INSTITUTO GALEGO DE ESTATÍSTICA

Proyecciones de población a corto plazo

METODOLOGÍA

1. Introducción

El Instituto Nacional de Estadística (INE) elabora proyecciones de población con nivel de desagregación provincial, con horizonte proyectivo de quince años y actualización bienal. Las características de la comunidad autónoma de Galicia, con diferencias muy acusadas entre las distintas zonas geográficas dentro de una misma provincia, inducen a que sea necesaria una mayor desagregación a nivel territorial de la información disponible sobre la población futura.

Dentro del marco de las proyecciones de población elaboradas por el INE, el IGE decidió trabajar en la desagregación territorial de las mismas, llegando hasta el nivel comarcal.

El efecto de la COVID-19 modificó las hipótesis de evolución de la mortalidad y de los movimientos migratorios para los primeros años de la proyección con respecto a las que se venían usando en ediciones anteriores a 2020, detalladas en los apartados correspondientes.

2. Objetivo

Estimar la distribución futura de la población de Galicia, formulando el escenario más probable con base en la última información demográfica disponible.

3. Ámbito de investigación

Ámbito poblacional: La población objeto de investigación es la población residente en cada ámbito geográfico en la fecha del 1 de enero de cada año del horizonte proyectivo.

Ámbito geográfico: El ámbito geográfico abarca todo el territorio gallego.

Ámbito temporal: El horizonte proyectivo se corresponde con el período 2022-2037.

4. Procedimiento de cálculo

La elaboración de las proyecciones de población a corto plazo está basada en el método clásico de componentes, que consiste en partir de una población residente en un cierto ámbito geográfico y

de los datos observados para cada una de las componentes demográficas básicas (mortalidad, fecundidad y migración), y obtener la población correspondiente a fechas posteriores bajo ciertas hipótesis sobre la evolución de esos tres fenómenos, que son los que determinan su crecimiento y su estructura por edades.

La proyección de la población de cada sexo y edad en cada uno de los niveles geográficos inferiores para el 1 de enero de cada año del período proyectivo, utiliza un modelo de proyección multirregional[1], que proporciona las cifras de población por sexo y edad residente en cada uno de los niveles territoriales considerados y las cifras proyectadas de nacimientos, defunciones y movimientos migratorios que tendrán lugar en cada uno de los años del período proyectivo, guardando coherencia entre flujos y stocks demográficos y consistencia interterritorial.

De esta forma, partiendo de la población residente en cada nivel territorial considerado de sexo s y edad x el 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 esa área geográfica el 1 de enero del año t+1, $P_{s,x+1}^{t+1}$, así como de los correspondientes eventos demográficos que sucedieron a lo largo del año t, a partir de las expresiones:

- para las edades x = 0, 1, 2, ..., 98:

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

donde:

$m_{s,x}^{t}$: tasa de mortalidad del año t de individuos de sexo s y edad x el 1 de enero del año t

$e_{s,x}^{t}$: tasa de emigración exterior del año t de individuos de sexo s y edad x el 1 de enero del año t

$IM_{s,x}^{t}$: flujo de inmigración procedente de fuera del ámbito geográfico del año t de individuos de sexo s y edad x el 1 de enero del año t.

- para los nacidos durante el año en curso t:

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

donde:

[1] Willekens, F.J. e Drewe, P. (1984) "A multiregional model for regional demographic projection", en Heide, H. e Willekens, F.J. (ed) *Demographic Research and Spatial Policy*, Academic Press, Londres

$m^t_{s,-1}$: tasa de mortalidad de individuos de sexo s, nacidos durante el año t

$e^t_{s,-1}$: tasa de emigración al exterior de los individuos de sexo s nacidos durante el año t

$IM^t_{s,-1}$: flujo de inmigración procedente del extranjero de nacidos de sexo s durante el año t

N^t_s: nacidos de sexo s durante el año t, que se obtienen de la forma:

$$N^t_s = r \cdot \sum_{x=14}^{49} \left(\frac{P^t_{M,x} + P^{t+1}_{M,x+1}}{2} \right) \cdot f^t_x$$

donde:

r = ratio de masculinidad al nacimiento, en el caso de los varones, y 1-r = ratio de feminidad al nacimiento, en el caso de las mujeres

$P^t_{M,x}$: población de mujeres de edad x el 1 de enero del año t

f^t_x: tasa de fecundidad de mujeres de edad x el 1 de enero del año t durante el mencionado año.

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

$$P^{t+1}_{s,100+} = \frac{\left[1 - 0{,}5 \cdot \left(m^t_{s,99+} + e^t_{s,99+}\right)\right] \cdot \left(P^t_{s,99} + P^t_{s,100+}\right) + IM^t_{s,99+}}{\left[1 + 0{,}5 \cdot \left(m^t_{s,99+} + e^t_{s,99+}\right)\right]}$$

donde:

$P^t_{s,99}$: población de sexo s y edad 99 el 1 de enero del año t

$P^t_{s,100+}$: población de sexo s y edad de 100 o más años el 1 de enero del año t

$m^t_{s,99+}$: tasa de mortalidad de individuos de sexo s de 99 o más años el 1 de enero del año t durante el mencionado año

$e^t_{s,99+}$: tasa de emigración al exterior de individuos de sexo s de 99 o más años el 1 de enero del año t durante el mencionado año

$IM^t_{s,99+}$: flujo de inmigración procedente del extranjero de individuos de sexo s y edad 99 años o más el 1 de enero del año t durante el mencionado año.

Por otra parte, se obtienen las proyecciones de defunciones de individuos de sexo s y edad x el 1 de enero del año t a lo largo del mencionado año, $D^t_{s,x}$, a partir de:

- Para los individuos con edad x = 0, 1, ..., 98 el 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:

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

donde:

$D_{s,-1}^{t}$: defunciones el año t de sexo s de nacidos a lo largo del año

$m_{s,-1}^{t}$: tasa de mortalidad del año t de nacidos de sexo s a lo largo del mencionado año

- Para los individuos que tienen 99 o más años de edad el 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:

$P_{s,100+}^{t}$: población de sexo s de 100 o más años el 1 de enero del año t

$D_{s,99+}^{t}$: defunciones a lo largo del año t de individuos de sexo s de 99 o más años de edad

También se obtienen las emigraciones de individuos de sexo s y edad x el 1 de enero del año t a lo largo del mencionado año, $E_{s,x}^{t}$, a partir de:

- Para los individuos con edad x = 0, 1, ..., 98 el 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:

$E_{s,-1}^{t}$: emigraciones del año t de nacidos de sexo s

$e^t_{s,-1}$: tasa de emigración de nacidos a lo largo del año t de sexo s en el mencionado año

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

$$E^t_{s,99+} = e^t_{s,99+} \cdot \left(\frac{P^t_{s,99} + P^t_{s,100+} + P^{t+1}_{s,100+}}{2} \right)$$

donde:

$P^t_{s,100+}$: población de sexo s de 100 o más años el 1 de enero del año t

$e^t_{s,99+}$: tasa de emigración de individuos de sexo s de 99 o más años de edad a lo largo del año t.

A partir de los datos proyectados[2] por el INE para cada provincia, sexo y edad simple, el IGE elabora una proyección de la población residente en cada comarca c de la provincia por sexo y grupos quinquenales de edad, el 1 de enero de cada año del período proyectivo; el cálculo necesita un método iterativo, implementado en la herramienta *demogal*[3], según los siguientes pasos en cada año:

1. Se obtienen cifras de población comarcales el 1 de enero del año siguiente con migraciones intercomarcales nulas.
2. Con los resultados del punto 1 y las tasas de migración interior (es decir, movimientos migratorios entre comarcas gallegas) proyectadas se calculan flujos migratorios intercomarcales por sexo y grupo de edad.
3. Con los resultados del punto 2 se calculan cifras de población comarcales el 1 de enero del año siguiente.
4. Con los resultados del punto 3 y las tasas de migración interior proyectadas se calculan flujos migratorios intercomarcales por sexo y grupo de edad.

Las fórmulas utilizadas a nivel comarcal son las siguientes:

- para los grupos de edad x siguientes: de 5 a 9 años, de 10 a 14 años, ... , de 95 a 99 años:

[2] Puede consultarse la metodología utilizada por el INE en: http://www.ine.es/metodologia/t20/meto_propob_2022_2072.pdf

[3] Software estadístico elaborado en lenguaje R, disponible en: http://www.ige.eu/web/mostrar_paxina.jsp?paxina=004017

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

donde:

$R_{c,s,x-1,x}$: porcentaje de población de la comarca c y sexo s, según la estructura promedio del grupo de edad x-1 que pertenecería al grupo de edad x el año siguiente

$R_{c,s,x,x}$: porcentaje de población de la comarca c y sexo s, según la estructura promedio del grupo de edad x que permanecería en el grupo de edad x el año t+1

$m_{c,s,x}^{t}$: tasa de mortalidad el año t de los individuos residentes en la comarca c de sexo s y edad en el grupo x el 1 de enero del año t

$e_{c,s,x}^{t}$: tasa de emigración a fuera de Galicia del año t de los individuos residentes en la comarca c de sexo s y edad en el grupo x el 1 de enero del año t

$IM_{c,s,x}^{t}$: flujo de inmigración procedente de fuera de Galicia que llega a la comarca c en el año t de individuos de sexo s y edad en el grupo x el 1 de enero del año t

$Ii_{c,s,x}^{t}$: flujo de inmigración intercomarcal de individuos de sexo s y edad en el grupo x el 1 de enero del año t en la comarca c

$Ei_{c,s,x}^{t}$: flujo de emigración intercomarcal de individuos de sexo s y edad en el grupo x el 1 de enero del año t en la comarca c

- para el grupo de edad x de 1 a 4 años:

$$P_{c,s,1-4}^{t+1} = \frac{\left(\left[1-0{,}5\left(m_{c,s,0}^{t}+e_{c,s,0}^{t}\right)\right]P_{c,s,0}^{t}+IM_{c,s,0}^{t}+Ii_{c,s,0}^{t}-Ei_{c,s,0}^{t}\right)}{\left[1+0{,}5\cdot\left(m_{c,s,0}^{t}+e_{c,s,0}^{t}\right)\right]}+$$
$$+\frac{\left(\left[1-0{,}5\cdot\left(m_{c,s,1-4}^{t}+e_{c,s,1-4}^{t}\right)\right]P_{c,s,1-4}^{t}+IM_{c,s,1-4}^{t}+Ii_{c,s,1-4}^{t}-Ei_{c,s,1-4}^{t}\right)}{\left[1+0{,}5\cdot\left(m_{c,s,1-4}^{t}+e_{c,s,1-4}^{t}\right)\right]}\cdot R_{c,s,1-4,1-4}$$

donde:

$R_{c,s,1-4,1-4}$: porcentaje de población de la comarca c y sexo s, según la estructura promedio del grupo de edad de 1 a 4 años que permanecería en el grupo de edad el año siguiente

$m^t_{c,s,x}$: tasa de mortalidad en el año t de los individuos residentes en la comarca c de sexo s y edad en el grupo x el 1 de enero del año t

$e^t_{c,s,x}$: tasa de emigración a fuera de Galicia en el año t de los individuos residentes en la comarca c de sexo s y edad en el grupo x el 1 de enero del año t

$IM^t_{c,s,x}$: flujo de inmigración procedente de fuera de Galicia que llega a la comarca c en el año t de individuos de sexo s y edad en el grupo x el 1 de enero del año t

$Ii^t_{c,s,x}$: flujo de inmigración intercomarcal de individuos de sexo s y edad en el grupo x el 1 de enero del año t en la comarca c

$Ei^t_{c,s,x}$: flujo de emigración intercomarcal de individuos de sexo s y edad en el grupo x el 1 de enero del año t en la comarca c

- para los nacidos durante el año en curso t:

$$P^{t+1}_{c,s,0} = \frac{\left[1 - 0{,}5 \cdot \left(m^t_{c,s,-1} + e^t_{c,s,-1}\right)\right] \cdot N^t_{c,s} + IM^t_{c,s,-1} + Ii^t_{c,s,-1} - Ei^t_{c,s,-1}}{\left[1 + 0{,}5 \cdot \left(m^t_{c,s,-1} + e^t_{c,s,-1}\right)\right]}$$

donde:

$m^t_{c,s,-1}$: tasa de mortalidad en el año t de los residentes en la comarca c de sexo s, nacidos durante el mencionado año

$e^t_{c,s,-1}$: tasa de emigración a fuera de Galicia en el año t de los individuos residentes en la comarca c de sexo s nacidos durante el año t

$IM^t_{c,s,-1}$: flujo de inmigración procedente de fuera de Galicia en la comarca c de individuos de sexo s nacidos durante el año t

$Ii^t_{c,s,-1}$: flujo de inmigración intercomarcal, durante el año t, de la comarca c, de individuos de sexo s nacidos durante el año t

$Ei^t_{c,s,-1}$: flujo de emigración intercomarcal, durante el año t, de la comarca c, de individuos de sexo s nacidos durante el año t

$N^t_{c,s}$: nacidos de sexo s en la comarca c durante el año t, que se obtienen de la forma:

$$N^t_{c,s} = r_s \cdot \sum_{x=15-19}^{45-49} \left(P^t_{c,M,x} \cdot f^t_{c,x}\right)$$

donde:

r_s = 0,515639997 para varones y r_s = 0,484360003 para mujeres

$P^t_{c,M,x}$: población de mujeres residentes en la comarca c de edad en el grupo x el 1 de enero del año t

$f^t_{c,x}$: tasa de fecundidad en el año t de las mujeres residentes en la comarca c de edad en el grupo x el 1 de enero del año t

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

$$P^{t+1}_{c,s,100+} = \frac{\left(\left[1-0{,}5\cdot\left(m^t_{c,s,95-99}+e^t_{c,s,95-99}\right)\right]\cdot P^t_{c,s,95-99}+IM^t_{c,s,95-99}+Ii^t_{c,s,95-99}-Ei^t_{c,s,95-99}\right)}{\left[1+0{,}5\cdot\left(m^t_{c,s,95-99}+e^t_{c,s,95-99}\right)\right]}\cdot R_{c,s,95-99,100+} +$$
$$+\frac{\left(\left[1-0{,}5\cdot\left(m^t_{c,s,100+}+e^t_{c,s,100+}\right)\right]\cdot P^t_{c,s,100+}+IM^t_{c,s,100+}+Ii^t_{c,s,100+}-Ei^t_{c,s,100+}\right)}{\left[1+0{,}5\cdot\left(m^t_{c,s,100+}+e^t_{c,s,100+}\right)\right]}$$

donde:

$P^t_{c,s,95-99}$: población residente en la comarca c de sexo s y edad en el grupo 95-99 el 1 de enero del año t

$P^t_{c,s,100+}$: población residente en la comarca c de sexo s y edad 100 o más años el 1 de enero del año t

$m^t_{c,s,95-99}$: tasa de mortalidad en el año t de individuos de sexo s residentes en la comarca c de edad en el grupo 95-99 años el 1 de enero del año t durante el mencionado año

$m^t_{c,s,100+}$: tasa de mortalidad en el año t de individuos de sexo s residentes en la comarca c de edad en el grupo de 100 años o más el 1 de enero del año t durante el mencionado año

$e^t_{c,s,95-99}$: tasa de emigración a fuera de Galicia en el año t de los individuos de sexo s residentes en la comarca c de edad en el grupo de 95-99 años el 1 de enero del año t

$e^t_{c,s,100+}$: tasa de emigración a fuera de Galicia en el año t de los individuos de sexo s residentes en la comarca c de edad en el grupo de 100 años o más el 1 de enero del año t

$IM^t_{c,s,95-99}$: flujo de inmigración procedente de fuera de Galicia durante el año t en la comarca c de individuos de sexo s y edad en el grupo de 95-99 años el 1 de enero del año t

$IM^{t}_{c,s,100+}$: flujo de inmigración procedente de fuera de Galicia durante el año t en la comarca c de individuos de sexo s y edad en el grupo de 100 años o más el 1 de enero del año t

$Ii^{t}_{c,s,95-99}$: flujo de inmigración procedente del resto de Galicia de individuos de sexo s con edades en el grupo de edad de 95-99 años el 1 de enero del año t durante el mencionado año

$Ii^{t}_{c,s,100+}$: flujo de inmigración procedente del resto de Galicia de individuos de sexo s con edades en el grupo de edad de 100 años o más el 1 de enero del año t durante el mencionado año

$Ei^{t}_{c,s,95-99}$: flujo de emigración con destino al resto de Galicia de individuos de sexo s con edades en el grupo de edad de 95-99 años el 1 de enero del año t durante el mencionado año

$Ei^{t}_{c,s,100+}$: flujo de emigración con destino al resto de Galicia de individuos de sexo s con edades en el grupo de edad de 100 años o más el 1 de enero del año t durante el mencionado año

$R_{c,s,95-99,100+}$: porcentaje de población de la comarca c y sexo s, según la estructura promedio del grupo de edad 95-99, que tiene 99 años y pasaría al grupo de edad 100 o más el año siguiente

El cálculo de la proyección a nivel comarcal implica un proceso iterativo de comprobación de consistencia, de ajuste de los resultados comarcales de población y eventos demográficos proyectados, obtenidos de la proyección del total provincial y de la agregación de resultados comarcales, introduciendo sucesivos factores de corrección comarcales que pueden modificar muy ligeramente, en el mismo grado para todas las comarcas de una misma provincia en cada edad y sexo, las tasas específicas de fecundidad, mortalidad y emigración a fuera de Galicia, hasta conseguir una completa consistencia interterritorial.

Población de partida

La población de partida está constituida por las *Cifras de población* del INE del 1 de enero del año 2021, y obtenidos a partir de estas, los resultados de las proyecciones de población del INE para las provincias gallegas para el 1 de enero de los siguientes dieciseis años. Para la desagregación territorial de los datos de partida, se utilizan los resultados de las *Cifras poboacionais de referencia* del IGE.

Proyección de la fecundidad

Para la fecundidad la proyección a corto plazo está basada en establecer hipótesis sobre la evolución futura del índice sintético de fecundidad (ISF) o número medio de hijos por mujer, y del

valor y de la varianza de la edad media a la maternidad (IMM), según lugar de nacimiento de la madre para tener en cuenta el comportamiento distinto de la mujeres nacidas en España con respecto a las nacidas en el extranjero. A partir de esas hipótesis, se obtienen tasas de fecundidad por edad para cada año del período proyectivo, mediante el ajuste de una distribución de probabilidad Beta, corregida por los límites de edad inferior α y superior β.

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

donde:

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

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

Se hizo una encuesta entre expertos demógrafos para obtener posibles valores para el ISF y para la IMM en el año 2036. Con estos valores, y mediante interpolación lineal entre el último valor observado (provisionales de 2021) y la media aritmética de los valores proporcionados por los expertos para 2036, se obtienen valores estimados para ISF y IMM en cada año del período proyectivo, a los que se ajustan las funciones Beta mencionadas anteriormente, que proporcionarán las tasas de fecundidad para cada edad x.

La proyección de la evolución de la fecundidad en las provincias para el período proyectivo se propone a partir de una previsión del comportamiento diferencial de la intensidad de la fecundidad en cada provincia con respecto al total nacional, así como de la evolución actual de la edad mediana a la maternidad y del rango intercuartílico de las tasas específicas de fecundidad en cada provincia. Con estos parámetros se obtienen tasas específicas de fecundidad por edad simple proyectadas para cada provincia y cada año del período proyectivo, a partir del modelo de Gompertz relacional, según la metodología propuesta por Zeng y otros (2001)[4].

La proyección de la fecundidad en las comarcas[5] parte de los datos proyectados por el INE a nivel provincial. Se establecen grupos quinquenales[6] de edad de la madre para las tasas de fecundidad, y sigue los pasos siguientes:

1. Proyección del Índice sintético de fecundidad, ISF, de cada comarca, para el período proyectivo: para cada año t, se obtiene a partir del proyectado para el total de la provincia

[4] 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.

[5] La fecundidad por comarca viene dada por la fecundidad de las madres residentes en la comarca

[6] Los grupos quinquenales considerados son los siguientes: de 15 a 19 años, de 20 a 24 años, de 25 a 29 años, de 30 a 34 años, de 35 a 39 años, de 40 a 44 años e de 45 a 49 años

para ese año t, multiplicado por un coeficiente que representa el diferencial de intensidad de fecundidad de cada comarca con el de la provincia correspondiente:

$$\hat{ISF}^{t}_{Comarca} = ISF^{t}_{\text{Provincia}} \cdot \hat{DF}^{t}_{Comarca}$$

Este coeficiente diferencial se define para un año t* como el cociente entre el ISF de la comarca y el ISF de su provincia:

$$DF^{t^*}_{Comarca} = \frac{ISF^{t^*}_{Comarca}}{ISF^{t^*}_{\text{Provincia}}}$$

El coeficiente diferencial proyectado para cada año del período proyectivo se obtiene a partir de la estimación por mínimos cuadrados ordinarios de una modelización log-lineal de la evolución del mencionado diferencial durante los últimos años, según la fórmula:

$DF^{t}_{comarca} = \alpha_{DFcom} + \beta_{DFcom} ln(t - 2008)$, donde *t = 2011,2012 ..., 2020*

A partir de este modelo, se obtienen las estimaciones $\hat{\alpha}_{DFCom}$ y $\hat{\beta}_{DFCom}$. Para obtener los valores proyectados de $DF^{t}_{Comarca}$, se aplica la fórmula:

$$DF_{comarca} = \left(\hat{\alpha}_{DFcom} + \hat{\beta}_{DFcom} ln(t - 2008)\right)\left(\frac{(DF^{2018}_{comarca} + DF^{2019}_{comarca} + DF^{2020}_{comarca})}{3} \Big/ \left(\hat{\alpha}_{DFcom} + \hat{\beta}_{DFcom} ln(2019 - 2008)\right)\right)$$

y para obtener los valores proyectados del $ISF^{t}_{Comarca}$:

$$\hat{ISF}^{t}_{Comarca} = ISF^{t}_{\text{Provincia}} \cdot \hat{DF}^{t}_{Comarca}$$

2. Proyección de la Edad mediana a la maternidad en cada comarca, $IMeM^{t}_{Comarca}$, que se obtiene por mínimos cuadrados ordinarios de un modelado log-lineal de la evolución del indicador durante los últimos años, según la fórmula:

   $IMeM^{t}_{comarca} = \alpha_{IMeMcom} + \beta_{IMeMcom} ln(t - 2008)$, donde *t = 2011, 2012, ..., 2020*

   A partir de este modelo, se obtienen las estimaciones $\hat{\alpha}_{IMeMCom}$ y $\hat{\beta}_{IMeMCom}$. Para obtener los valores proyectados de $IMeM^{t}_{Comarca}$, se aplica la fórmula

$$\widehat{IMeM}^{t}_{comarca} = \left(\hat{\alpha}_{IMeMcom} + \hat{\beta}_{IMeMcom} ln(t - 2008)\right)\left(\frac{(IMeM^{2018}_{comarca} + IMeM^{2019}_{comarca} + IMeM^{2020}_{comarca})}{3} \Big/ \left(\hat{\alpha}_{IMeMcom} + \hat{\beta}_{IMeMcom} ln(2019 - 2008)\right)\right)$$

3. Proyección del Rango intercuartílico de las tasas específicas de fecundidad por grupo de edad en cada comarca para el período proyectivo, $RI^{t}_{Comarca}$, que se obtiene por mínimos

cuadrados ordinarios de un modelado log-lineal de la evolución del indicador durante los últimos años, según la fórmula:

$RI^{t}_{comarca} = \alpha_{RICom} + \beta_{RICom} ln(t - 2008)$, donde *t = 2011, 2012, ..., 2020*

A partir de este modelo, se obtienen las estimaciones $\hat{\alpha}_{RICom}$ y $\hat{\beta}_{RICom}$. Para obtener los valores proyectados de $RI^{t}_{Comarca}$, se aplica la fórmula:

$$\widehat{RI}_{comarca} = \left(\hat{\alpha}_{RIcom} + \hat{\beta}_{RIcom} ln(t - 2008)\right)\left(\frac{\frac{(RI^{2018}_{comarca} + RI^{2019}_{comarca} + RI^{2020}_{comarca})}{3}}{\hat{\alpha}_{RIcom} + \hat{\beta}_{RIcom} ln(2019 - 2008)}\right)$$

4. Cálculo de las tasas proyectadas de fecundidad por grupo de edad x de cada comarca para cada año del período proyectivo, a partir del modelo de Gompertz Relacional, según la fórmula:

$$Y\left(\frac{F(x,t)}{ISF(t)}\right) = \alpha_{Com,t} + \beta_{Com,t} \cdot Y\left(\frac{\widetilde{F}(x,t-1)}{ISF(t-1)}\right)$$

donde $F(x,t) = \sum_{i}^{x} f_i^{Comarca,t}$, siendo $f_i^{Comarca,t}$ la tasa específica de fecundidad a la edad *i* de la comarca en el año t;

$\widetilde{F}(x,t-1) = \sum_{i}^{x} \widetilde{f}_i^{Comarca,t-1}$, siendo $\widetilde{f}_i^{Comarca,t}$ a tasa específica de fecundidad á edad *i* da comarca no ano t resultante do proceso de suavizado das mismas;

$$Y(x) = -\ln(-\ln(x))$$

$$\alpha_{Com,t} = Y(0{,}5) - \beta_{Com,t} \cdot Y\left(\frac{F\left(IMeM^{t-1}_{Comarca}, t-1\right)}{ISF^{t-1}_{Comarca}}\right)$$

$$\beta_{Com,t} = \frac{RI^{t-1}_{Comarca}}{\hat{RI}^{t}_{Comarca}}$$

Para el suavizado de las tasas específicas por grupo de edad de cada comarca correspondientes al año t-1 se usa el algoritmo 4253.H Twice[7].

[7] Velleman e Hoaglin, (1981), *Applications, Basics, and Computing of Exploratory Data Analysis*

Proyección de la mortalidad

Se supone que la situación provocada por el COVID-19 afectará a la proyección de la mortalidad durante el año 2022, y que en los años siguientes se seguirá una evolución de la mortalidad "normal". Para elaborar una estimación de la mortalidad de 2022 se utilizaron los datos de mortalidad provisionales de 2021 y para la proyección del fenómeno en el período 2023-2036 se utilizan como punto de partida las defunciones observadas en el MNP de 2019 (mortalidad previa al covid).

La metodología de la proyección de la mortalidad en España consiste en elaborar una proyección de la esperanza de vida al nacimiento[8], de la que se derivan posteriormente tablas de mortalidad acordes a esos valores de esperanza de vida mediante el uso de tablas tipo.

La proyección de la incidencia de la mortalidad en las provincias para el período 2022-2036 se elabora a partir del método de los *logits de Brass*[9].

1. Se calcula para cada provincia una función de supervivientes por edad cumplida x de cada sexo s, denotadas por $l_{s,x}^{\text{Provincia}}$ e $l_{s,x}^{España}$, respectivamente, para cada año desde 2012 hasta la estimación de 2022.
2. Se aplica la transformación logística siguiente a las series de supervivientes de cada sexo, calculadas para cada provincia y para España:

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

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

   La serie de supervivientes de cada provincia y la del total nacional verifican que la relación entre los valores transformados de ambas es aproximadamente lineal, de manera que se puede modelizar mediante una recta de regresión:

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

   En el ajuste de este modelo se utilizan únicamente las series que van de los 40 a los 95 años[10].

   Los parámetros $\alpha_s^{\text{Provincia}}$ y $\beta_s^{\text{Provincia}}$ describen el nivel y la estructura de mortalidad de cada provincia en relación al total nacional en los últimos años, de forma que un valor negativo de

[8] Puede consultarse la metodología empleada por el INE en:
http://www.ine.es/metodologia/t20/meto_propob_2022_2072.pdf

[9] William Brass, (1975), *Methods for estimating fertility and mortality from limited and defective data*

[10] Debido a las diferencias que existen entre los riesgos de fallecer a edades inferiores a los 40 años, que están sujetos a oscilaciones y aleatoriedad, con respecto a los riesgos de fallecer a edades maduras, más estables

$\alpha_s^{Provincia}$ indica un comportamiento general de la mortalidad más favorable en la provincia que en el conjunto de España, y viceversa, y un valor de $\beta_s^{Provincia}$ superior a 1 indicará que la incidencia de la mortalidad en la provincia es más favorable en las primeras etapas de la vida que en las edades avanzadas en relación con la del conjunto nacional, y viceversa. Estos parámetros se estiman por mínimos cuadrados ordinarios, obteniendo los valores $\hat{\alpha}_s^{Provincia}$ y $\hat{\beta}_s^{Provincia}$.

Las tablas de mortalidad proyectadas para cada año del período proyectivo se deducen a partir de la función de supervivientes por edad de cada sexo y provincia, que resulta del modelo ajustado aplicado a la transformada logística de la función de supervivientes por edad de cada sexo, proyectada para el total nacional para el mencionado año, según las expresiones:

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

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

La proyección de la mortalidad en las comarcas[11] parte de los datos proyectados por el INE a nivel provincial. Se establecen grupos de edad[12] para las tasas de mortalidad, y el proceso sigue los pasos siguientes:

1. Cálculo de las tablas de mortalidad de los últimos 4 años de los que se dispone de información, para los grupos de edad considerados para cada comarca y las provincias correspondientes. A partir de ellas, cálculo de la función de supervivientes por edad cumplida x[13] de cada sexo s, promedio de las correspondientes a cada uno de los 4 años considerados, denotadas por $l_{s,x}^{Comarca}$ y $l_{s,x}^{Provincia}$.

2. Cálculo de las transformaciones logísticas siguientes:

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

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

La relación entre ambas series es aproximadamente lineal; se modela por tanto según una recta de regresión:

[11] La mortalidad por comarca se mide por la mortalidad de los residentes en la comarca

[12] Los grupos de edad considerados son los siguientes: 0 años, de 1 a 4 años, de 5 a 9 años, de 10 a 14 años, de 15 a 19 años, de 20 a 24 años, ..., de 95 a 99 años y de 100 o más años

[13] Se utiliza la marca de clase como edad *x* representativa del grupo de edad

$$Logit\ \ l_{s,x}^{Comarca} = \alpha_s^{Comarca} + \beta_s^{Comarca} \cdot Logit\ \ l_{s,x}^{\text{Provincia}}$$

En el ajuste de estos modelos sólo se utilizan las series que van desde los 40 hasta los 99 años[14], obteniendo los estimadores $\hat{\alpha}_s^{Comarca}$ y $\hat{\beta}_s^{Comarca}$.

3. Con los parámetros estimados anteriores, se calculan:

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

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

4. Renombrando los $\hat{l}_{s,x}^{Comarca}$ como $l_{s,x}^{Comarca}$, se obtiene el resto de funciones biométricas de las tablas de mortalidad proyectadas para cada comarca y sexo:

   - Defunciones en la tabla para el grupo de edad x: $d_{s,x}^{Comarca} = l_{s,x}^{Comarca} - l_{s,x+1}^{Comarca}$
   - Probabilidad de defunción para el grupo de edad x: $q_{s,x}^{Comarca} = \frac{d_{s,x}^{Comarca}}{l_{s,x}^{Comarca}}$
   - Tasas específicas de mortalidad para el grupo de edad x: $m_{s,x}^{Comarca} = \frac{q_{s,x}^{Comarca}}{n \cdot \left(1 - \frac{1}{2} q_{s,x}^{Comarca}\right)}$

Proyección de los movimientos migratorios

Los movimientos migratorios pueden clasificarse desde la óptica del ámbito territorial desde el que se estudian, como movimientos *internos* o *externos*; consideraremos como movimientos internos los que se producen entre comarcas de provincias gallegas, y movimientos externos los que se producen con origen o destino en una provincia no gallega o el extranjero.

En el contexto de proyección de los movimientos migratorios a nivel comarcal, la población migrante estará clasificada según la comarca de residencia del migrante, sexo y grupo de edad[15].

- **Movimientos interprovinciales:**

Para proyectar los movimientos interprovinciales para cada año el INE estima las tasas específicas de migración interprovincial por sexo y edad, $m_{s,x,i,j}^{t}$, que se pueden expresar como producto de tres factores:

[14] Debido a las características de la población gallega, se incluye en el caso de la proyección comarcal el grupo de edad de 95 a 99 años

[15] Los grupos de edad considerados son los mismos que los utilizados en el caso de la proyección de la mortalidad: 0 años, de 1 a 4 años, de 5 a 9 años, de 10 a 14 años, de 15 a 19 años, de 20 a 24 años, ..., de 95 a 99 años y de 100 o más años

$$m^{t}_{s,x,i,j} = ISE\,\mathrm{int}^{\,t}_{i,s} \cdot c^{t}_{i,s,x} \cdot a^{t}_{s,x,i,j}$$

donde:

$ISE\,\mathrm{int}^{\,t}_{i,s}$ es el Índice sintético de emigración interior[16] de la provincia i y sexo s, definido como la suma de las tasas de emigración interior por edad

$c^{t}_{i,s,x}$: calendario o distribución porcentual de las tasas de emigración con respecto al $ISE\,\mathrm{int}^{\,t}_{i,s}$, por edad x y sexo s de la emigración al resto de España desde la provincia i

$a^{t}_{s,x,i,j}$: coeficiente de reparto según provincia de destino j de la migración interior en cada sexo y edad desde la provincia i.

- **Movimientos con el extranjero:**

  El flujo de emigración exterior[17], desagregado por lugar de nacimiento, sexo y edad, que saldrá de España y de cada una de sus provincias, con destino al extranjero, es proyectado por el INE según los siguientes pasos:

  1. Simulación del volumen anual del flujo de salida según lugar de nacimiento. Para el año 2022, se toma el valor observado en el primer semestre del año para estimar el valor para el total del año. El período 2023-2025 se estima mediante extrapolación de la tendencia de los últimos años observados. El período 2026-2036, mediante interpolación lineal entre el valor obtenido para 2025 y el valor asignado para 2036 según la encuesta a los expertos demógrafos.
  2. Proyección de un diferencial de intensidad de emigración al extranjero según sexo en cada año del período proyectivo, a partir del observado en los últimos cinco años.
  3. Proyección de un diferencial provincial de la intensidad de emigración al exterior para cada sexo, que se mantiene constante en todo el período proyectivo.
  4. Proyección de un calendario por edad de emigración en cada sexo, que se mantiene constante para todo el período proyectivo, teniendo en cuenta la estabilidad observada en los últimos años. Para obtener este calendario se utilizan tasas específicas de emigración al extranjero por edad.
  5. Proyección de la emigración al extranjero desde cada provincia: La tasa específica por edad x de emigración exterior en un año t de cada provincia i y para cada sexo s puede expresarse como el producto de la intensidad de la emigración al extranjero en esa provincia y sexo, dada por el

[16] En este contexto el ámbito *interior* hace referencia al conjunto de España, es decir, la emigración con origen la provincia *i* y destino otra provincia española (sea gallega o no)

[17] En este contexto el ámbito *exterior* se toma desde la óptica del conjunto de España, es decir, la emigración con origen la provincia *i* (sea gallega o no) y destino fuera de España

Índice sintético de emigración ($ISE^t_{s,i}$) de la misma, y la distribución porcentual de estas o calendario de esa emigración por edad, $c^t_{i,s,x}$:

$$e^t_{i,s,x} = ISE^t_{s,i} \cdot c^t_{i,s,x}$$

donde:

$ISE^t_{s,i} = \sum_{x=0}^{100+} e^t_{i,s,x}$ y $c^t_{i,s,x} = \frac{e^t_{i,s,x}}{ISE^t_{i,s,x}}$, siendo *x* la edad, *s* el sexo, *i* la provincia de origen y *t* el año.

El flujo de inmigración exterior, desagregado por sexo y edad, que llegará a España y a sus respectivas comunidades autónomas y provincias es proyectado por el INE según los siguientes pasos:

1. Simulación del volumen anual del flujo de entrada según lugar de nacimiento. Para el año 2022, se utiliza el valor observado en el primer semestre del año para estimar el valor para el total del año, teniendo en cuenta el aumento de las llegadas de personas procedentes de Ucrania, efecto puntual que no se debería propagar en el segundo semestre de 2022 ni en el resto de años de la proyección. El período 2023-2025 se estima mediante extrapolación de la tendencia observada en los últimos años. El período 2026-2036, mediante interpolación lineal entre el valor obtenido para 2025 y el valor asignado para 2036 según la encuesta a los expertos demógrafos.
2. Distribución por sexos del flujo total proyectado, mediante el promedio de las proporciones por sexo para cada lugar de nacimiento observadas en los últimos cinco años disponibles de la *Estadística de Migraciones* del INE.
3. Distribución por edad según las estructuras promedio de los últimos cinco años disponibles de la *Estadística de Migraciones* del INE.
4. Distribución de los flujos totales de inmigrantes de cada sexo en cada una de las provincias de España, aplicando coeficientes de reparto provinciales constantes durante todo el período proyectivo, que se obtienen de los últimos cinco años disponibles de la *Estadística de Migraciones* del INE.

- **Proyección de la migración interior gallega**

Para mantener la coherencia con las cifras de las proyecciones del INE, que proporcionan información sobre los movimientos migratorios hasta el nivel provincial, a la hora de proyectar los movimientos migratorios internos, es decir, movimientos entre las comarcas de Galicia, hay que

diferenciar dos tipos de movimientos. Por una parte los movimientos entre comarcas de una misma provincia, y por otra movimientos entre comarcas pertenecientes a provincias distintas.

Las proyecciones del INE proporcionan las tasas de migración interprovincial proyectadas, que se dividen en dos grupos: los movimientos migratorios entre las provincias gallegas, que serán migraciones interiores desde la perspectiva de la comunidad autónoma, y los movimientos migratorios con origen o destino una provincia gallega y destino u origen, respectivamente, una provincia española no gallega, que a efectos de la comunidad autónoma, deben ser considerados movimientos migratorios exteriores, y serán tratados en el siguiente punto.

A partir de la actividad estadística *Movementos migratorios* elaborada por el IGE a partir de los microdatos de la *Estadística de Variaciones Residenciales* del INE, EVR, se obtiene la distribución comarcal de los movimientos entre provincias gallegas (promedio de la de los últimos datos disponibles), que se supone constante para todo el período proyectivo. Esta distribución, junto a las tasas proyectadas de migración entre provincias gallegas, permitirá proyectar el volumen de flujos migratorios que se esperan entre comarcas de distintas provincias gallegas.

Para proyectar los movimientos entre comarcas de una misma provincia se utiliza la distribución promedio de los movimientos comarcales de los últimos datos disponibles de *Movementos migratorios* del IGE, y a partir de considerar la proporción que suponen estos movimientos con respecto a la población total de las distintas comarcas de la provincia como una constante, se proyecta el volumen de movimientos migratorios esperados en el período proyectivo.

- **Proyección de la migración exterior gallega**

A la hora de considerar los movimientos migratorios exteriores desde el ámbito de la comunidad autónoma de Galicia y a la vez mantener la coherencia con los datos proyectados por el INE a nivel provincial, se divide este conjunto de movimientos en dos subconjuntos: por una parte, los movimientos con origen o destino en una comarca gallega y destino u origen, respectivamente, fuera de España, que estarían incluidos dentro de los movimientos migratorios exteriores que considera el INE, y por otra parte, los movimientos con origen o destino una comarca gallega y destino u origen, respectivamente, una provincia española no gallega, que estarían incluidos dentro de los movimientos provinciales considerados por el INE.

De las proyecciones del INE se obtienen los movimientos migratorios desde el exterior de España con destino a las distintas provincias, y con la información de *Movementos migratorios*, se reparten las entradas procedentes de fuera de España en cada comarca de Galicia con el promedio de las observadas en los últimos años disponibles. Esta distribución se supone constante para todo el período proyectivo, y permite obtener, utilizando los resultados proyectados por el INE a nivel provincial, los movimientos migratorios desde el exterior de España, con destino a las comarcas de Galicia.

Por otra parte, de *Movementos migratorios* se obtiene el reparto de las salidas desde cada comarca de Galicia y destino el extranjero, promedio del observado en los últimos años disponibles. Esta distribución se supone constante para todo el período proyectivo. Con los movimientos migratorios proyectados con origen las provincias gallegas y destino el extranjero se obtienen los movimientos migratorios desde cada comarca de Galicia con destino al exterior de España.

Para la proyección de los movimientos migratorios con origen o destino una comarca de una provincia gallega y destino u origen, respectivamente, una provincia española no gallega, se parte del dato proyectado por el INE a nivel provincial y del reparto entre las comarcas dado por el promedio de las últimas observaciones recogidas en *Movementos migratorios*, que se mantiene constante durante todo el período proyectivo.

5. Presentación de resultados

Con periodicidad bienal, el IGE publica en su página Web los resultados de la proyección de la población para Galicia, por comarcas, grupo de edad y sexo, que incluirán además de los datos de la cifra de población, los principales indicadores demográficos proyectados.

La agrupación comarcal (áreas geográficas) utilizada para la difusión es la siguiente:

- A Barbanza – Noia: comprende las comarcas de Barbanza y Noia.
- A Coruña suroriental: comprende las comarcas de Arzúa, Ordes y Terra de Melide.
- Área da Coruña: comprende las comarcas de A Coruña y Betanzos.
- Área da Costa da morte: comprende las comarcas de Bergantiños, Fisterra, Muros, Terra de Soneira y Xallas.
- Área de Santiago: comprende las comarcas de A Barcala, O Sar y Santiago.
- Ferrol – Eume – Ortegal: comprende las comarcas de Ferrol, Eume y Ortegal.
- A Mariña: comprende las comarcas de A Mariña Central, A Mariña Oriental y A Mariña Occidental.
- Lugo central: comprende las comarcas de A Ulloa, Lugo, Meira y A Terra Chá.
- Lugo oriental: comprende las comarcas de A Fonsagrada, Os Ancares y Sarria.
- Lugo sur: comprende las comarcas de Chantada, Quiroga y Terra de Lemos.
- Área de Ourense: comprende la comarca de Ourense.
- O Carballiño – O Ribeiro: comprende las comarcas de O Carballiño y O Ribeiro.

- Ourense central: comprende las comarcas de Allariz - Maceda, Terra de Caldelas, Terra de Trives y Valdeorras.
- Ourense sur: comprende las comarcas de A Limia, A Baixa Limia, Terra de Celanova, Verín y Viana.
- Área de Pontevedra: comprende la comarca de Pontevedra.
- Área de Vigo: comprende la comarca de Vigo
- Caldas – O Salnés: comprende las comarcas de Caldas y O Salnés.
- O Morrazo: comprende la comarca de O Morrazo.
- Pontevedra nororiental: comprende las comarcas de Deza y Tabeirós – Terra de Montes.
- Pontevedra sur: comprende las comarcas de A Paradanta, O Baixo Miño y O Condado.

Los grupos de edad utilizados serán los siguientes:

- De 0 a 4 años
- De 5 a 9 años
- De 10 a 14 años
- De 15 a 19 años
- ...
- De 90 a 94 años
- De 95 a 99 años
- De 100 o más años.