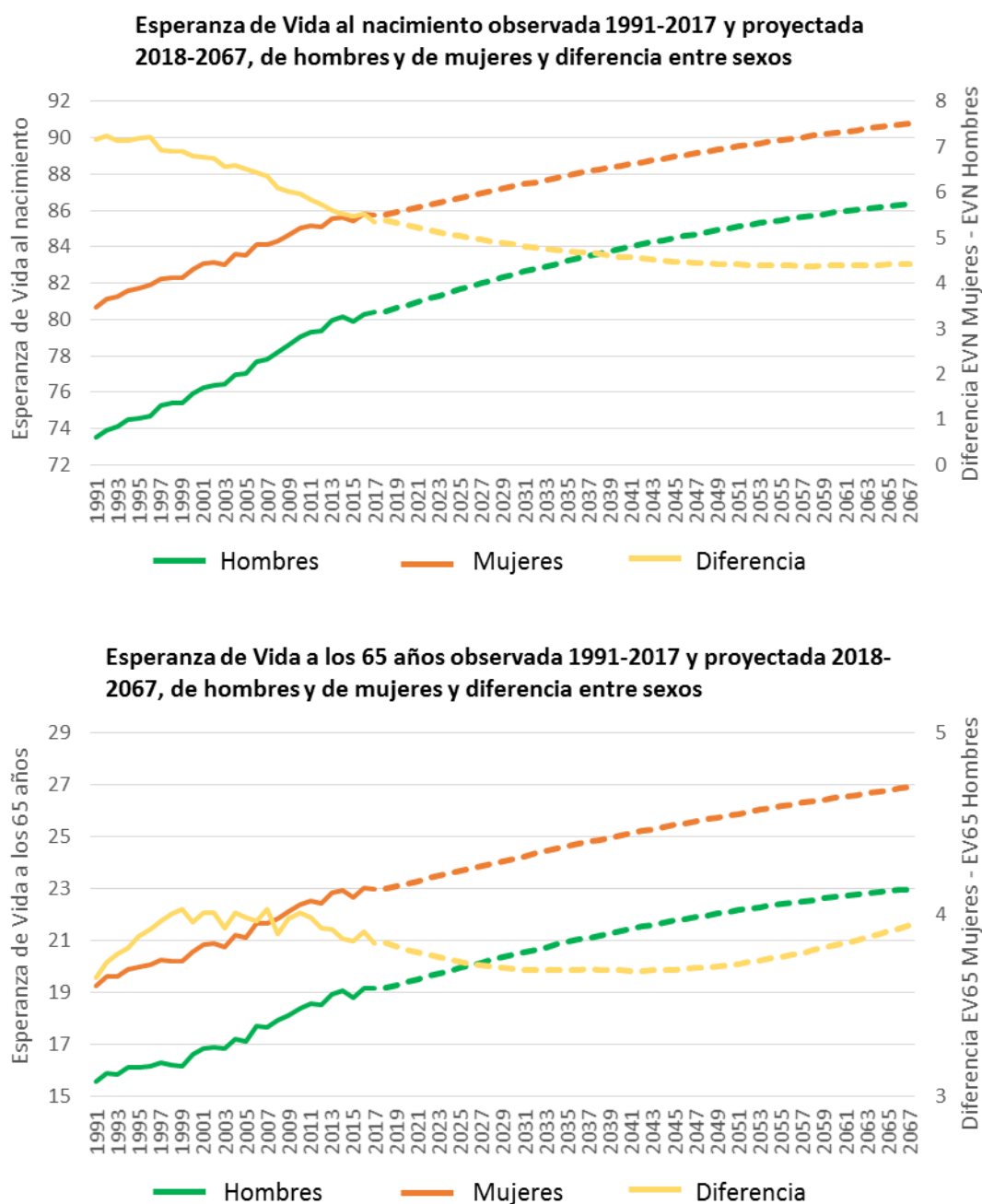
- El tiempo vivido desde la edad x :

$$T_{s,x} = \sum_{i=x}^{100+} L_{s,i}$$

- La esperanza de vida a cada edad exacta x :

$$e_{s,x} = \frac{T_{s,x}}{l_{s,x}}$$

Como resumen de la proyección de la mortalidad en España, con un horizonte temporal de 50 años, en los siguientes gráficos se muestran las esperanzas de vida al nacimiento y a los 65 años de edad, por sexo, observadas y proyectadas hasta el año 2067, así como la diferencia entre hombres y mujeres, que resultan del procedimiento de ajuste y extrapolación empleado.



Una mayor información sobre los valores observados de la esperanza de vida por edad, se encuentra disponible en [Tablas de mortalidad](#).

4.2 Proyección de la mortalidad en las provincias

La proyección de la incidencia de la mortalidad en las provincias para el periodo 2018-2032 se desarrolla a partir de una metodología relacional siguiendo el método de los *logits de Brass*¹⁰. El procedimiento de proyección sigue los siguientes pasos:

1. Se parte de la serie de supervivientes por edad x , de cada sexo s , de tablas de mortalidad¹¹ anuales completas de cada provincia y de España, las cuales denotamos por $l_{s,x}^{Provincia}(t)$ y $l_{s,x}^{España}(t)$ para cada año t , respectivamente desde 2008 a 2017.
2. Aplicando una transformación a la función de supervivientes se calculan los logits para cada provincia y para España:

$$\text{Logit } l_{s,x}^{Provincia}(t) = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{l_{s,0}^{Provincia}(t) - l_{s,x}^{Provincia}(t)}{l_{s,x}^{Provincia}(t)} \right)$$

$$\text{Logit } l_{s,x}^{España}(t) = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{l_{s,0}^{España}(t) - l_{s,x}^{España}(t)}{l_{s,x}^{España}(t)} \right)$$

3. A continuación se ajusta un modelo lineal que relaciona la serie de supervivientes de cada provincia con la del total nacional y dos parámetros alfa y beta:

$$\text{Logit } l_{s,x}^{Provincia}(t) = \alpha_s^{Provincia} + \beta_s^{Provincia} \cdot \text{Logit } l_{s,x}^{España}(t)$$

En el ajuste de dichos modelos se han empleado únicamente los valores de las series que van de los 40 a los 95 años (Ceuta y Melilla hasta los 90). El objetivo es que el modelo gane en estabilidad.

La función de supervivientes es una función inestable en las primeras edades por estar expuesta a fuertes oscilaciones por la influencia de sucesos raros y fenómenos aleatorios, sobre todo en poblaciones pequeñas como las provincias.

Gracias a que se trata de una función recursiva creciente, esta inestabilidad de la función de supervivientes se va corrigiendo al aumentar la edad y crecer el tamaño de la población a partir de la cual se calcula la intensidad de la mortalidad.

4. A continuación, se establece una evolución logarítmica de los parámetros alfa y beta en cada provincia y sexo en función del tiempo, que se estima por Mínimos Cuadrados Ordinarios, que permite derivar la estimación de los mismos para todo el periodo proyectivo:

¹⁰ William Brass, (1975), *Methods for estimating fertility and mortality from limited and defective data*.

¹¹ Fuente: INE, Tablas de mortalidad.

$$\hat{\alpha}_s^{Provincia}(t) = \lambda_s^{Provincia} + \rho_s^{Provincia} \cdot \ln(t)$$

$$\hat{\beta}_s^{Provincia}(t) = \pi_s^{Provincia} + \vartheta_s^{Provincia} \cdot \ln(t)$$

5. Se calculan los logit proyectados para cada provincia, sexo y edad a partir de la estimación de alfa y beta obtenida en el punto anterior y del logit de los supervivientes por sexo y edad proyectada para el total nacional para cada año del periodo proyectivo a corto plazo y tal y como se ha explicado en el epígrafe 4.1 de este documento:

$$Logit \hat{l}_{s,x}^{Provincia}(t) = \hat{\alpha}_s^{Provincia} + \hat{\beta}_s^{Provincia} \cdot Logit \hat{l}_{s,x}^{España}(t)$$

6. Se reconstruyen las tablas de mortalidad proyectadas por sexo, edad y provincia, para cada año t del periodo proyectivo 2018-2032 a partir de la expresión:

$$\hat{l}_{s,x}^{Provincia}(t) = \frac{l_0}{1 + e^{2 \cdot Logit \hat{l}_{s,x}^{Provincia}(t)}}$$

que proporciona la serie de supervivientes por edad x , $\hat{l}_{s,x}^{Provincia}(t)$, para cada sexo y provincia, a partir de la cual se deriva el resto de las funciones biométricas de las tablas de mortalidad. Así, se calculan las siguientes series:

- La serie de defunciones por edad de la tabla de mortalidad:

$$d_{s,x} = l_{s,x} - l_{s,x+1}$$

- La serie de probabilidades de muerte por edad se deduce mediante la expresión:

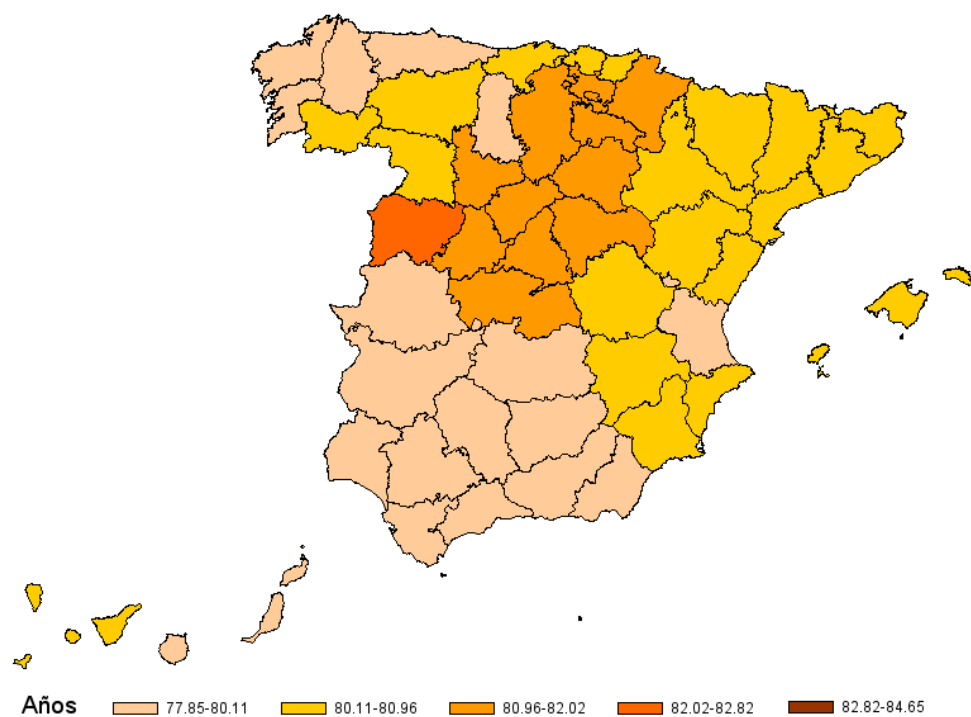
$$q_{s,x} = \frac{d_{s,x}}{l_{s,x}}$$

- Con las mismas expresiones empleadas para las tablas de mortalidad de España, se calculan las restantes series: los años vividos con edad x o *población estacionaria de edad* x , las tasas de mortalidad por generación, y la esperanza de vida.

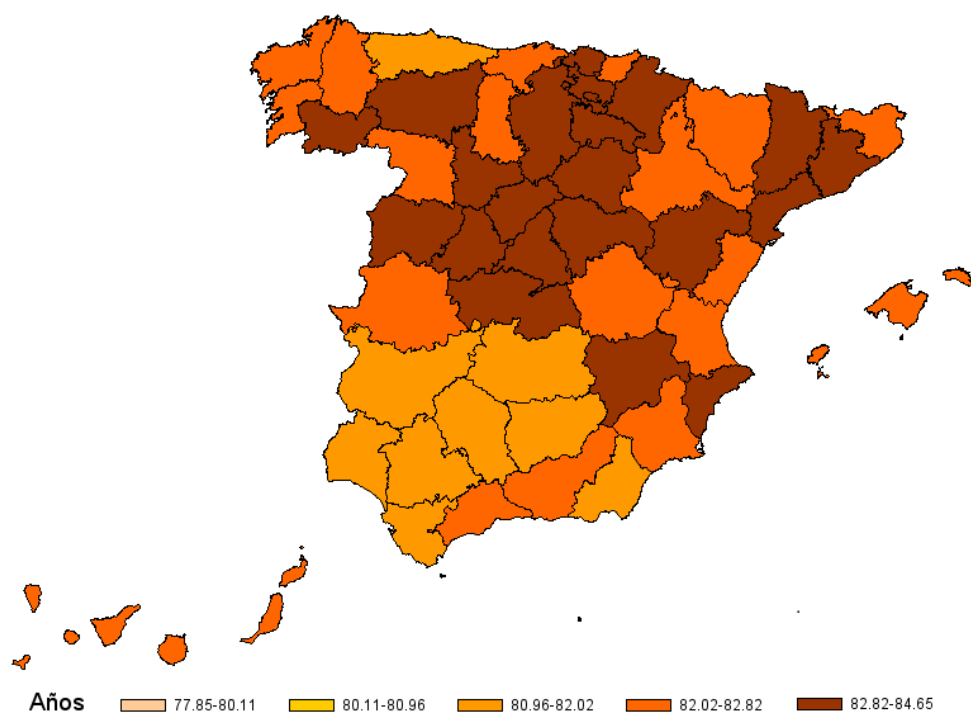
Una mayor información sobre los valores observados se encuentra disponible en [Indicadores Demográficos Básicos](#) y en [Tablas de Mortalidad](#).

La esperanza de vida al nacimiento proyectada en cada provincia y sexo y su evolución, se refleja en los mapas recogidos a continuación.

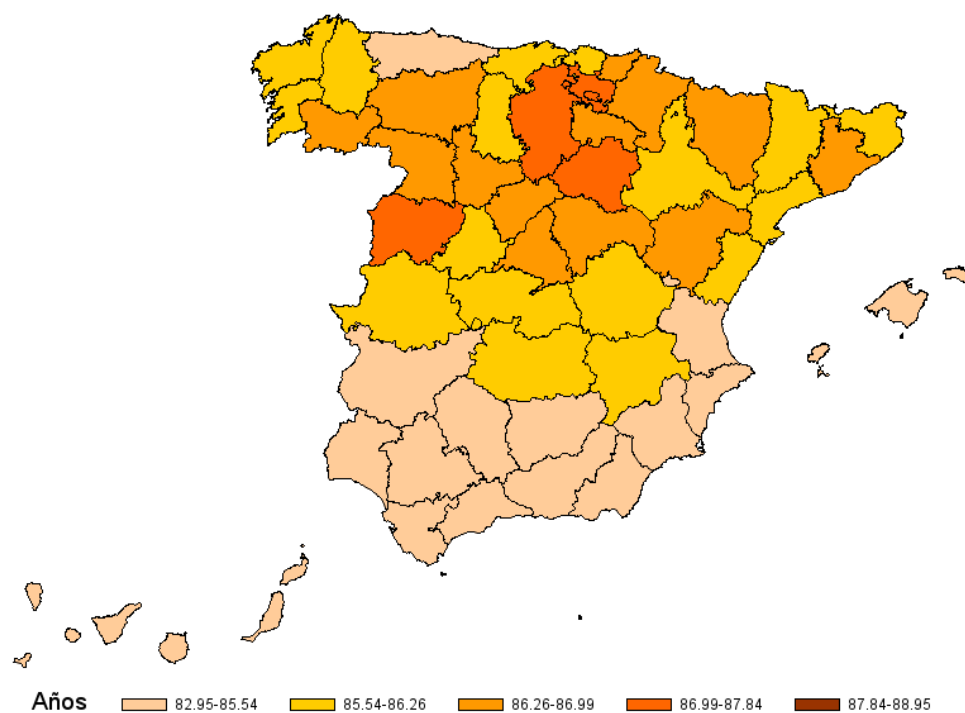
Esperanza de Vida al Nacimiento 2018 . Hombres



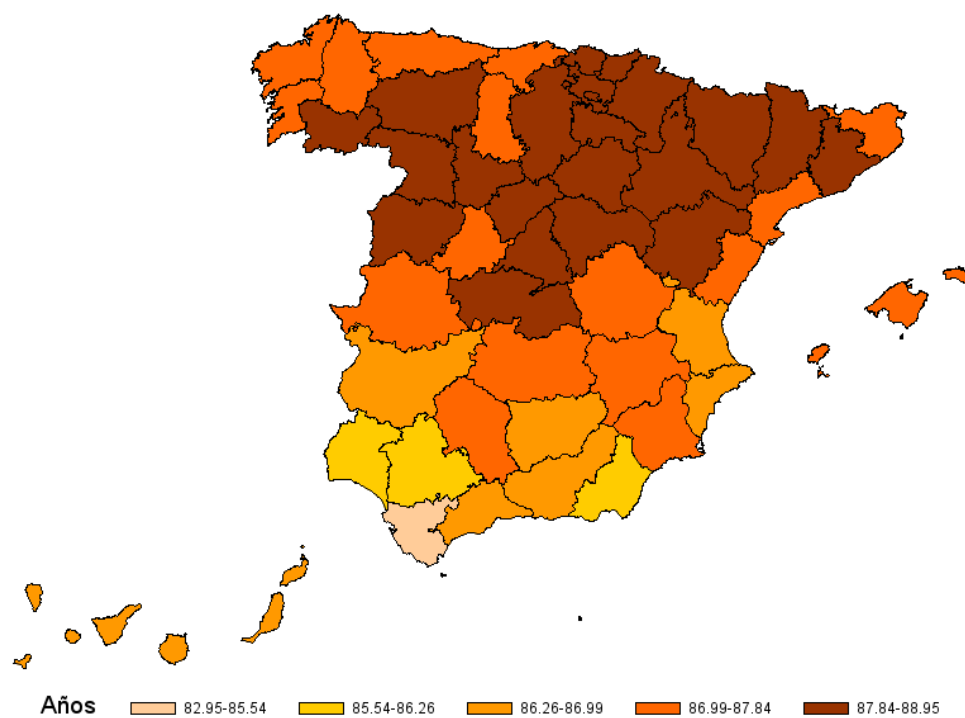
Esperanza de Vida al Nacimiento 2032 . Hombres



Esperanza de Vida al Nacimiento 2018 . Mujeres

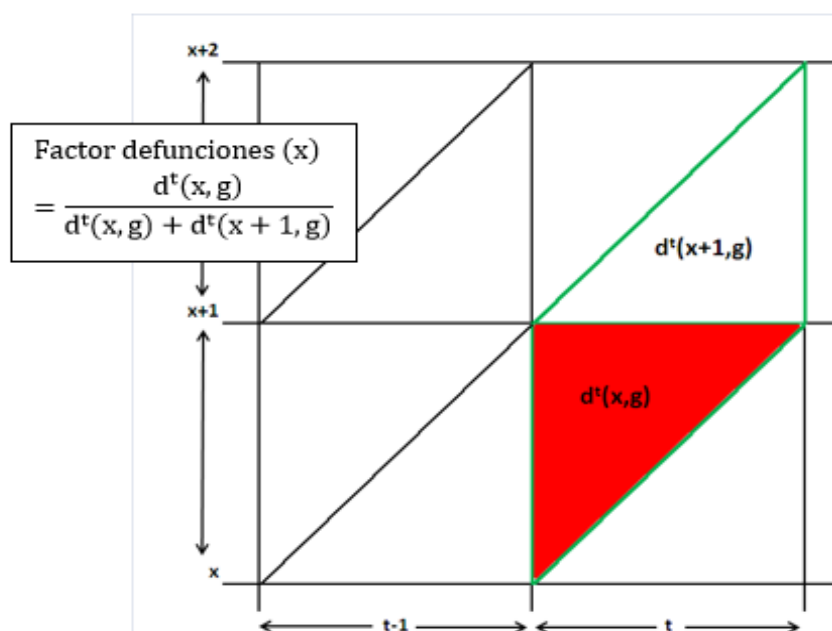


Esperanza de Vida al Nacimiento 2032 . Mujeres

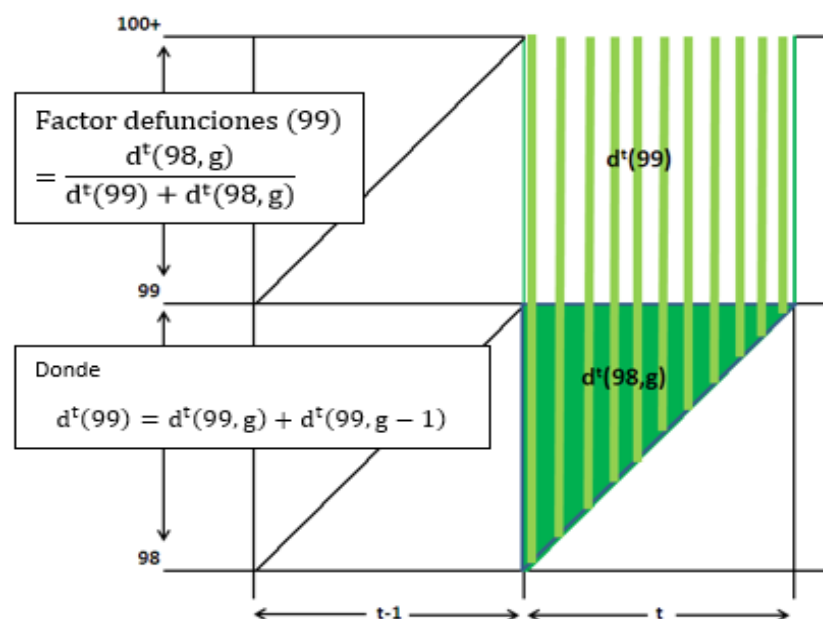


Con objeto de desagregar las cifras de defunciones proyectadas por sexo y edad, se aplica un factor de defunciones que determina como se reparten las defunciones de una generación entre las dos edades que la constituyen.

Llamamos factor de defunciones al cociente cuyo numerador está constituido por las defunciones del triángulo inferior del paralelogramo de la generación de que se trate en el año t , $d^t(x,g)$ y el denominador está constituido por las defunciones del paralelogramo de la generación en cuestión del año t , $(d^t(x,g) + d^t(x+1,g))$, para todas las edades de $x=1, \dots, 98$.



A la edad $x=0$ años sólo hay una generación por lo que el factor de reparto a esa edad será idénticamente 1 y para el grupo abierto de 100 años y más el factor de reparto está referenciado a la edad $x=99$ de manera que en este caso en el denominador se deben incluir además las defunciones de individuos de 99 años de la otra generación $(g-1)$.



Este factor de reparto se extrapola al futuro a partir de la evolución logarítmica en el tiempo de sus valores anuales observados en los últimos 10 años para los que se dispone de resultados de la Estadística de Defunciones del Movimiento Natural de la Población, es decir, del periodo 2008-2017, en el momento de establecer las presentes proyecciones. Es decir,

$$Fd_{s,x}^t = \alpha_{s,x} + \beta_{s,x} \cdot \ln(t - (aa1 - 1)) \quad \forall t = aa1, \dots, aa10$$

siendo $aa1 = 2008, \dots, aa10 = 2017$

Los parámetros $\alpha_{s,x}$ y $\beta_{s,x}$ se estiman por Mínimos Cuadrados Ordinarios y el factor de reparto de las defunciones proyectado para todos los años del periodo proyectivo, $\widehat{Fd}_{x,s}^t$, se obtiene sin más que sustituir en la recta de regresión estimada.

$$\widehat{Fd}_{s,x}^t = \hat{\alpha}_{s,x} + \hat{\beta}_{s,x} \cdot \ln(t - (aa1 - 1)) \quad \forall t > aa10$$

5 Proyección de la migración exterior

5.1 Proyección de la inmigración exterior

En el análisis y en la formulación de las hipótesis de inmigración exterior se ha distinguido entre las entradas de población nacida en España y en el extranjero, como así lo aconseja el hecho de tratarse de migraciones de naturaleza y dinámica muy distinta.

La inmigración exterior se introduce en el proceso de proyección a través de los flujos proyectados para cada año del periodo proyectivo por sexo, generación, lugar de nacimiento y, para los 15 primeros años, también por provincia.

En primer lugar, se establece una intensidad de inmigración global para cada año del periodo proyectivo, distinguiendo entre nacidos en España y en el extranjero. Estos flujos se reparten a su vez por sexo, generación y, en su caso, por provincia, con distribuciones promedio a partir de las correspondientes a los últimos cinco años (2013-2017) de la Estadística de Migraciones, para evitar la variabilidad propia de un mayor nivel de detalle para un conjunto de datos menor. Estas distribuciones proyectadas se mantienen constantes a lo largo de la proyección.

Así, la proyección del flujo de inmigración exterior según lugar de nacimiento, desagregado por sexo y generación, que llegaría a España en los próximos 50 años y a sus respectivas provincias en los próximos 15 años, se lleva a cabo en los siguientes pasos:

1. Proyección de los flujos anuales de inmigración exterior para cada lugar de nacimiento (España y fuera de España):

A diferencia de ediciones anteriores, en las que se mantenía el flujo de inmigración procedente del exterior constante para todo el periodo proyectivo, esta vez se han establecido distintos valores proyectados para cada año del periodo proyectivo, según el siguiente proceso:

En primer lugar se trazan tres curvas, una para cada uno de los siguientes periodos:

Periodo 1 (2018-2021): estimación now-cast o del año corriente para el año 2018 y extrapolación de la tendencia de los últimos años para 2019-2021.

Para obtener la estimación now-cast del primer año de la proyección, 2018, distinguiendo entre nacidos en España y en el extranjero, se aplicó la metodología de la Estadística de Migraciones y se obtuvo una estimación del flujo de inmigración exterior del primer semestre de 2018 con la información disponible en el momento de la realización de la estimación (junio de 2018). El segundo semestre de 2018 se estimó aplicando el crecimiento promedio de los crecimientos del segundo semestre sobre el primer semestre de cada año recogido en la Estadística de Migraciones (2008 – 2017). Así, se obtuvieron como valores estimados para el año 2018: 38.975

inmigraciones de nacidos en España y 565.572 inmigraciones de nacidos en el extranjero, dando un total de 604.547 inmigraciones totales procedentes del exterior.

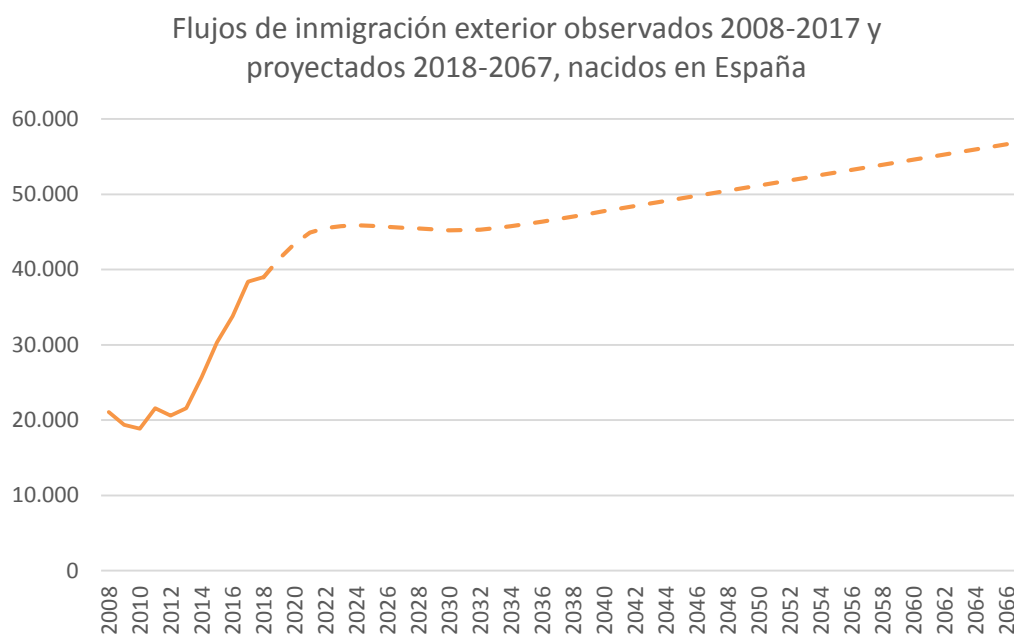
Para extrapolar la tendencia de los últimos años hacia adelante, se buscó la curva que mejor se ajustaba a los datos observados de los flujos de inmigración exterior de la Estadística de Migraciones de los años 2008 a 2017 junto con la estimación del año 2018 como si fuera un valor observado. Esto se ha hecho por separado para los flujos de inmigración de personas nacidas en España y en el extranjero, obteniéndose en ambos casos como mejor opción, una curva polinómica de orden 3.

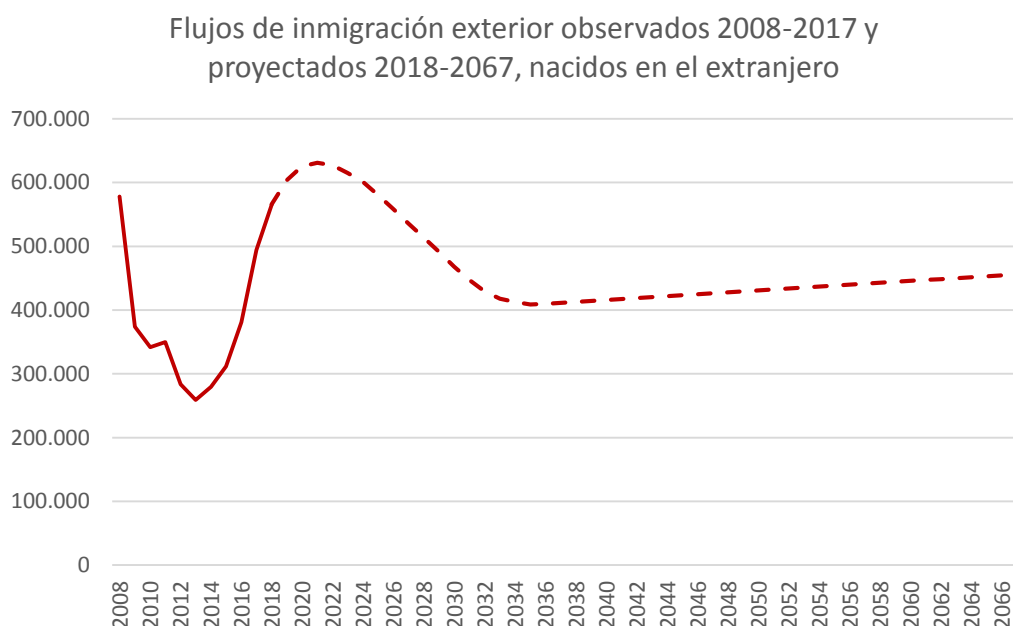
Periodo 2 (2022-2032): interpolación lineal entre el valor obtenido para 2021 y el valor asignado para el año 2032 según la encuesta a los expertos, obtenido como la media aritmética de las respuestas.

Periodo 3 (2033-2067): interpolación lineal entre los valores asignados para los años 2032 y 2067 según la encuesta a los expertos, obtenidos como la media aritmética de las respuestas.

Finalmente, para que la transición entre las curvas de los distintos periodos sea suave, los valores proyectados en torno a los años en que cambian las curvas son una combinación de las curvas adyacentes, donde la curva de la izquierda va perdiendo peso con el paso de los años para dar prioridad paulatinamente a la de la derecha.

Los flujos de inmigración así proyectados se pueden ver en el siguiente gráfico:





2. Distribución por sexo:

Los flujos totales de inmigraciones de cada lugar de nacimiento se distribuyen por sexo según el promedio de las proporciones por sexo para cada lugar de nacimiento observadas en los últimos cinco años de la Estadística de Migraciones, habida cuenta de la estabilidad observada en dicha distribución. Estas distribuciones se mantienen constantes durante todo el periodo proyectivo, y son de un 52,8% de hombres para las inmigraciones de nacidos en España y un 49,1% de hombres para las inmigraciones de nacidos en el extranjero.

3. Distribución por generaciones:

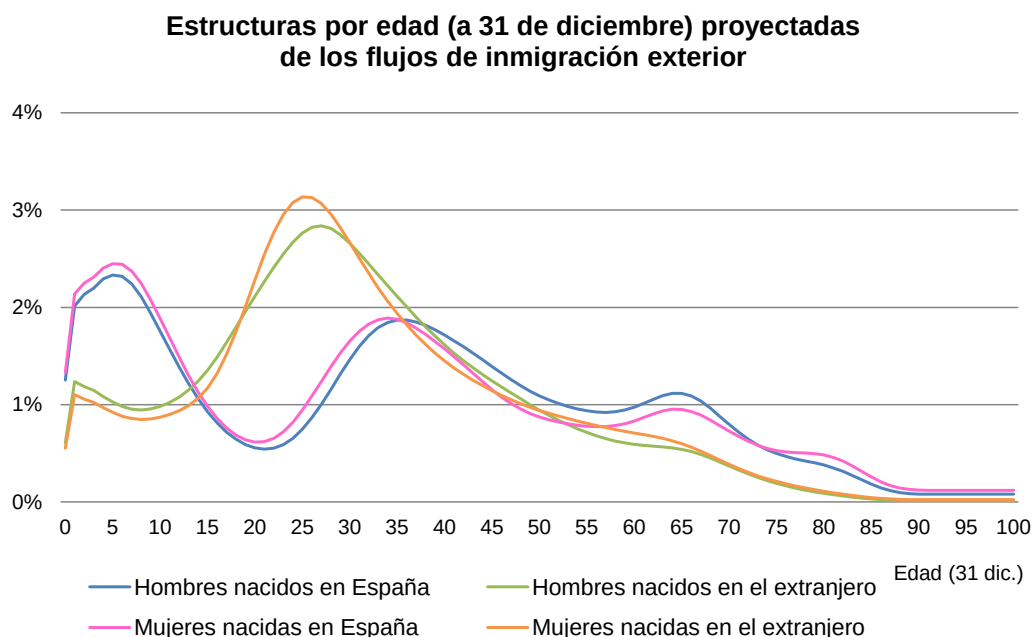
El flujo de inmigración exterior de España para cada lugar de nacimiento y sexo proyectado se distribuye por generaciones aplicando un perfil por generación constante durante todo el periodo proyectivo, y se obtiene como sigue:

Se parte de las estructuras por generaciones de las inmigraciones de los últimos cinco años de la Estadística de Migraciones y se obtiene la estructura promedio. A esta estructura se le aplica una transformación consistente en mantener la estructura constante a partir de las generaciones correspondientes a los 85 años y más años cumplidos a 31 de diciembre de cada año asignando, a cada una de esas edades, el promedio de los valores de todas ellas, a fin de obviar la extrema variabilidad que presentan los datos en las edades más avanzadas.

Posteriormente, la estructura resultante se somete a un procedimiento de suavizado que se extiende a todo el rango de generaciones y que ha consistido en un triple

proceso de medias móviles de cinco generaciones consecutivas, con el objetivo de evitar posibles comportamientos aleatorios o de carácter coyuntural.

Los perfiles por generación (o edad a 31 de diciembre) resultantes de tales procedimientos que se aplicarán al flujo total de inmigración exterior para cada lugar de nacimiento y sexo, se observan en el siguiente gráfico:



Una mayor información sobre los valores proyectados se encuentra disponible en [Proyecciones de Población 2018-2068](#).

4. Distribución por provincias:

Los flujos de inmigración exterior de España para cada lugar de nacimiento, sexo y generación proyectados se distribuyen por provincias, para los primeros 15 años de la proyección, aplicando un coeficiente de reparto provincial constante durante todo el periodo proyectivo, y se obtiene como sigue:

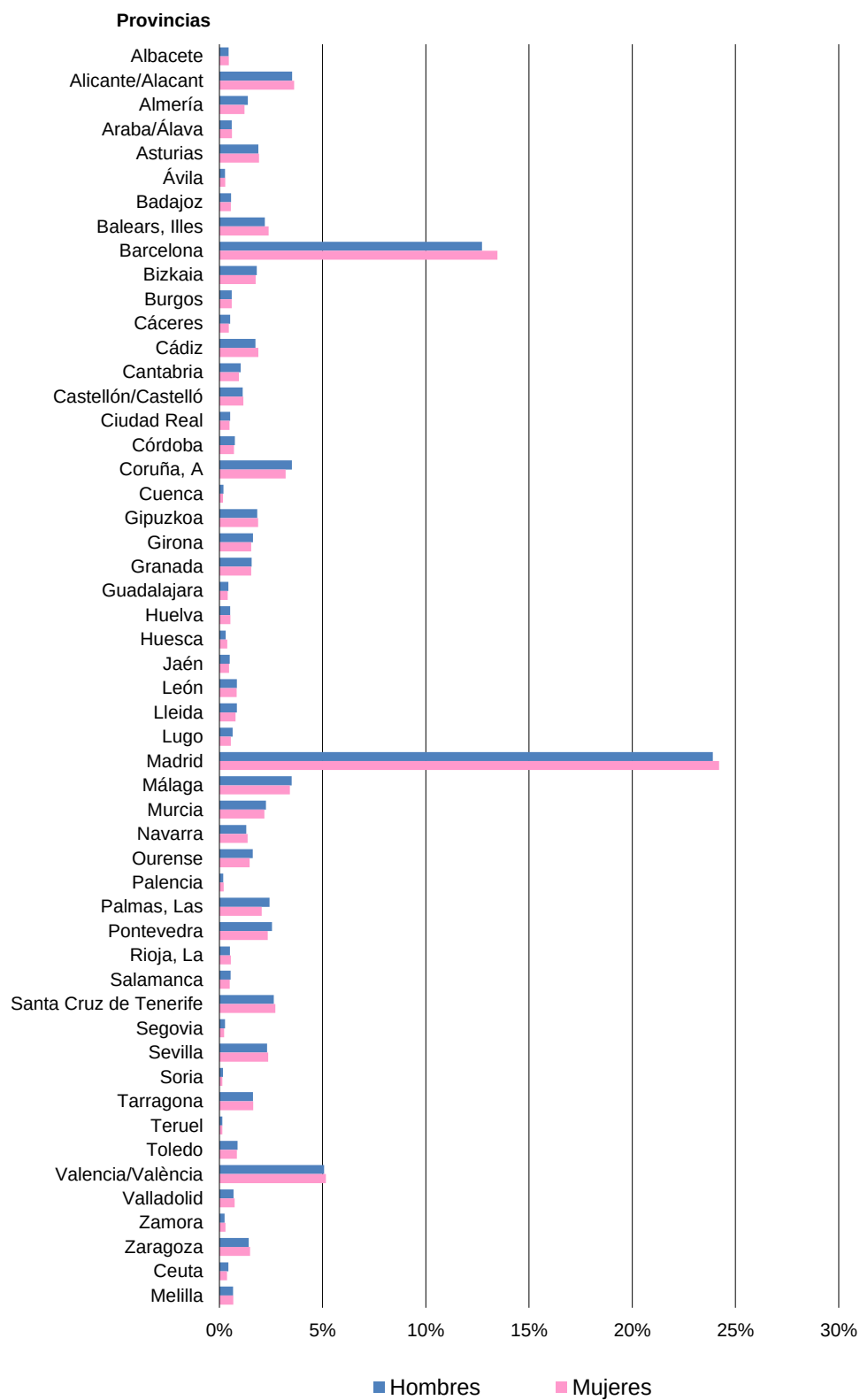
Para cada año de los últimos cinco de la Estadística de Migraciones, se obtienen, por un lado, los flujos de inmigración por lugar de nacimiento, sexo y generación y, por otro, los mismos flujos pero además desagregados por provincia. A ambas colecciones de flujos se las somete al mismo proceso que se sometió a las estructuras por cohorte en el paso anterior: transformación constante de las generaciones correspondientes a 85 y más años a 31 de diciembre y posterior suavizado mediante triple proceso de medias móviles de cinco elementos.

Con estos flujos ya tratados, se obtiene el coeficiente de reparto para cada año, mediante el cociente entre el flujo por provincia para un determinado lugar de nacimiento, sexo y cohorte, y el mismo flujo para el total nacional. El coeficiente de

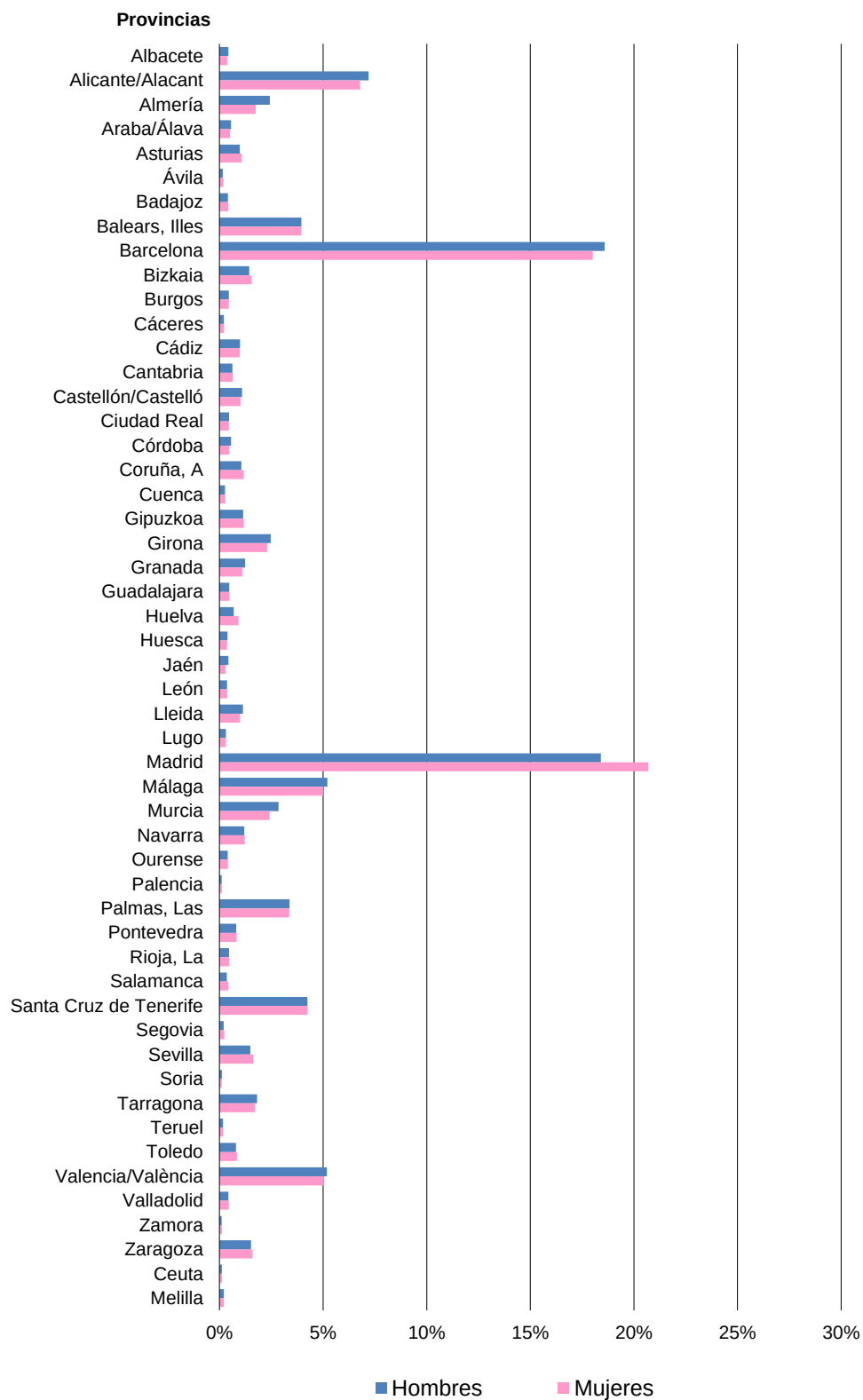
reparto provincial proyectado será el promedio de los coeficientes de reparto de últimos cinco años de la Estadística de Migraciones.

De forma indirecta, a través de estos flujos desagregados ya por todas las variables, se obtiene la siguiente distribución provincial de los flujos de inmigración exterior proyectados que, por la forma de construcción del reparto por las distintas variables, será constante para todo el periodo proyectivo:

Estructura porcentual proyectada de la inmigración exterior por provincia. Nacidos en España



Estructura porcentual proyectada de la inmigración exterior por provincia. Nacidos en el extranjero



5.2 Proyección de la emigración exterior

La simulación del comportamiento futuro de la emigración al extranjero en España se ha llevado a cabo diferenciando entre la emigración de nacidos en España y nacidos fuera de España, por tratarse de colectivos con distintos comportamientos.

En el proceso de proyección de la población, la emigración exterior entra en forma de tasas de emigración por generación para cada sexo y lugar de nacimiento para cada año del periodo proyectivo y, además, para los años en que la población se proyecta a nivel provincial, también son necesarias las tasas por generación para cada sexo, lugar de nacimiento y provincia en cada año del periodo proyectivo.

En primer lugar, tendremos en cuenta que cualquier tipo de tasa por generación se puede descomponer en el producto de varios factores. Por ejemplo, para cada lugar de nacimiento n , las tasas de emigración exterior por generación x para cada sexo s de un año t se pueden expresar como:

$$e_{s,n,x}^t = ISE_{s,n}^t \cdot c_{s,n,x}^t$$

siendo:

$ISE_{s,n}^t = \sum_x e_{s,n,x}^t$ el Índice Sintético de Emigración exterior para cada año t , lugar de nacimiento n y sexo s

$c_{s,n,x}^t = \frac{e_{s,n,x}^t}{\sum_x e_{s,n,x}^t}$ el calendario por generación x para cada año t , lugar de nacimiento n y sexo s

Las tasas de emigración provinciales, a su vez, se obtienen como el producto de tres factores: la intensidad de la emigración del año (medida a través del índice sintético) para cada lugar de nacimiento y sexo, un diferencial provincial y una distribución por generaciones de dicha intensidad (calendario por generación) en cada provincia, obtenidos también a partir de los datos de los últimos cinco años de la Estadística de Migraciones. De este modo, para proyectar las tasas de emigración, ya sean nacionales o provinciales, lo podremos hacer proyectando cada uno de sus componentes.

Sin embargo, dado que el planteamiento de la intensidad emigratoria vía índices sintéticos (suma de tasas) es poco intuitiva, se ha establecido dicha hipótesis a través de flujos, de forma similar a la inmigración, para así también poder incluir las opiniones de los expertos recabadas por la encuesta.

En lugar del Índice Sintético de Emigración por lugar de nacimiento y sexo, se establecen unos flujos de emigración global para cada año del periodo proyectivo, distinguiendo entre nacidos en España y en el extranjero. Estos flujos se repartirán por sexo a partir de los últimos cinco años (2013-2017) de la Estadística de Migraciones. La distribución por generaciones de dicha intensidad (calendario por generación), se obtendrá también a partir de los datos de los últimos cinco años de la

Estadística de Migraciones, para evitar la variabilidad propia de un mayor nivel de detalle.

Finalmente, los flujos de emigración al extranjero y el calendario de emigración proyectados serán sometidos a un proceso iterativo en la ejecución del ejercicio proyectivo a nivel nacional que permite derivar, a partir de una solución de partida, un Índice Sintético de Emigración para cada año del periodo proyectivo consistente con los flujos y calendarios proyectados, y así obtener las tasas de emigración necesarias para el cálculo de la proyección.

En mayor detalle, el proceso para proyectar los distintos componentes es el siguiente:

1. Proyección de los flujos anuales de emigración exterior para cada lugar de nacimiento (España y fuera de España):

En ediciones anteriores se mantenía un Índice Sintético de Emigración procedente del exterior constante para todo el periodo proyectivo. Sin embargo, esta vez se ha establecido la hipótesis de emigración en términos de flujos, y se han proyectado de forma variable para cada año de la proyección a lo largo del periodo proyectivo, según el siguiente proceso:

En primer lugar se trazan tres curvas, una para cada uno de los siguientes periodos:

Periodo 1 (2018-2021): estimación now-cast o del año corriente para el año 2018 y extrapolación de la tendencia de los últimos años para 2019-2021.

Para obtener la estimación now-cast del primer año de la proyección, 2018, distinguiendo entre nacidos en España y en el extranjero, se aplicó la metodología de la Estadística de Migraciones y se obtuvo una estimación del flujo de emigración exterior del primer semestre de 2018 con la información disponible en el momento de la realización de la estimación (junio de 2018). El segundo semestre de 2018 se estimó aplicando el crecimiento promedio de los crecimientos del segundo semestre sobre el primer semestre de cada año recogido en la Estadística de Migraciones (2008 – 2017). Así, se obtuvo como valores estimados para el año 2018: 75.713 emigraciones de nacidos en España y 278.807 emigraciones de nacidos en el extranjero, dando un total de 354.520 emigraciones totales procedentes del exterior.

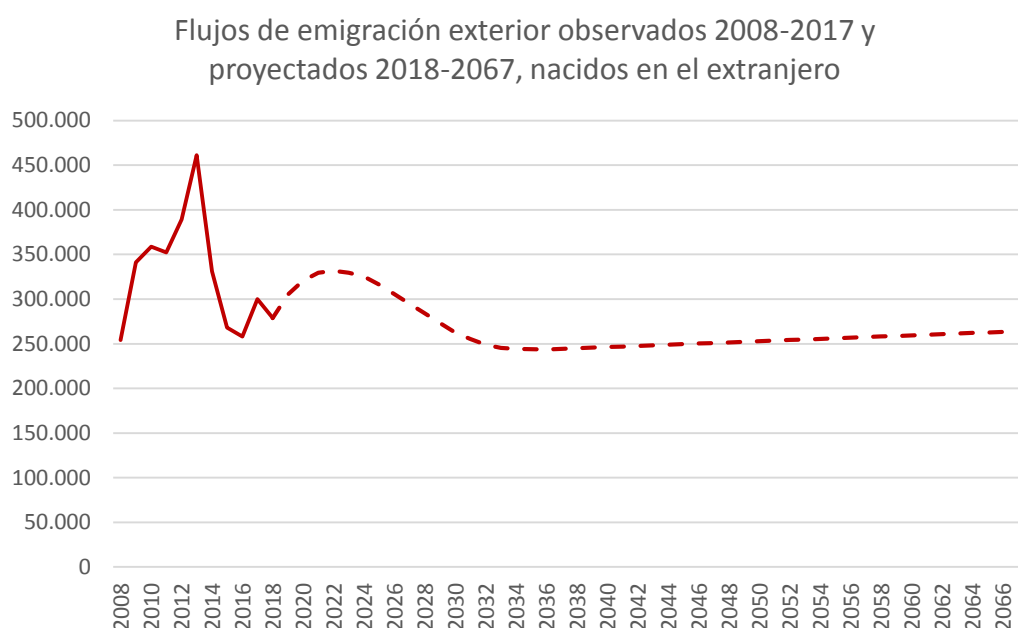
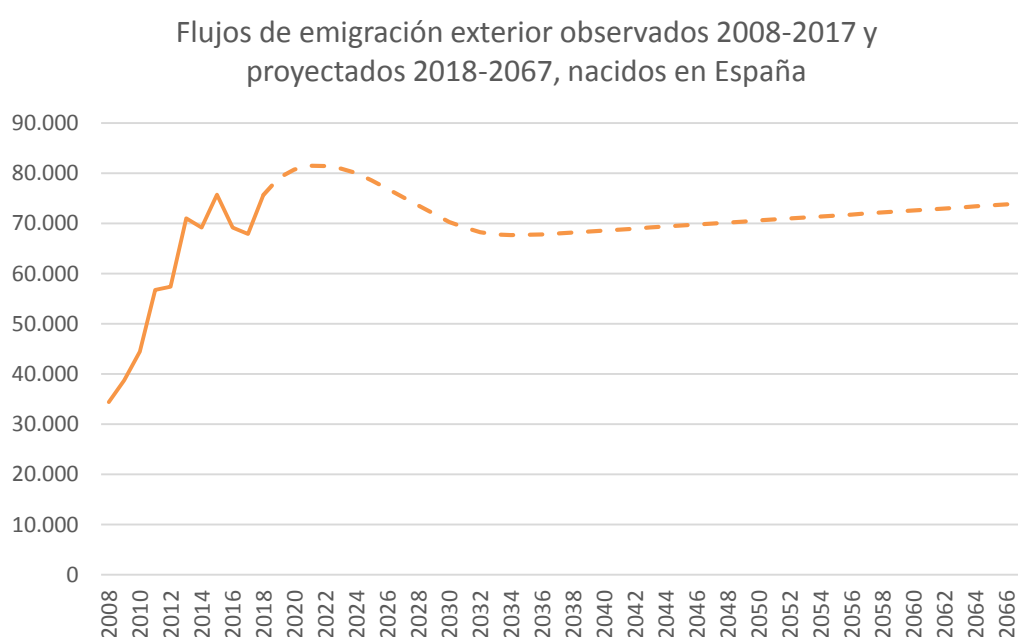
Para extrapolar la tendencia de los últimos años hacia adelante, se buscó la curva que mejor se ajustaba a los datos observados de los flujos de emigración exterior de la Estadística de Migraciones de los años 2008 a 2017 junto con la estimación del año 2018 como si fuera un valor observado. Para los flujos de emigración de personas nacidas en España, la curva con mejor ajuste resultó ser una de tipo potencial, mientras que para las personas nacidas en el extranjero fue una función cuadrática, siendo además necesario restringir el periodo de observación desde 2012 en adelante.

Periodo 2 (2022-2032): interpolación lineal entre el valor obtenido para 2021 y el valor asignado para el año 2032 según la encuesta a los expertos, obtenido como la media aritmética de las respuestas.

Periodo 3 (2033-2067): interpolación lineal entre los valores asignados para los años 2032 y 2067 según la encuesta a los expertos, obtenidos como la media aritmética de las respuestas.

Finalmente, para que la transición entre las curvas de los distintos periodos sea suave, los valores proyectados en torno a los años en que cambian las curvas son una combinación de las curvas adyacentes, donde la curva de la izquierda va perdiendo peso con el paso de los años para dar prioridad paulatinamente a la de la derecha.

Los flujos de emigración así proyectados se pueden ver en el siguiente gráfico:



2. Distribución por sexo:

Los flujos totales de emigraciones de cada lugar de nacimiento se distribuyen por sexo según el promedio de las proporciones por sexo para cada lugar de nacimiento observadas en los últimos cinco años de la Estadística de Migraciones, habida cuenta de la estabilidad observada en dicha distribución. Estas distribuciones se mantienen constantes durante todo el periodo proyectivo, y son de un 52,9% de hombres para las emigraciones de nacidos en España y un 55,9% de hombres para las emigraciones de nacidos en el extranjero.

3. Diferencial provincial:

Para los 15 primeros años, se proyecta un diferencial provincial de la intensidad de emigración al exterior en cada sexo y lugar de nacimiento, que se mantiene constante en cada año del periodo proyectivo. Se obtiene a partir de los flujos de emigración exterior de los últimos años (2013-2017) de la Estadística de Migraciones, teniendo en cuenta la estabilidad en el tiempo que presenta también tal indicador.

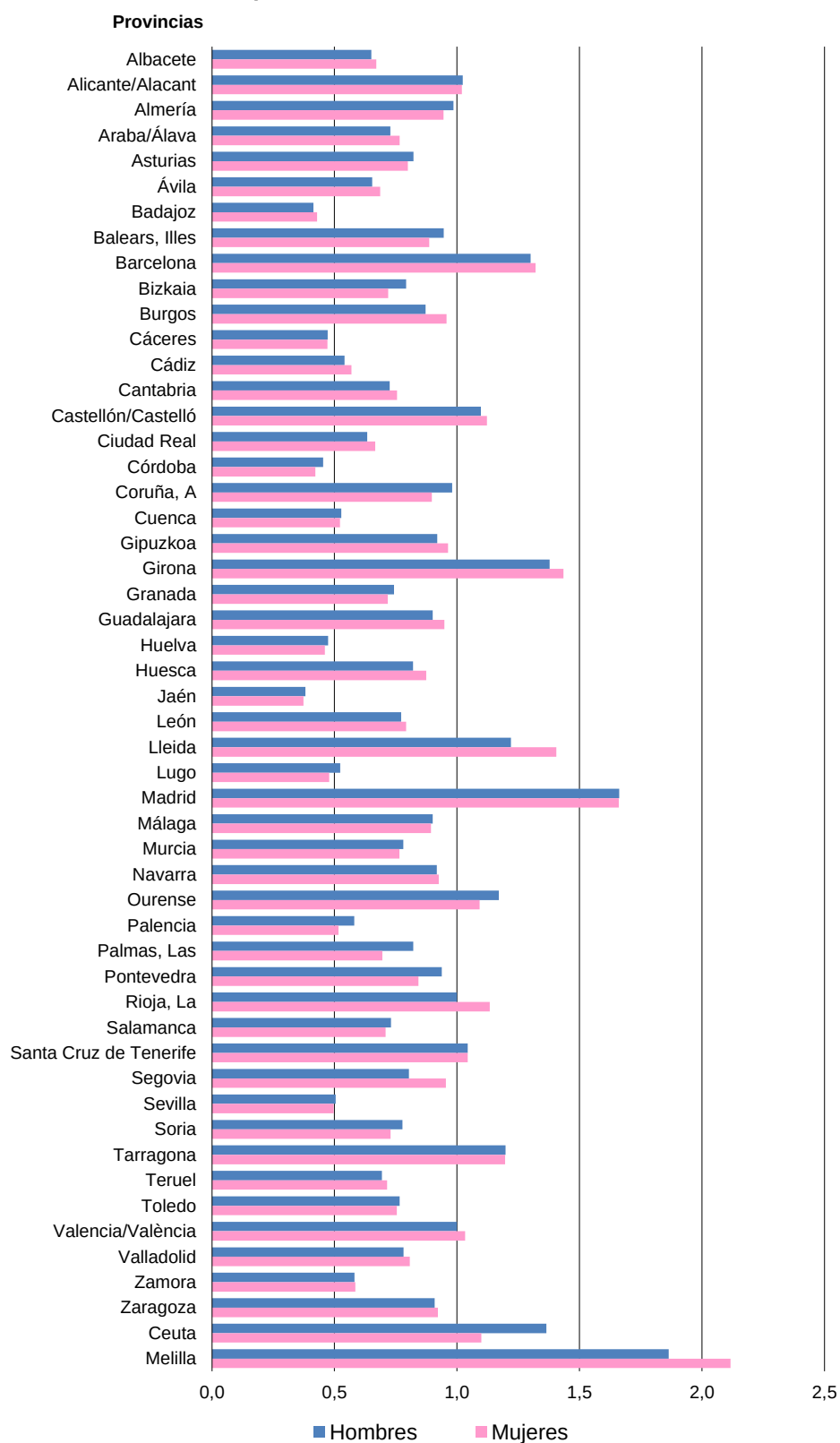
A partir de las tasas específicas de emigración exterior¹² por generación para cada sexo y lugar de nacimiento de cada provincia y del total nacional, para cada año del periodo 2013-2017, se han calculado los Índices Sintéticos de Emigración por sexo s y lugar de nacimiento n de cada provincia h y del total nacional sumando sus correspondientes tasas por generación. A partir de dichos Índices Sintéticos de Emigración se obtiene el diferencial provincial para cada año t , sexo s , lugar de nacimiento n y provincia h como el cociente:

$$DE_{s,n,h}^t = \frac{ISE_{s,n,h}^t}{ISE_{s,n}^t}$$

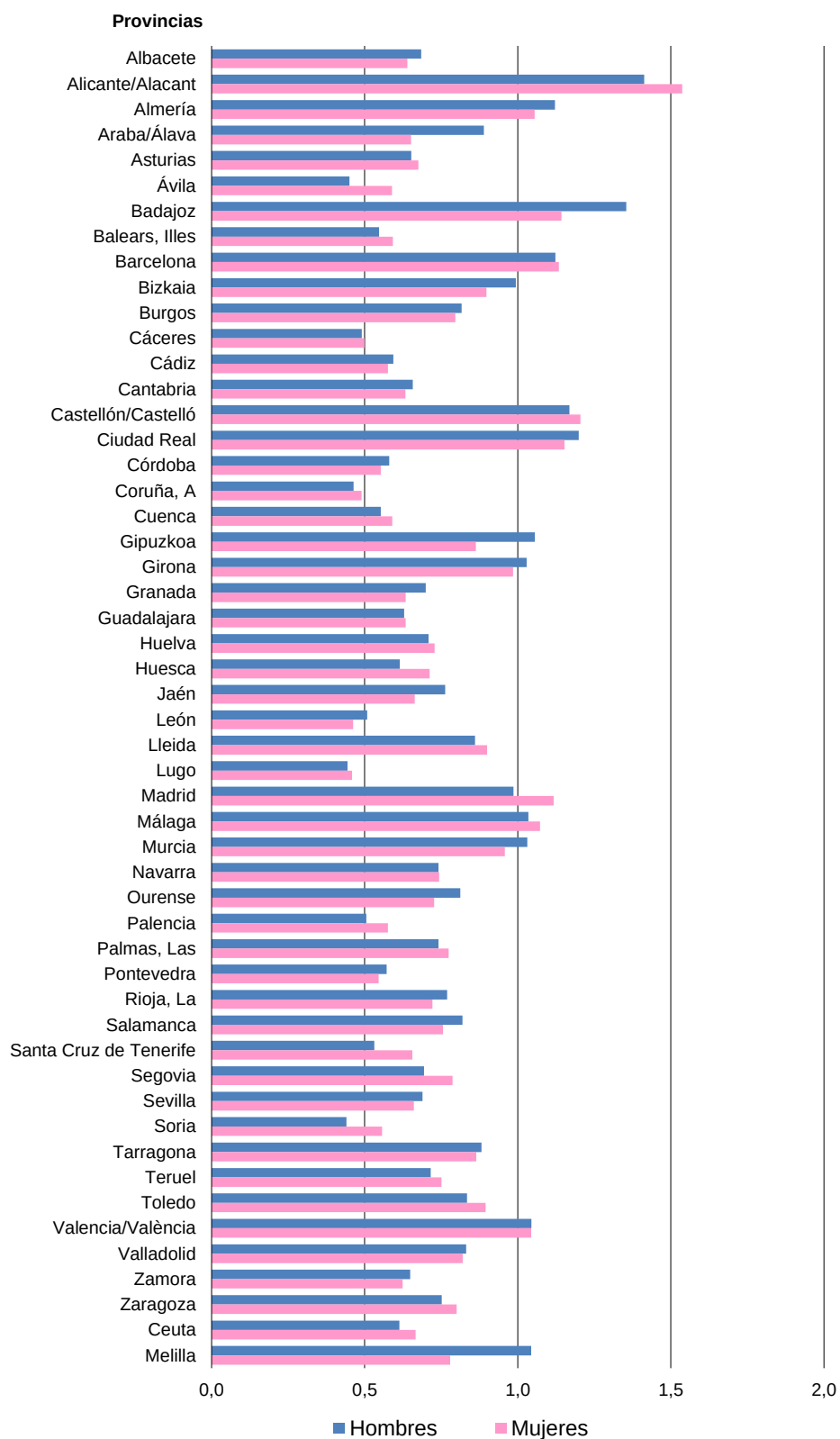
Finalmente, el diferencial provincial proyectado será el obtenido como promedio de los diferenciales de los cinco últimos años (2013-2017) obtenidos a partir de la Estadística de Migraciones, para cada sexo y lugar de nacimiento. Dichos diferenciales los podemos ver en los siguientes gráficos:

¹² Las tasas de emigración exterior para un determinado colectivo de población se obtienen como el cociente de los flujos de emigración exterior correspondientes recogidos en la Estadística de Migraciones (datos provisionales para 2017) entre la población residente en España a 1 de julio de ese año para dicho colectivo según las *Cifras de Población* (provisionales para el año 2017).

Diferenciales provinciales de emigración exterior proyectados Nacidos en España



Diferenciales provinciales de emigración exterior proyectados Nacidos fuera de España



4. Calendario por generación:

Se proyecta el calendario de emigración por generación o año de nacimiento para cada sexo y lugar de nacimiento a partir de los flujos de emigración exterior de los últimos años (2013-2017) de la Estadística de Migraciones, y se mantendrá constante para cada año del periodo proyectivo, teniendo en cuenta la estabilidad observada del mismo en los últimos años. Se ha derivado en los siguientes pasos:

- 1) Obtención de las tasas específicas de la emigración al extranjero¹³ por generación x , para cada sexo s y lugar de nacimiento n para cada año t del periodo 2013-2017, $e_{s,n,x}^t$.
- 2) A partir de las tasas anteriores obtenemos el calendario por generación de la emigración exterior para cada sexo y lugar de nacimiento de cada año dividiendo cada tasa específica por generación de ese año entre la suma de todas ellas, es decir, entre el Índice Sintético de Emigración exterior de cada año para cada sexo y lugar de nacimiento:

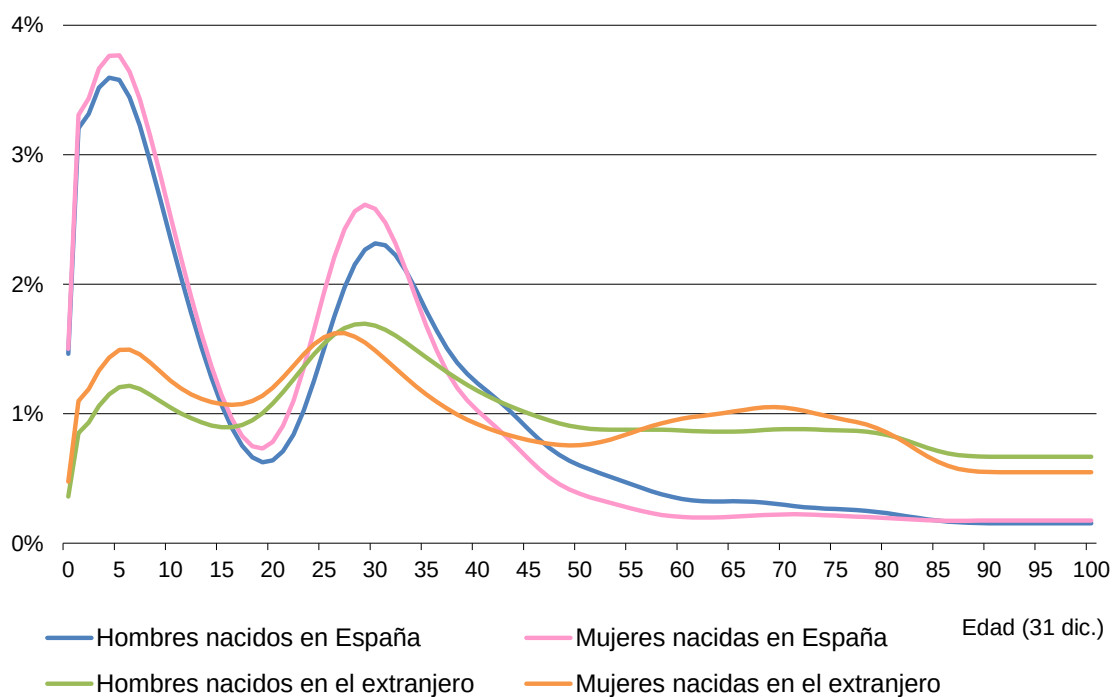
$$c_{s,n,x}^t = \frac{e_{s,n,x}^t}{\sum_x e_{s,n,x}^t} = \frac{e_{s,n,x}^t}{ISE_{s,n}^t}$$

- 3) Obtenemos el calendario por generación promedio de los calendarios de cada año obtenidos en el paso anterior.
- 4) Dicho calendario es sometido a una transformación consistente en hacerlo constante a partir de las generaciones correspondientes a los 85 años y más años cumplidos a 31 de diciembre de cada año asignándoles, a cada una de esas edades, el promedio de sus valores a todas ellas, a fin de obviar la extrema variabilidad que presentan los mismos en las edades más avanzadas, debida únicamente a factores aleatorios.
- 5) Finalmente, el calendario proyectado, que se mantendrá constante para cada año del periodo proyectivo, se deriva de un procedimiento de suavizado del calendario obtenido en el punto anterior, consistente en un triple proceso de medias móviles de cinco generaciones consecutivas.

El calendario de emigración exterior de España proyectado para cada sexo y lugar de nacimiento se puede ver en el siguiente gráfico:

¹³ Las tasas de emigración exterior para un determinado colectivo de población se obtienen como el cociente de los flujos de emigración exterior correspondientes recogidos en la Estadística de Migraciones (datos provisionales para 2017) entre la población residente en España a 1 de julio de ese año para dicho colectivo según las *Cifras de Población* (provisionales para el año 2017).

Calendarios de emigración exterior proyectados Total nacional



Análogamente se obtienen los calendarios provinciales a partir de los calendarios provinciales promedio de los años 2013-2017.

Una mayor información sobre los valores proyectados se encuentra disponible en [Proyecciones de Población 2018-2068](#).

6 Proyección de la migración interior

La simulación de la evolución futura del fenómeno de la migración interior (interprovincial) en España se ha llevado a cabo diferenciando entre las personas nacidas en España y en el extranjero, pues presentan comportamientos diferenciados.

Como se ha descrito en el método de cálculo, para proyectar la población a nivel provincial es necesario proporcionar las tasas específicas de migración interior por generación para cada sexo, lugar de nacimiento, provincia de origen y provincia de destino para cada año del periodo proyectivo.

En primer lugar, tendremos en cuenta que estas tasas se pueden descomponer en el producto de varios factores que serán, a grandes rasgos: la intensidad de la emigración para cada provincia (medida a través del índice sintético), un diferencial por sexos, una distribución por generaciones de dicha intensidad (calendario por generación) y un reparto por provincia de destino. En concreto, las tasas específicas de migración interior de la generación x , para cada sexo s y lugar de nacimiento n , desde la provincia h a la provincia k y para cada año t del periodo proyectivo, $ei_{s,n,x,h,k}^t$, las podemos expresar como sigue:

$$ei_{s,n,x,h,k}^t = ISEint_{n,h}^t \cdot DEint_{s,n,h}^t \cdot c_{s,n,x,h}^t \cdot a_{s,n,x,h,k}^t$$

Siendo:

$ISEint_{n,h}^t$ el Índice Sintético de Emigración Interior desde la provincia h para cada lugar de nacimiento n y para cada año t

$DEint_{s,n,h}^t$ el diferencial por sexo s , de la provincia de origen h para cada lugar de nacimiento n y para cada año t

$c_{s,n,x,h}^t$ el calendario por generación x de emigración al resto de España en el año t de la población de sexo s , lugar de nacimiento n y residente en la provincia h

$a_{s,n,x,h,k}^t$ el coeficiente de reparto de la migración interior en cada sexo s , generación x y lugar de nacimiento n desde la provincia h hacia la provincia k en el año t

Dichas tasas se proyectan constantes para todo el periodo proyectando, también de forma constante, cada uno de sus componentes. La intensidad de la migración interior se obtiene a partir de los datos de migración interior de los últimos tres años de la Estadística de Migraciones, tratando de recoger la tendencia más reciente, pero a la vez buscando evitar la variabilidad en los datos propia de las áreas geográficas más pequeñas. Para el resto de componentes, cuya estabilidad es mayor, se emplean datos de los últimos cinco años de la Estadística de Migraciones (2013-2017).

El proceso es, en más detalle, el que se describe a continuación:

1. Proyección de la intensidad emigratoria al resto de España desde cada provincia según lugar de nacimiento:

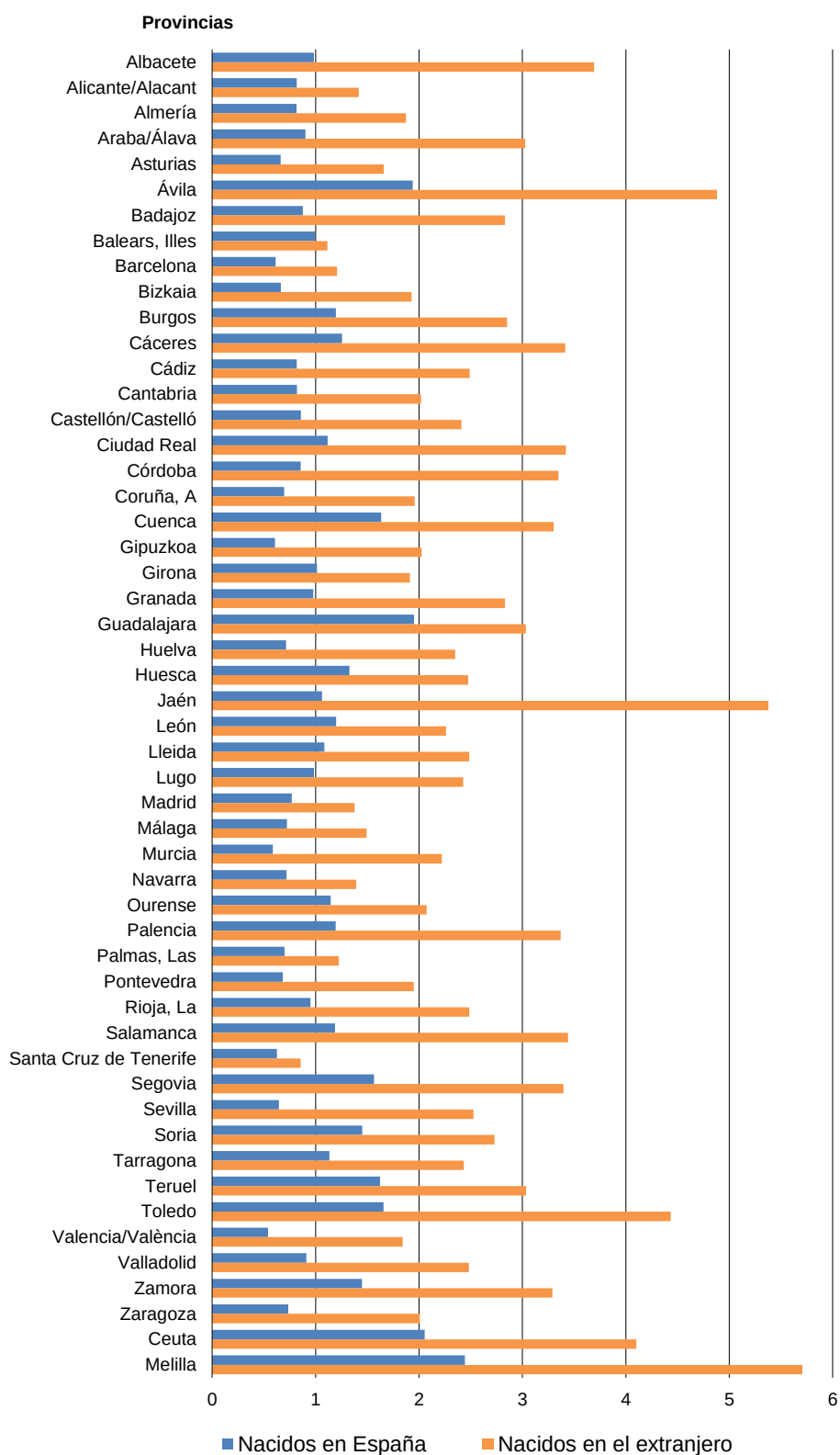
La intensidad emigratoria desde cada provincia al resto de España para cada lugar de nacimiento se mide a través del Índice Sintético de Emigración Interior (ISEInt), que

proyectamos constante para todo el periodo proyectivo, como el promedio de los Índices Sintéticos de Emigración Interior obtenidos para cada uno de los tres últimos años de los datos de migración interior recogidos por la Estadística de Migraciones. Para cada uno de esos años, el Índice Sintético de Emigración Interior se obtiene como la suma de las tasas específicas por generación¹⁴ para cada lugar de nacimiento y provincia de origen de dicho año.

De esta forma, se establecen los siguientes Índices Sintéticos de Emigración Interior proyectados:

¹⁴ Las tasas de emigración desde cada provincia al resto de España para un determinado colectivo de población se obtienen como el cociente de los flujos de emigración interior correspondientes recogidos en la Estadística de Migraciones (datos provisionales para 2017) entre la población residente en España a 1 de julio de ese año para dicho colectivo según las *Cifras de Población* (provisionales para el año 2017).

Índice Sintético de Emigración Interior proyectado (2018-2032)



2. Diferencial por sexos de la intensidad de la emigración interior

Se proyecta un diferencial por sexo para la intensidad de emigración desde una provincia al resto de España para cada lugar de nacimiento, que se mantiene constante para todo el periodo proyectivo y se obtiene como sigue:

- Para cada año del periodo 2013-2017 se calculan las tasas específicas de emigración desde una provincia al resto de España¹⁵ por generación para cada sexo y lugar de nacimiento, cuya suma da lugar al Índice Sintético de Emigración Interior para cada sexo y lugar de nacimiento para esa provincia de origen.
- Análogamente se calculan, para cada año del periodo 2013-2017, las tasas específicas de emigración desde una provincia al resto de España¹⁶ por generación (y ambos sexos) para cada lugar de nacimiento, cuya suma da lugar al Índice Sintético de Emigración Interior para cada lugar de nacimiento para esa provincia de origen.

A partir de dichos índices se obtiene el diferencial por sexos para cada año t , sexo s , lugar de nacimiento n y provincia h como el cociente:

$$DEint_{s,n,h}^t = \frac{ISEint_{s,n,h}^t}{ISEint_{n,h}^t}$$

Finalmente, el diferencial por sexo proyectado será el obtenido como promedio de los diferenciales de los cinco últimos años (2013-2017) de la Estadística de Migraciones, para cada sexo, provincia y lugar de nacimiento.

3. Calendario por generación:

Se proyecta el calendario por generación de la emigración de población residente en cada provincia al resto de España para cada sexo y lugar de nacimiento. Este calendario se mantiene constante para todo el periodo proyectivo, teniendo en cuenta la estabilidad observada del mismo en los últimos años. Dicha proyección se ha obtenido en los siguientes pasos:

- 1) Se obtienen las tasas específicas de emigración de cada provincia h al resto de España¹⁷ por generación x , para cada sexo s y lugar de nacimiento n , para cada año t del periodo 2013-2017, $ei_{s,n,x,h}^t$.

¹⁵ Las tasas de emigración desde cada provincia al resto de España para un determinado colectivo de población se obtienen como el cociente de los flujos de emigración interior correspondientes recogidos en la Estadística de Migraciones (datos provisionales para 2017) entre la población residente en España a 1 de julio de ese año para dicho colectivo según las *Cifras de Población* (provisionales para el año 2017).

¹⁶ Las tasas de emigración desde cada provincia al resto de España para un determinado colectivo de población se obtienen como el cociente de los flujos de emigración interior correspondientes recogidos en la Estadística de Migraciones (datos provisionales para 2017) entre la población residente en España a 1 de julio de ese año para dicho colectivo según las *Cifras de Población* (provisionales para el año 2017).

¹⁷ Las tasas de emigración desde cada provincia al resto de España para un determinado colectivo de población se obtienen como el cociente de los flujos de emigración interior correspondientes recogidos en la Estadística de Migraciones (datos provisionales para 2017) entre la población residente en España a 1 de julio de ese año para dicho colectivo según las *Cifras de Población* (provisionales para el año 2017).

- 2) A partir de las tasas anteriores obtenemos un calendario por generación de la emigración de cada provincia, sexo y lugar de nacimiento al resto de España dividiendo cada tasa específica entre la suma de todas ellas, es decir, el Índice Sintético de Emigración Interior de cada sexo, provincia y lugar de nacimiento:

$$c_{s,n,x,h}^t = \frac{ei_{s,n,x,h}^t}{\sum_x ei_{s,n,x,h}^t} = \frac{ei_{s,n,x,h}^t}{ISEint_{s,n,h}^t}$$

- 3) Obtenemos el calendario por generación promedio de los calendarios de cada año obtenidos en el paso anterior.
- 4) Dicho calendario es sometido a una transformación consistente en hacerlo constante a partir de las generaciones correspondientes a los 85 años y más años cumplidos a 31 de diciembre de cada año asignándoles, a cada una de esas edades, el promedio de sus valores a todas ellas, a fin de obviar la extrema variabilidad que presentan los mismos en las edades más avanzadas, debida únicamente a factores aleatorios.
- 5) Finalmente, el calendario provincial proyectado, que se mantendrá constante para cada año del periodo proyectivo, se deriva de un procedimiento de suavizado del calendario obtenido en el punto anterior, consistente en un triple proceso de medias móviles de cinco generaciones consecutivas.

4. Coeficiente de reparto por provincia de destino:

El coeficiente de reparto de las tasas específicas de emigración al resto de España desde una provincia de origen a las distintas provincias de destino para cada sexo, lugar de nacimiento y generación se ha derivado también del observado en el periodo 2013-2017 y se ha mantenido constante para todo el periodo de proyección.

Para cada año del periodo 2013-2017 y para cada sexo, lugar de nacimiento, generación y provincia de origen, este coeficiente se obtiene como el cociente entre las tasas de emigración interior de origen-destino¹⁸ para cada generación, sexo y lugar de nacimiento y las tasas de emigración interior desde cada provincia de origen al resto de España¹⁹ para cada generación, sexo y lugar de nacimiento, ambas obtenidas mediante el procedimiento descrito para los calendarios, es decir, aplicando la transformación de las generaciones correspondientes a 85 años y más a 31 de diciembre, además del posterior suavizado mediante medias móviles.

El coeficiente de reparto proyectado, que se mantendrá constante para cada año del periodo proyectivo, se obtiene como el promedio de los coeficientes correspondientes a los años 2013-2017. Dicho coeficiente de reparto según provincia

¹⁸ Las tasas de emigración desde una provincia de origen a una de destino para un determinado colectivo de población se obtienen como el cociente de los flujos de emigración interior correspondientes recogidos en la Estadística de Migraciones (datos provisionales para 2017) entre la población residente en España a 1 de julio de ese año para dicho colectivo según las *Cifras de Población* (provisionales para el año 2017).

¹⁹ Las tasas de emigración desde cada provincia al resto de España para un determinado colectivo de población se obtienen como el cociente de los flujos de emigración interior correspondientes recogidos en la Estadística de Migraciones (datos provisionales para 2017) entre la población residente en España a 1 de julio de ese año para dicho colectivo según las *Cifras de Población* (provisionales para el año 2017).

de destino k , en cada sexo s , generación x desde la provincia de origen h proyectado para el año t lo denotamos por $a_{s,x,h,k}^t$.

7 Escenarios de proyección

Al igual que en la edición anterior, en las Proyecciones de Población 2018-2068 se ha realizado el ejercicio de plantear distintos escenarios para algunas de las hipótesis de los fenómenos. Esta simulación pretende conseguir una mejor interpretación por parte de la sociedad del verdadero significado de las proyecciones, que no es el de predecir el futuro, sino el de simular lo que ocurriría bajo ciertas condiciones.

El hecho de proporcionar diferentes escenarios ayuda a entender que la proyección central, que es la obtenida a través de la metodología desarrollada en el documento, está comprendida dentro en un intervalo de incertidumbre. Esto muestra la sensibilidad a la que se ven sometidos los resultados de la proyección ante variaciones en las hipótesis de partida.

En concreto, se han planteado siete escenarios (además del central), solo para el nivel nacional, variando las hipótesis de fecundidad y de saldo migratorio, así como a través de una combinación de ambas:

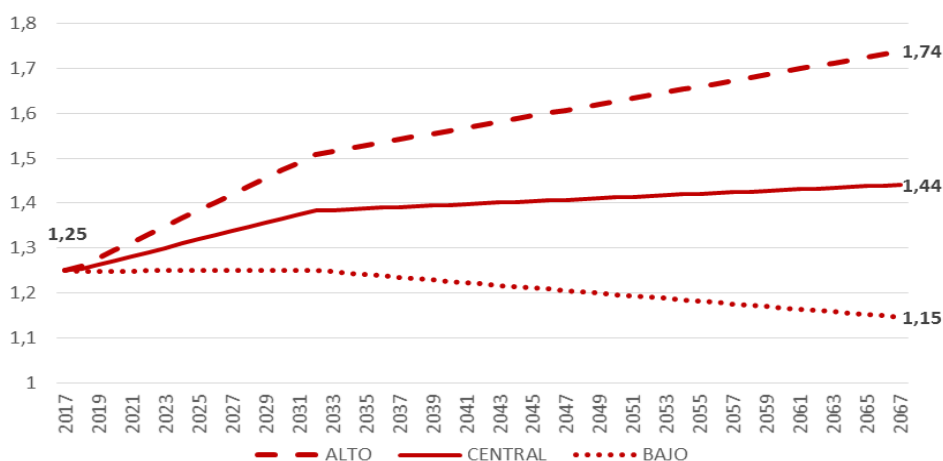
a) Fecundidad alta / baja:

Como se ha explicado detalladamente en el epígrafe 3.1 de este documento, la proyección de la fecundidad, para el escenario central, de cada uno de los años del periodo proyectivo a largo plazo, se ha llevado a cabo ajustando el calendario de la fecundidad observada en España mediante una distribución de probabilidad Beta de parámetros, ICF, EMM y Var_EMM. De tal forma, que los valores del ICF y de la EMM de cada uno de los años del periodo proyectivo, se obtienen por interpolación lineal entre el último valor observado, provisionales de 2017, y la media aritmética de los valores dados por los expertos en demografía, en la encuesta, para los años 2032 y 2067, respectivamente. Tomando como varianza de la edad media a la maternidad, de cada uno de los años del periodo proyectivo, constante e igual al valor del último año observado, provisionales de 2017.

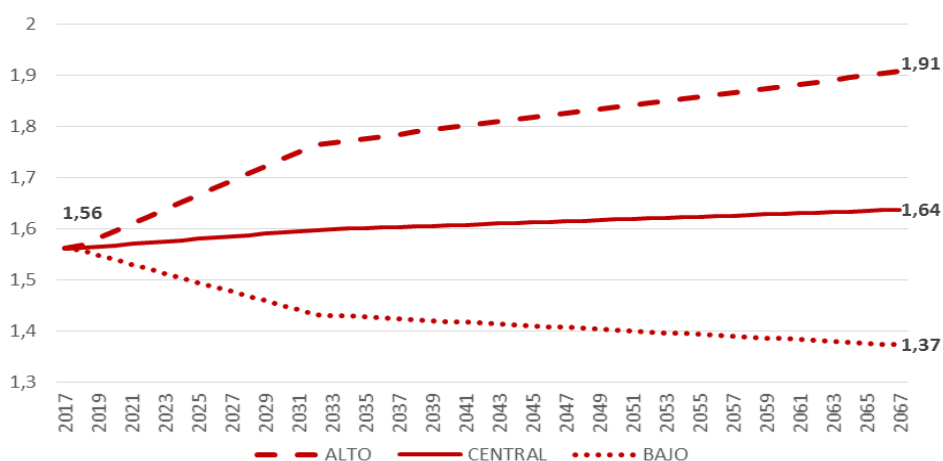
Entonces, para elevar/reducir la fecundidad proyectada en el escenario central establecemos para 2032 (dentro de 15 años) y para 2067 (dentro de 50 años) un ICF igual a 2 veces la desviación típica más/menos que el establecido para dichos años en el escenario central. Se mantienen las mismas EMM y Var_EMM que las establecidas para el escenario central en cada año del periodo proyectivo a largo plazo.

Dado que la proyección de la población se hace separadamente para cada lugar de nacimiento, las diferentes variantes del ICF quedarían como muestran los siguientes gráficos:

**Indicador Coyuntural de Fecundidad proyectado
2018-2067. Nacidas en España. Escenarios.**



**Indicador Coyuntural de Fecundidad proyectado
2018-2067. Nacidas en el extranjero. Escenarios.**

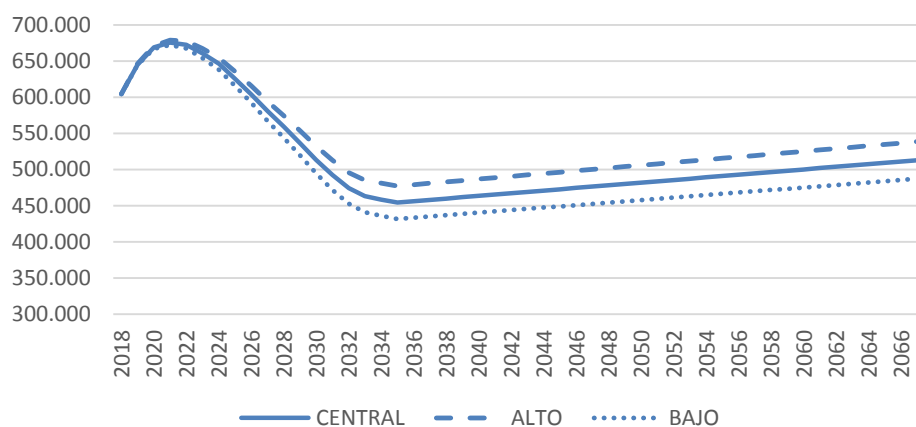


b) Saldo migratorio alto/bajo/nulo:

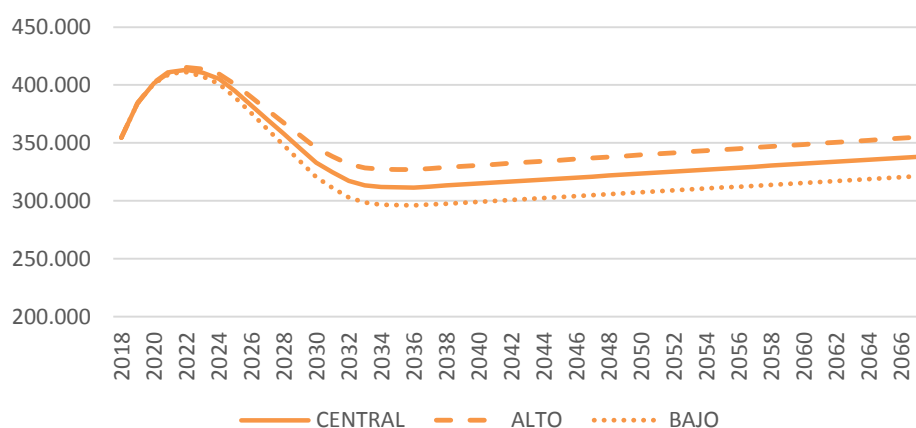
Para establecer distintos escenarios para el saldo migratorio se han establecido, en primer lugar, varios escenarios para los flujos migratorios, haciendo variar en un 5% arriba y abajo los valores obtenidos de la encuesta a los expertos para los flujos migratorios para el año 2032 (dentro de 15 años) y para el año 2067 (dentro de 50 años), para cada lugar de nacimiento. El resto de la serie se ha construido con la misma metodología que los flujos de inmigración y emigración establecidos para el escenario central.

Así, los distintos escenarios de inmigración y emigración se pueden observar en los siguientes gráficos.

Flujos de inmigración exterior proyectados
2018-2067. Escenarios



Flujos de emigración exterior proyectados
2018-2067. Escenarios

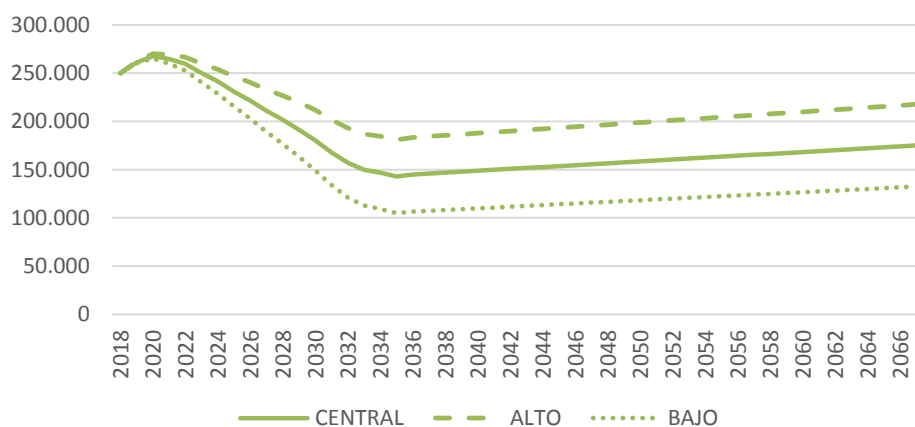


A partir de estos escenarios para los flujos de inmigración y emigración exterior, se construyen los escenarios para el saldo migratorio mediante las siguientes combinaciones:

- Escenario alto de saldo migratorio: combinación de escenario de inmigración alto y escenario de emigración bajo.
- Escenario bajo de saldo migratorio: combinación de escenario de inmigración bajo y escenario de emigración alto.

Así, los distintos escenarios para el saldo migratorio quedan como sigue:

Saldos migratorios exteriores proyectados 2018-2067. Escenarios



Por último, se ha construido un escenario adicional para realizar una proyección en ausencia de migraciones, en el que se ha establecido como hipótesis de migraciones exterior unos flujos de inmigración y de emigración nulos para todo el periodo proyectivo dando lugar, por tanto, a un escenario de saldo migratorio nulo para todo el periodo.

c) Fecundidad alta y saldo migratorio alto/Fecundidad baja y saldo migratorio bajo:

Los escenarios más extremos se obtendrán mediante una combinación de las hipótesis altas de fecundidad y saldo migratorio para el escenario más alto, y una combinación de las hipótesis bajas de fecundidad y saldo migratorio para el escenario más bajo.

8 Difusión de resultados

El Instituto Nacional de Estadística elaboraba y difundía anualmente, desde el año 2008, los resultados de unas Proyecciones de Población a Corto Plazo, para España y sus comunidades autónomas y provincias en los 10 años siguientes, y cada tres años unas Proyecciones de Población a Largo Plazo para España en los 40 años siguientes.

A partir de 2014, ambas operaciones se integraron en una sola, las Proyecciones de Población, con carácter bienal, que ofrecen resultados de:

- Población residente a 1 de enero de cada año según lugar de nacimiento y año, por comunidad autónoma y provincia para los años 2018-2033 y para el total nacional para los años 2018-2068.
- Población residente a 1 de enero de cada año según sexo, edad y año de nacimiento, por comunidad autónoma y provincia para los años 2018-2033 y para el total nacional para los años 2018-2068.
- Nacimientos anuales de madre residente en España según sexo y edad y año de nacimiento de la madre, por comunidad autónoma y provincia para los años 2018-2032 y para el total nacional para los años 2018-2067.
- Defunciones anuales según sexo, edad y año de nacimiento, por comunidad autónoma y provincia para los años 2018-2032 y para el total nacional para los años 2018-2068.
- Migraciones exteriores anuales según sexo, edad y año de nacimiento del migrante, por comunidad autónoma y provincia para los años 2018-2032 y para el total nacional para los años 2018-2068.
- Migraciones interautonómicas e interprovinciales anuales según sexo, edad y año de nacimiento del migrante, por comunidad autónoma de origen o de destino para los años 2018-2032 y para el total nacional para los años 2018-2068.

En la presente edición, se difunde también, una relación de Indicadores Demográficos Básicos proyectados por comunidad autónoma y provincia para los años 2018-2033 y para el total nacional para los años 2018-2068, relativos a Natalidad y Fecundidad, Mortalidad, Indicadores Migratorios y de Crecimiento y Estructura de la Población.

La metodología de cálculo utilizada para la obtención de estos indicadores es idéntica a la utilizada en la operación Indicadores Demográficos Básicos que publica el ine con periodicidad semestral.

Las fuentes de información en que se basan estos indicadores demográficos son:

- las cifras de población proyectadas para cada uno de los años del periodo proyectivo a corto plazo (2018-2033) desagregadas por comunidad autónoma y provincia de residencia y a largo plazo (2018-2068) para el total nacional.

- los flujos de los fenómenos demográficos proyectados (nacimientos, defunciones, inmigraciones y emigraciones) para cada uno de los años del periodo proyectivo a corto plazo (2018-2032) desagregadas por comunidad autónoma y provincia de residencia y a largo plazo (2018-2067) para el total nacional.

Una mayor información sobre el cálculo de los Indicadores Demográficos Básicos se encuentra disponible en [Indicadores Demográficos Básicos](#) y sobre las Tablas de Mortalidad se encuentra disponible en [Tablas de Mortalidad](#)

Adicionalmente, se difunden las hipótesis de proyección de cada uno de los fenómenos demográficos (fecundidad, mortalidad, migraciones exteriores, y migraciones interiores) del periodo proyectivo para el nivel nacional.

9 Anexo

Como novedad, en esta edición, se constituyó un **grupo de trabajo formado por expertos demógrafos** de diversas instituciones (Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Centro de Estudios Demográficos de la Universidad Autónoma de Barcelona, Universidad Carlos III de Madrid y de la Seguridad Social). El INE quiere agradecer expresamente la intensa y desinteresada colaboración de estas instituciones.

El grupo de trabajo colaboró con el INE en la introducción de ciertas mejoras en el modelo. Una parte fundamental lo constituyó la recomendación de someter las principales hipótesis de las proyecciones a una consulta en forma de **encuesta a demógrafos de toda España**. Se realizó esta encuesta en el mes de mayo de 2018 y a partir de ella se tuvieron valores de referencia para los parámetros necesarios para la estimación a 15 y 50 años vista: indicador coyuntural de fecundidad, edad media a la maternidad, esperanza de vida al nacer y niveles de emigración e inmigración que arrojó los siguientes resultados.

1. Hipótesis sobre fecundidad

Últimos datos disponibles (año 2017)	Valor
ICF nacidas en España	1,25
ICF nacidas en extranjero	1,56
EMM nacidas en España	32,7
EMM nacidas en extranjero	30,0

Resultados de la encuesta a expertos:

Parámetro	Media	Desviación Típica
ICF nacidas en España dentro de 15 años	1,39	0,067
ICF nacidas en extranjero dentro de 15 años	1,60	0,086
ICF nacidas en España dentro de 50 años	1,45	0,151
ICF nacidas en extranjero dentro de 50 años	1,64	0,137
EMM nacidas en España dentro de 15 años	32,8	0,892
EMM nacidas en extranjero dentro de 15 años	30,4	0,896
EMM nacidas en España dentro de 50 años	33,3	2,000
EMM nacidas en extranjero dentro de 50 años	30,7	1,493

2. Hipótesis sobre mortalidad

Últimos datos disponibles (año 2017)	Valor
Esperanza vida hombres	80,4
Esperanza vida mujeres	85,7

Resultados de la encuesta a expertos:

Parámetro	Media	Desviación Típica
Esperanza de vida hombres dentro de 50 años	86,4	2,623
Esperanza de vida mujeres dentro de 50 años	90,8	5,078

3. Hipótesis sobre migraciones

Últimos datos disponibles (año 2017)	Valor
Inmigración nacidos en España	38.419
Emigración nacidos en España	67.931
Inmigración nacidos en extranjero	494.063
Emigración nacidos en extranjero	299.947

Resultados de la encuesta a expertos:

Parámetro	Media	Desviación Típica
Inmigración nacidos en España dentro de 15 años	44.737	13.690
Inmigración nacidos en España dentro de 50 años	56.563	30.969
Emigración nacidos en España dentro de 15 años	66.632	17.046
Emigración nacidos en España dentro de 50 años	74.063	44.092
Inmigración nacidos en extranjero dentro de 15 años	403.750	67.995
Inmigración nacidos en extranjero dentro de 50 años	456.176	184.116
Emigración nacidos en extranjero dentro de 15 años	240.833	46.597
Emigración nacidos en extranjero dentro de 50 años	263.667	105.466