

## 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 un 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 profundizar en la desagregación territorial de las mismas, llegando hasta el nivel comarcal.

#### 2. Objetivo

Estimar la distribución futura de la población de Galicia, formulando el escenario más probable con base 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 2018-2033.

#### 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 uno de los componentes demográficos básicos (mortalidad, fecundidad y migración), y obtener la población correspondiente en 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, a 1 de enero de cada año del período proyectivo, utiliza un modelo de proyección multirregional<sup>1</sup>, 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 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 esa área geográfica a 1 de enero del año t+1,  $P_{s,x+1}^{t+1}$ , así como de los correspondientes eventos demográficos ocurridos a lo largo del año t a partir de las expresiones:

- para las edades  $x = 0, 1, 2, \dots, 98$ :

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

donde:

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

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

$IM_{s,x}^t$ : flujo de inmigración procedente de fuera del ámbito geográfico 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:

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

donde:

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

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

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

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

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

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

donde:

$r = 0,515639997$  para el sexo varón y  $r = 0,484360003$  para el sexo mujer

$P_{M,x}^t$  : población de mujeres de edad x a 1 de enero del año t

$f_x^t$  : tasa de fecundidad de mujeres de edad x a 1 de enero del año t durante el mencionado 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:

$P_{s,99}^t$  : población de sexo s y edad 99 a 1 de enero del año t

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

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

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

$IM_{s,99+}^t$  : 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 el mencionado año.

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

- Para los individuos con edad  $x = 0, 1, \dots, 98$  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:

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

donde:

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

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

- Para los individuos 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:

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

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

También se obtienen las emigraciones de individuos de sexo s y edad x a 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 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:

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

$e_{s,-1}^t$  : 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 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:

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

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

A partir de los datos proyectados<sup>2</sup> 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, a 1 de enero de cada año del período proyectivo; el cálculo requiere un método iterativo, implementado en la herramienta *demogal*<sup>3</sup> según los siguientes pasos en cada año:

1. Se obtienen cifras de población comarcales a 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 a 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:

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

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 en el año siguiente

<sup>2</sup> Puede consultarse la metodología empleada por el INE en: [http://www.ine.es/metodologia/t20/meto\\_propob\\_2018\\_2068.pdf](http://www.ine.es/metodologia/t20/meto_propob_2018_2068.pdf)

<sup>3</sup> Software estadístico elaborado en lenguaje R, disponible en: [http://www.ige.eu/web/mostrar\\_paxina.jsp?paxina=004017](http://www.ige.eu/web/mostrar_paxina.jsp?paxina=004017)

$R_{c,s,x}$  : 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 en el año t+1

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

$e_{c,s,x}^t$  : 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 a 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 a 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 a 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 a 1 de enero del año t en la comarca c

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

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

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 en el año siguiente

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

$e_{c,s,x}^t$  : 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 a 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 a 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 a 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 a 1 de enero del año t en la comarca c

- para los nacidos durante el año en curso t:

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

donde:

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

$e_{c,s,-1}^t$ : 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

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

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

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

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

$$N_{c,s}^t = r_s \cdot \sum_{x=15-19}^{45-49} (P_{c,M,x}^t \cdot f_{c,x}^t)$$

donde:

$r_s = 0,515639997$  para sexo varón y  $r_s = 0,484360003$  para sexo mujer

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

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

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

$$P_{c,s,100+}^{t+1} = \frac{\left( [1 - 0,5 \cdot (m_{c,s,95-99}^t + e_{c,s,95-99}^t)] \cdot P_{c,s,95-99}^t + IM_{c,s,95-99}^t + Ii_{c,s,95-99}^t - Ei_{c,s,95-99}^t \right)}{[1 + 0,5 \cdot (m_{c,s,95-99}^t + e_{c,s,95-99}^t)]} \cdot R_{c,s,95-99,100+} + \frac{\left( [1 - 0,5 \cdot (m_{c,s,100+}^t + e_{c,s,100+}^t)] \cdot P_{c,s,100+}^t + IM_{c,s,100+}^t + Ii_{c,s,100+}^t - Ei_{c,s,100+}^t \right)}{[1 + 0,5 \cdot (m_{c,s,100+}^t + e_{c,s,100+}^t)]}$$

donde:

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

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

$m_{c,s,95-99}^t$ : 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 a 1 de enero del año t durante el mencionado año

$m_{c,s,100+}^t$ : 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 a 1 de enero del año t durante el mencionado año

$e_{c,s,95-99}^t$ : 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 a 1 de enero del año t

$e_{c,s,100+}^t$ : 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 a 1 de enero del año t

$IM_{c,s,95-99}^t$ : 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 a 1 de enero del año t

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

$Ii_{c,s,95-99}^t$ : flujo de inmigración procedente del resto de Galicia de individuos de sexo s con edades en el grupo de edad de 95-99 años a 1 de enero del año t a lo largo de dicho año

$Ii_{c,s,100+}^t$ : flujo de inmigración procedente do resto de Galicia de individuos de sexo s con edades en el grupo de edad de 100 años o más a 1 de enero del año t a lo largo de dicho año

$Ei_{c,s,95-99}^t$ : 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 a 1 de enero del año t a lo largo de dicho año



$Ei_{c,s,100+}^t$ : 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 a 1 de enero del año t a lo largo de dicho 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+ en 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 a 1 de enero del año 2017, y obtenidos a partir de estas, los resultados de las proyecciones de población del INE para las provincias gallegas a 1 de enero de los siguientes quince años. Para la desagregación territorial de los datos de partida, se utilizan los resultados de las Cifras poblacionales de referencia del IGE.

### **Proyección de la fecundidad**

Para la fecundidad la hipótesis de 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). 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  $\alpha$  y superior  $\beta$ .

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

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

Se realizó una encuesta entre expertos demógrafos para obtener posibles valores para el ISF y para la IMM en el año 2032. Con estos valores, y mediante interpolación lineal entre el último valor observado (provisionales de 2017) y la media aritmética de los valores proporcionados por los expertos para 2032, 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)<sup>4</sup>.

La proyección de la fecundidad en las comarcas<sup>5</sup> parte de los datos proyectados por el INE a nivel provincial. Se establecen grupos quinquenales<sup>6</sup> 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 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:

$$\widehat{ISF}_{Comarca}^t = ISF_{Provincia}^t \cdot \widehat{DF}_{Comarca}^t$$

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

$$DF_{Comarca}^{t^*} = \frac{ISF_{Comarca}^{t^*}}{ISF_{Provincia}^{t^*}}$$

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

<sup>4</sup> Zeng Yi, Wang Zhenglian, Ma Zhongdong y Chen Chunjun, 2000. "A simple method for projecting or estimating  $\alpha$  and  $\beta$ : An extension of the Brass Relational Gompertz Fertility Model", Population Research and Policy Review 19: 525-549.

<sup>5</sup> La fecundidad por comarca viene medida por la fecundidad de las madres residentes en la comarca

<sup>6</sup> 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 y de 45 a 49 años

de la evolución del mencionado diferencial a lo largo de los últimos años, según la fórmula:

$$DF_{Comarca}^t = \alpha_{DFCom} + \beta_{DFCom} \ln(t - 2002), \text{ donde } t = 2005, 2006, \dots$$

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

$$D\hat{F}_{Comarca}^t = \left( \hat{\alpha}_{DFCom} + \hat{\beta}_{DFCom} \ln(t - 2002) \right) \cdot \left( \frac{(DF_{Comarca}^{2012} + DF_{Comarca}^{2013} + DF_{Comarca}^{2014})}{3} \right) \left( \frac{1}{\hat{\alpha}_{DFCom} + \hat{\beta}_{DFCom} \ln(2013 - 2002)} \right)$$

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

$$IS\hat{F}_{Comarca}^t = ISF_{Provincia}^t \cdot D\hat{F}_{Comarca}^t$$

2. Proyección de la Edad mediana a la maternidad en cada comarca,  $IMeM_{Comarca}^t$ , que se obtiene por mínimos cuadrados ordinarios de una modelización log-lineal de la evolución del indicador a lo largo dos últimos años, según la fórmula:

$$IMeM_{Comarca}^t = \alpha_{IMeMCom} + \beta_{IMeMCom} \ln(t - 2002) \text{ donde } t = 2005, 2006, \dots$$

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

$$IMe\hat{M}_{Comarca}^t = \left( \hat{\alpha}_{IMeMCom} + \hat{\beta}_{IMeMCom} \ln(t - 2002) \right) \cdot \left( \frac{(IMeM_{Comarca}^{2012} + IMeM_{Comarca}^{2013} + IMeM_{Comarca}^{2014})}{3} \right) \left( \frac{1}{\hat{\alpha}_{IMeMCom} + \hat{\beta}_{IMeMCom} \ln(2013 - 2002)} \right)$$

3. Proyección del Rango intercuartílico de las tasas específicas de fecundidad por grupo de edad en cada comarca para el período proyectivo,  $RI_{Comarca}^t$ , que se obtiene por mínimos cuadrados ordinarios de una modelización log-lineal de la evolución del indicador a lo largo de los últimos años, según la fórmula:

$$RI_{Comarca}^t = \alpha_{RICom} + \beta_{RICom} \ln(t - 2002), \text{ donde } t = 2005, 2006, \dots$$

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

$$RI_{Comarca}^t = \left( \hat{\alpha}_{RICom} + \hat{\beta}_{RICom} \ln(t - 2002) \right) \left( \frac{(RI_{Comarca}^{2012} + RI_{Comarca}^{2013} + RI_{Comarca}^{2014})}{3} \right) \left( \frac{1}{\hat{\alpha}_{RICom} + \hat{\beta}_{RICom} \ln(2013 - 2002)} \right)$$

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

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

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  $t$ ;

$\tilde{F}(x,t-1) = \sum_i^x \tilde{f}_i^{Comarca,t-1}$ , siendo  $\tilde{f}_i^{Comarca,t-1}$  la tasa específica de fecundidad a la edad  $i$  de la comarca en el año  $t$  resultante del proceso de suavizado de las mismas;

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

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

$$\beta_{Com,t} = \frac{RI_{Comarca}^{t-1}}{RI_{Comarca}^t}$$

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<sup>7</sup>.

<sup>7</sup> Velleman e Hoaglin, 1981, *Applications, Basics, and Computing of Exploratory Data Analysis*

## Proyección de la mortalidad

En la encuesta realizada a expertos demógrafos se preguntaba por posibles valores para la esperanza de vida al nacer en el año 2032; la proyección de la mortalidad a nivel de España consiste en elaborar tablas de mortalidad acordes a los valores proporcionados en la encuesta, para cada año del período proyectivo, según los siguientes pasos:

1. Se obtiene la esperanza de vida para cada año del período proyectivo mediante regresión lineal, utilizando la función Logit:

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

donde:

$e_0^t$  es la esperanza de vida al nacer en el año t,

$e_0^{\max}$  es el valor máximo de la esperanza de vida al nacer, es el que permite que en el último año del período proyectivo la esperanza de vida sea igual a la media de las respuestas dadas por los expertos demógrafos.

$e_0^{\min}$  es el valor mínimo de la esperanza de vida al nacer, es el que proporcione el mejor ajuste asociado con el valor máximo anterior.

2. Estimación por mínimos cuadrados ordinarios de los parámetros del modelo:

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

Para la proyección de la mortalidad en las provincias se utiliza la metodología relacional que liga la estimación provincial a la establecida para el total nacional, siguiendo el método de los logits de Brass<sup>8</sup>. El procedimiento de estimación sigue los pasos:

1. A partir de las tablas de mortalidad completas de cada provincia y de España de los últimos diez años para los que se dispone de resultados de defunciones registradas en la *Estadística del Movimiento Natural de la Población*, se calcula para cada provincia y para el total nacional una función de supervivientes por edad cumplida x de cada sexo s, promedio de la correspondiente a cada uno de los cuatro años considerados, que denotamos por  $l_{s,x}^{\text{Provincia}}$  y  $l_{s,x}^{\text{España}}$ , respectivamente.
2. Se aplica la transformación logística siguiente a las series de supervivientes de cada sexo, calculadas para cada provincia y para España:

---

<sup>8</sup> William Brass (1975), *Methods for estimating fertility and mortality from limited and defective data*

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

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

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:

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

En el ajuste de este modelo se emplean únicamente las series que van de los 40 a los 95 años<sup>9</sup>.

Los parámetros  $\alpha_s^{\text{Provincia}}$  y  $\beta_s^{\text{Provincia}}$  describen el nivel y la estructura de mortalidad de cada provincia en relación con el total nacional en los últimos años, de forma que un valor negativo de  $\alpha_s^{\text{Provincia}}$  indica un comportamiento general de la mortalidad más favorable en la provincia que en el conjunto de España, y viceversa, y un valor de  $\beta_s^{\text{Provincia}}$  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  $\hat{\alpha}_s^{\text{Provincia}}$  y  $\hat{\beta}_s^{\text{Provincia}}$ .

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:

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

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

La proyección de la mortalidad en las comarcas<sup>10</sup> parte de los datos proyectados por el INE a nivel provincial. Se establecen grupos de edad<sup>11</sup> para las tasas de mortalidad, y el proceso sigue los pasos siguientes:

<sup>9</sup> Debido a la 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 riesgos de fallecer a edades maduras, más estables

<sup>10</sup> La mortalidad por comarca viene dada por la mortalidad de los residentes en la comarca

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  $x^{12}$  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:

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

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

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

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

En el ajuste de estos modelos sólo se emplean las series que van desde los 40 hasta los 99 años<sup>13</sup>, obteniendo los estimadores  $\hat{\alpha}_s^{Comarca}$  y  $\hat{\beta}_s^{Comarca}$ .

3. Con los parámetros estimados anteriores, se calculan:

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

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

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 e 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  $x$ :

$$m_{s,x}^{Comarca} = \frac{q_{s,x}^{Comarca}}{n \cdot \left( 1 - \frac{1}{2} q_{s,x}^{Comarca} \right)}$$

<sup>11</sup> 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

<sup>12</sup> Se utiliza la marca de clase como edad  $x$  representativa del grupo de edad

<sup>13</sup> Debido a las características de la población gallega, incluimos en el caso de la proyección comarcal el grupo de edad de 95 a 99 años

## 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 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 comarca de residencia del migrante, sexo, y grupo de edad<sup>14</sup>.

### - 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:

$$m_{s,x,i,j}^t = ISE \text{int}_{i,s}^t \cdot c_{i,s,x}^t \cdot a_{s,x,i,j}^t$$

donde:

$ISE \text{int}_{i,s}^t$  es el Índice sintético de emigración interior<sup>15</sup> de la provincia  $i$  y sexo  $s$ , definido como la suma de las tasas de emigración interior por edad

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

$a_{s,x,i,j}^t$ : 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<sup>16</sup>, 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 de la intensidad emigratoria al extranjero,  $ISE^t$ , según el comportamiento más reciente.

---

<sup>14</sup> 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

<sup>15</sup> 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)

<sup>16</sup> 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



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

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

donde:

$$ISE_{s,i}^t = \sum_{x=0}^{100+} e_{i,s,x}^t \quad \text{y} \quad c_{i,s,x}^t = \frac{e_{i,s,x}^t}{ISE_{i,s,x}^t}, \text{ siendo } x \text{ la edad, } s \text{ el sexo, } i \text{ la provincia de origen y } t \text{ el}$$

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 2018, una estimación a partir de las cifras provisionales del primer semestre del año; para el período 2019-2021, una extrapolación de la tendencia observada en los últimos años; para el período 2022-2032, interpolación lineal entre el valor obtenido para 2021 y el valor asignado para 2032 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, tenemos que diferenciar dos tipos de movimientos. Por una parte los movimientos entre comarcas de una misma provincia, y por otra los movimientos entre comarcas pertenecientes a provincias distintas.

De las proyecciones del INE tenemos las tasas de migración interprovincial proyectadas, que dividimos en dos grupos: por una parte tenemos que considerar 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 *Movimientos migratorios* elaborada por el IGE a partir de los microdatos de la *Estadística de Variaciones Residenciales* del INE, EVR, podemos obtener 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, consideraremos la distribución promedio de los movimientos comarcales de los últimos datos disponibles de *Movimientos 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 nuestra comunidad autónoma y a la vez mantener la coherencia con los datos proyectados por el INE a nivel provincial, tenemos que dividir 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 obtenemos los movimientos migratorios desde el exterior de España con destino a las distintas provincias, y utilizando *Movimientos migratorios*, podemos obtener el reparto de las entradas procedentes de fuera de España en cada comarca de Galicia, 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 *Movimientos migratorios* podemos obtener 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. Utilizando los movimientos migratorios proyectados con origen las provincias gallegas y destino el extranjero, podemos obtener 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, partimos del dato proyectado por el INE a nivel provincial y utilizamos el reparto que nos proporciona el promedio de las últimas observaciones recogidas en *Movimientos migratorios*, que suponemos se mantiene constante a lo largo de todo el período proyectivo.

## 5. Presentación de resultados

Con periodicidad bienal, el IGE publicará 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 de A Coruña: comprende las comarcas de A Coruña y Betanzos.
- Área de A 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.
- Área de 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 90 a 94 años
- De 95 a 99 años
- De 100 o más años