

Grau en Estadística

Títol: Estudi de les taules de mortalitat d'Espanya

Autor: Aleix Larraga Noguera

Director: Teresa Costa Cor

Departament: Matemàtica Econòmica, Financera i Actuarial

Convocatòria: Gener 2023



UNIVERSITAT DE
BARCELONA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Facultat de Matemàtiques i Estadística

RESUM

La taula de mortalitat és una eina àmpliament utilitzada per analitzar i comparar la incidència de la mortalitat en una població, en un període de temps o per una generació. A Espanya l'Institut Nacional d'Estadística (INE) publica taules de mortalitat de període, a la Human Mortality Database (HMD) es poden trobar taules generacionals i a les Nacions Unides taules de mortalitat model. En aquest treball, a través de la construcció de diverses taules de mortalitat, es fan diferents comparatives del comportament de la mortalitat a Espanya. També s'aplica el model de Lee-Carter per estimar les taxes de mortalitat de l'any 2020 a partir de les taxes observades entre 1979 i 2019. Una dona nascuda al 2020 viurà cinc anys i mig més que un home i en l'últim segle ha disminuït considerablement la mortalitat infantil i en les edats més avançades de la taula. L'anàlisi de les projeccions a Espanya mostra que la mortalitat augmenta amb l'increment de l'edat i disminueix a mesura que passen els anys.

Paraules claus: taules de mortalitat, mortalitat, esperança de vida, generacions, taxes de mortalitat, projeccions.

Classificació AMS : 91D20 Geografia matemàtica i demografia. G2P05 Aplicacions de la estadística a la ciència actuarial i matemàtica financera.

ABSTRACT

Study of the life tables of Spain

Life tables are a widely tool used to analyse and compare the incidence of mortality in a population, by a period or by cohort. Some indicators such as life expectancy and different variables that are used, for example, in actuarial calculations are derived from a life table. In Spain, the Instituto Nacional de Estadística (INE) provides period life tables, cohort tables can be found in the Human Mortality Database (HMD) and model life tables are published by United Nations, and each of them is constructed with its own methodology. In this work, through the calculation of several life tables, a set of comparisons are made to observe the differences in the behaviour of mortality in Spain. Life tables by sex are constructed and it is observed that in 2020 in Spain the life expectancy at birth of women was five and a half years higher than that of men. Comparing period and cohort life tables between 1910 and 2020 it is also possible to study the evolution of mortality over the time. It is shown that infant mortality (0 years), childhood mortality (1 to 4 years) and mortality between 60 and 90 years of age have decreased considerably for both sexes. It should be noted that through a matrix of mortality rates (the main variable of a life table) it is possible to make estimates and projections of the mortality behaviour of a future population. Applying the Lee-Carter model with its least squares method and the mortality rates of Spain between 1979 and 2019, a series of projections are made for the population from 2020 to 2040 where mortality is expected to increase with increasing age and to decrease as the calendar years pass.

Keywords: life table, mortality, life expectancy, mortality rates, projections.

AMS Classification: 91D20 Mathematical geography and demography. G2P05 Applications of statistic to actuarial science and financial mathematics.

ÍNDEX

1. INTRODUCCIÓ	4
1.1. OBJECTIUS	5
1.2. METODOLOGIA	6
2. TAULES DE MORTALITAT DE MOMENT	10
2.1. DEFINICIÓ	10
2.2. CONSTRUCCIÓ D'UNA TAULA DE MORTALITAT CLÀSSICA	11
2.3. CONSTRUCCIÓ D'UNA TAULA DE MORTALITAT ABREUJADA	13
2.4. LES TAULES DE MORTALITAT DE L'INSTITUT NACIONAL D'ESTADÍSTICA	17
2.5. LES TAULES DE MORTALITAT DE L'EUROSTAT	21
3. TAULES DE MORTALITAT DE GENERACIÓ	23
3.1. TAULES DE MORTALITAT DINÀMIQUES	23
3.2. LES TAULES DE MORTALITAT DE LA HUMAN MORTALITY DATABASE	24
4. PROJECCIÓ DE LA MORTALITAT	28
4.1. MODEL DE LEE-CARTER	28
4.2. MODEL DE RENSHAW I HABERMAN	29
5. TAULES DE MORTALITAT TIPUS	31
5.1. DEFINICIÓ	31
5.2. TAULES COALE-DEMENY	31
5.3. LES TAULES DE LES NACIONS UNIDES	32
5.4. APLICACIONS	35
6. COMPARATIVA TAULES DE MORTALITAT D'ESPANYA	39
6.1. TAULA DE MORTALITAT INE 2020 HOMES VS DONES	39
6.2. TAULA DE MORTALITAT TIPUS HOMES VS DONES	46
6.3. TAULA DE MORTALITAT TIPUS VS INE	49
6.4. TAULA DE MORTALITAT HMD GENERACIÓ 1910 VS MOMENT 1910	53
6.5. TAULA DE MORTALITAT PERÍODE 1910 VS PERÍODE 2020	56
6.6. TAULA DE MORTALITAT LEE-CARTER VS INE	57
6.7. TAULA DE MORTALITAT DINÀMICA (PER2020) VS TAULA BASE ANY 2012	67
6.8. TAULA DE MORTALITAT PROJECTADA INE 2020 VS 2070	78
CONCLUSIONS	85
BIBLIOGRAFIA	87
ANNEX	89

1. INTRODUCCIÓ

La mortalitat, juntament amb la fecunditat i les migracions, són els fenòmens demogràfics que afecten una població provocant canvis en la seva mida i en la seva estructura, és a dir, en la distribució per edats i sexes dels seus habitants.

L'anàlisi demogràfica de la mortalitat necessita tenir en compte l'edat i el sexe, ja que el seu comportament varia segons aquestes variables.

Les taules de mortalitat es construeixen amb la finalitat de mesurar la incidència d'aquest fenomen en la població que s'estudia, amb independència de l'estructura per edats que aquesta presenti.

Mentre que una taula de mortalitat de cohort representa la història de la vida d'un grup específic d'individus (nascuts al mateix any o rang d'anys), una taula de moment representa les condicions de mortalitat en un període específic de temps (Wilmoth et al, 2021).

L'organisme encarregat de construir i publicar les taules de mortalitat a Espanya és l'Institut Nacional d'Estadística (INE), que utilitza com a informació de base els resultats de les defuncions ocorregudes cada any proporcionats pel Moviment Natural de la Població i de les xifres de població resident a 1 de gener de cada any.

Donada l'evolució que experimenta generalment la mortalitat, sense canvis bruscos, les taules de moment constitueixen una descripció del fenomen acceptable per períodes curts de temps, pròxims al moment per al qual es construeixen (INE, 2007).

L'INE presenta taules de mortalitat de període anual, per a la seva elaboració es considera que es sotmet una cohort fictícia de 100.000 individus al patró de mortalitat per edat definida, bàsicament, per les taxes específiques de mortalitat observades en la població en estudi en l'any de referència, i es deriven a partir d'aquestes taxes la resta de funcions biomètriques de la taula de mortalitat (INE, 2016).

Un dels principals indicadors que s'obté a partir d'una taula de mortalitat de moment és l'esperança de vida al naixement, que indica el nombre mitjà d'anys de vida futura per a un individu nascut en aquell any, sota el supòsit que en les diferents edats experimentés la mortalitat amb la mateixa intensitat que en el període de construcció de la taula.

No totes les poblacions ni en tots els períodes de temps es disposen de dades fiables per construir una taula de mortalitat, de manera que una forma d'estimar la mortalitat aproximada seria utilitzar una taula d'una altra població o moment temporal amb unes condicions de vida i uns nivells de mortalitat semblants als de la població en estudi. Però cada població té les seves taxes específiques de mortalitat per edat, de manera que és raonable buscar un patró de mortalitat mitjana que correspongui a un determinat nivell de mortalitat general (Nacions Unides, 1955). Aquest seria l'origen de les taules de mortalitat model o tipus, que no es construeixen únicament per l'estudi dels patrons per edat de la mortalitat, sinó també per ajudar en l'estimació de paràmetres demogràfics per països amb dades limitades i per la preparació de projeccions de població.

Les projeccions de població necessiten conèixer les taxes específiques de mortalitat per edat de l'any base, així com fer supòsits sobre com canviarà amb els anys el comportament de la mortalitat per edats i per sexes.

Per poder estimar l'evolució en el temps de la mortalitat diversos autors han seguit diferents enfocaments aplicant mètodes estocàstics.

Lee i Carter (1992) van publicar un mètode per pronòstics a llarg termini del nivell i patró per edat de la mortalitat, basat en una combinació de mètodes estadístics de sèries temporals, utilitzant les taxes específiques de mortalitat per edat.

L'any 1998, per elaborar les noves taules tipus de Coale i Demeny i de Nacions Unides i ampliar l'esperança de vida fins als 92,5 anys es va aplicar el model de Lee-Carter per derivar patrons de mortalitat (Buettner, 2002).

Més tard, Renshaw i Haberman (2006) van ampliar el model de Lee-Carter per introduir els efectes de cohort en la projecció de la mortalitat.

La projecció de les tendències de la mortalitat té múltiples aplicacions, en la planificació dels sistemes de protecció social i atenció a la salut, en el finançament dels sistemes de pensions de jubilació i en aplicacions actuàries, pel càlcul de primes i provisions en assegurances de vida.

En l'àmbit actuarial és important la utilització de taules de mortalitat que tinguin en compte no només les probabilitats de morir segons l'edat i el sexe, sinó també la variació d'aquestes probabilitats amb el pas del temps i les taules de mortalitat dinàmiques ofereixen una alternativa més senzilla que l'ús de models paramètrics més complexos (Fernández, 2021).

Segons es recull en la *Resolución de 17 de diciembre de 2020, de la Dirección General de Seguros y Fondos de Pensiones, relativa a las tablas de mortalidad y supervivencia a utilizar por las entidades aseguradoras y reaseguradoras* (BOE, 2020), en el cas d'Espanya ha estat necessari l'elaboració de noves taules biomètriques per ser aplicades en el càlcul de les tarifes de primes, de les provisions tècniques i de les magnituds actuàries en el sistema de plans de pensions.

1.1. Objectius

Els objectius d'aquest treball són:

1. Definir i construir taules de mortalitat de moment per a Espanya
2. Analitzar les taules de mortalitat completes i abreujades
3. Estudiar l'elaboració de les taules de mortalitat que tenen en compte la generació i l'evolució temporal de la mortalitat
4. Descriure les taules de mortalitat tipus i les seves aplicacions
5. Fer una comparativa dels resultats de diferents taules de mortalitat d'Espanya

1.2. Metodologia

Per a la realització d'aquest treball s'han consultat diferents fonts de dades sobre la població espanyola.

En primer lloc, l'INE ha estat la principal font consultada, ja que es tracta de l'organisme públic que recull les dades sobre la població i els fenòmens demogràfics a Espanya, a més d'elaborar operacions estadístiques com la construcció de taules de mortalitat o les projeccions de població. En concret, s'han buscat dades en:

- Moviment Natural de la Població, que són estadístiques que tenen com a principal objectiu conèixer el nombre de naixements, matrimonis i defuncions que tenen lloc al territori espanyol, així com les principals característiques relatives a aquests fenòmens demogràfics (INE, 2013)
- Xifres de població, que és una operació estadística que té com a finalitat proporcionar una mesura quantitativa de la població que resideix habitualment a Espanya a 1 de gener i a 1 de juliol de cada any, desagregada per sexe, any de naixement, edat, país de nacionalitat i país de naixement (INE, 2020)
- Taula de mortalitat, que està formada per un conjunt de funcions biomètriques que es calculen a partir dels resultats de defuncions ocorregudes a Espanya cada any proporcionats per l'estadística del Moviment Natural de la Població i de les xifres de població resident a 1 de gener de cada any que l'INE utilitza com a referència en tota la seva producció estadística (INE, 2016)
- Projeccions de població, que són una simulació estadística de la població que residirà a Espanya en els pròxims anys, així com de l'evolució dels fenòmens demogràfics bàsics associats (mortalitat, fecunditat i migracions), en cas de mantenir-se les tendències i comportaments demogràfics actualment observats (INE, 2022).

Una altra font important ha estat la Human Mortality Database (HMD), que és una de les bases de dades més usades i citades en l'actualitat en demografia. Es poden consultar dades sobre taxes de mortalitat i també es publiquen taules de mortalitat, així com les dades de base utilitzades pels seus càlculs, que provenen de les xifres de defuncions i naixements de les estadístiques vitals, dels censos de població i de les estimacions de població de diferents fonts. En el cas d'Espanya, aquestes dades provenen de les fonts de l'INE anteriorment citades.

També s'han emprat les taules de mortalitat tipus publicades per la Divisió de Població de les Nacions Unides, que són dos conjunts de famílies de taules de mortalitat estàndard (Coale i Demeny, 1966 i 1989; Nacions Unides, 1982) que es fan servir en l'àmbit de la recerca en demografia i també pel mateix organisme per obtenir indicadors de mortalitat, estimar patrons de mortalitat i fer projeccions. Actualment, es troba publicada la tercera revisió d'aquestes taules, que estan disponibles en format d'edats anuals o grups abreujats i per una esperança de vida des dels 20 fins als 100 anys.

Per últim, s'han consultat al BOE (2020) les taules PER2020 Individuals de 2º Ordre de la *Resolución de 17 de diciembre de 2020, de la Dirección General de Seguros y Fondos de Pensiones, relativa a las tablas de mortalidad y supervivencia a utilizar por las entidades aseguradoras y reaseguradoras*.

El treball s'estructura amb un apartat introductori, cinc apartats amb els marcs teòric i pràctic i, un últim apartat de conclusions.

En el primer apartat es defineix el concepte de taula de mortalitat de moment i es descriu la metodologia per la construcció d'aquestes taules, tant les clàssiques com les abreujades. Es defineixen i formulen les diferents variables biomètriques i es construeix una taula completa i una taula abreujada per a la població d'Espanya a l'any 2020. Les dades consultades a l'INE són, en primer lloc, les defuncions per edats anuals i per grups quinquennals d'edat, per homes i per dones per separat de l'any 2020. En el cas del primer grup d'edat de 0 a 4 anys, es separa l'edat 0 del grup d'edat d'1 a 4 anys i l'últim grup d'edat és el de 100 anys i més. Per calcular la probabilitat de morir a l'edat 0 s'utilitzen les defuncions que tenen en compte l'any de naixement o generació (2020), que es produeixen en dos anys successius de calendari (2020 i 2021). També es necessiten les dades de la població a Espanya a 1 de gener de 2020, amb els mateixos criteris d'edat i sexe que en les defuncions, que s'obtenen de les xifres de població de l'INE. El mètode emprat per a la construcció de la taula és el mètode actuarial, que fa el supòsit que hi ha una distribució uniforme al llarg de l'any de les defuncions, o bé que el temps viscut l'any 2020 per algú que mor durant aquell any és de 0,5 anys. Seguidament, es detallen els canvis realitzats per l'INE en la metodologia de la construcció de les seves taules de mortalitat des de l'any 1992 fins a l'any 2016, quan van introduir els últims canvis. La principal diferència respecte al mètode actuarial és que l'INE calcula el nombre mitjà d'anys viscuts l'últim any de vida, que es recull en la variable a_x de les taules que publica, a partir de les dates d'aniversari i de mort dels que moren en un any determinat. En el cas de les taules abreujades, que l'INE publica per les comunitats autònomes i províncies, els seus resultats es deriven dels resultats obtinguts en una taula completa i no a partir de les dades de defuncions i població per grups quinquennals d'edat.

Finalment, es presenten les fórmules utilitzades per l'Eurostat per la construcció de les seves taules de mortalitat i es pot veure que apliquen el mètode actuarial, excepte en l'edat 0, i que l'últim grup d'edat que inclou la taula és de 85 anys i més.

En el segon apartat es detallen diferents metodologies existents per a la construcció de taules de mortalitat de generació. En primer lloc, es defineix el concepte de taula dinàmica, que permet aconseguir probabilitats de morir que varien no només segons l'edat i el sexe, sinó també amb el pas del temps. Aquest tipus de taules són les que en fan ús les entitats asseguradores a Espanya pels seus càlculs actuuarials, i es descriuen les hipòtesis i la formulació que s'aplica des de l'any 2020, a partir d'una taula base i uns factors de millora de la mortalitat al llarg dels anys. En segon lloc, es detalla l'enfocament metodològic utilitzat per l'HMD en les seves taules de mortalitat, que poden ser de moment o de generació. En el cas de les taules de cohort, es poden construir per generacions reals ja extingides, sense cap supervivent, o per generacions gairebé extingides, on almenys hi hagi algun supervivent de 90 anys i més.

En el tercer apartat es fa referència a la projecció de mortalitat mitjançant models estocàstics. Primer s'explica el model de Lee-Carter (1992), que parteix dels logaritmes de les taxes de mortalitat per edat i aplica sèries temporals per recollir l'efecte de l'evolució temporal de la mortalitat segons l'edat, i seguidament es presenta el model de Renshaw i Haberman (2006), el qual és una extensió del model de Lee-Carter que introdueix l'efecte cohort.

Per acabar amb el marc teòric, en l'apartat següent es defineix l'últim tipus de taula de mortalitat anomenada taula de mortalitat tipus. Es fa un breu repàs de l'origen i evolució de les taules de Coale i Demeny (1966, 1989), a partir de les quals es poden definir quatre patrons de mortalitat (Nord, Sud, Est i Oest) i de les taules de Nacions Unides (1982), que es diferencien entre cinc patrons de mortalitat (general, llatinoamericà, xilè, sud-asiàtic i Llunyà Orient). Aquest quart apartat s'acaba explicant una de les aplicacions de les taules de mortalitat tipus, en la simulació de l'evolució de la mortalitat, tal com fa l'INE en les seves projeccions de població des de l'any 2016. En concret, les taules utilitzades han estat les del sector Est pels homes i les del sector Oest per les dones. Es descriu la metodologia que s'ha seguit en aquestes projeccions, a partir de logits i l'evolució de l'esperança de vida en els pròxims 50 anys segons l'opinió d'experts.

En el cinquè i últim apartat, entrant ja a fons en el marc pràctic, es realitzen un conjunt de comparatives de diverses taules de mortalitat de l'INE, l'HMD, les Nacions Unides, i les estimacions realitzades mitjançant el model de Lee-Carter i una taula dinàmica.

Primerament, es comparen gràficament les taxes específiques de mortalitat, el nombre de supervivents i l'esperança de vida de les taules de mortalitat de l'INE d'Espanya de 2020 de la població masculina i femenina. Amb aquesta comparativa es poden observar les diferències en el comportament de la mortalitat a Espanya segons el sexe i respecte a l'edat s'ha dividit l'anàlisi en quatre rangs d'edat: de 0 a 30 anys, de 31 a 65 anys, de 66 a 80 anys i de 81 fins a 100 anys i més.

En segon lloc, es duu a terme una comparativa de les taules de mortalitat tipus de les Nacions Unides per la població masculina (Sector Est) i femenina (Sector Oest). En el cas dels homes, s'utilitza la taula de mortalitat tipus amb una esperança de vida al naixement de 80 anys i en el cas de les dones amb una esperança de vida de 85 anys, que són els valors obtinguts per l'INE al 2020. A continuació, es realitza una comparació d'aquestes mateixes taules de mortalitat tipus amb les de l'INE per a la població masculina i femenina a l'any 2020. S'estan comparant taules de mortalitat que acaben assolint la mateixa esperança de vida al naixement, però amb un comportament segons l'edat que no sempre coincideix. S'han fet servir les taxes específiques de mortalitat per edats anuals, des dels 0 fins als 100 anys i més, segmentades en els mateixos quatre rangs d'edat que en la primera comparativa.

En la quarta comparativa es presenten les diferències entre la taula de mortalitat de generació i la taula de moment de l'HMD de 1910 a Espanya. En aquest cas es representen gràficament les taxes específiques de mortalitat per edat en intervals quinquennals d'edat, separant l'edat 0 del grup d'1 a 4 anys i fins als 100 anys i més. Es fan diferents gràfics, per veure el comportament diferenciat de la mortalitat entre homes i dones en cada cas (període 1910 i cohort 1910) així com per veure les diferències, per cada sexe per separat, entre la mortalitat d'una generació real i la mortalitat d'una generació fictícia.

Seguint amb les taules de l'HMD, es realitza una segona comparació entre la taula de mortalitat de període de 1910 i 2020 de la població espanyola, també a partir de la representació gràfica de les taxes específiques de mortalitat per edats en grups quinquennals. Es fa per separat per homes i dones per poder observar com ha variat la mortalitat en l'últim segle.

A continuació, s'estima el model de Lee-Carter a partir de les taxes específiques de mortalitat i les dades de població obtingudes de l'HMD de la població espanyola des de l'any 1979 a 2019, des dels 0 anys fins als 110 anys i més. En aquest subapartat s'estima el model i es fa una predicció de les taxes específiques pels anys compresos entre 2020 i 2040. També s'obtenen i s'analitzen els paràmetres del model per aquest mateix període temporal. Els càlculs s'han fet aplicant la funció *lca* del paquet *demography* d'R. Un cop feta la predicció, es comparen gràficament les taxes de 2020 predites pel model amb les de l'INE del mateix any, per separat en homes i dones, des de l'edat 0 fins als 100 anys i més.

En la penúltima aplicació numèrica d'aquest apartat es calculen les probabilitats de morir d'una taula dinàmica per la població masculina i femenina de la generació de 2012, segons les taules de mortalitat PER2020 Individuals de 2^o Ordre, que s'obtenen a partir de la taula base de l'any 2012 i els factors de millora en la mortalitat per homes i dones a les diferents edats des dels 0 fins als 120 anys. Per fer les comparatives es consideren els rangs d'edat de 0 a 30 anys, de 31 a 65 anys, de 66 a 80 anys i de 81 a 120 anys. Es representen les probabilitats d'homes i dones per observar les diferències entre sexes tant a l'any base com a la taula generacional que s'obtindria pels nascuts el 2012. També es comparen, per separat en homes i dones, les probabilitats de l'any base amb les de la generació de 2012.

Per acabar, es realitzen un conjunt de comparatives entre la taula de mortalitat a Espanya de l'INE de l'any 2020 i la taula de mortalitat projectada pel 2070 del mateix organisme, per poder preveure com canviarà el comportament de la mortalitat en els 50 anys vinents si es mantinguessin les tendències actuals. La variable que es compara és la taxa de mortalitat per edats anuals, fent gràfics diferenciats per les edats de 0 a 30 anys, de 31 a 65 anys, de 66 a 80 anys i de 81 a 100 anys i més. En primer lloc, per homes i dones per separat es comparen les taxes actuals i les taxes projectades pel 2070 i després es fa una anàlisi conjunta de les taxes masculines i femenines d'aquí a 50 anys, que complementa la primera comparativa que s'ha fet en aquest apartat de les mateixes taxes de l'any 2020.

Tots els càlculs i representacions gràfiques són d'elaboració pròpia i s'han realitzat mitjançant el full de càlcul d'Excel, amb l'excepció de la programació i elaboració de gràfics per l'ajust del model de Lee-Carter, on s'ha emprat el *software* d'R i el paquet *demography* d'aquest.

2. TAULES DE MORTALITAT DE MOMENT

2.1. Definició

Per tal d'entendre el concepte de taula de mortalitat el primer que s'ha de definir és el concepte de mortalitat. La mortalitat és un fenomen demogràfic que es caracteritza per ser fatal, perquè tot individu pertanyent a una generació ho experimentarà, quedant únicament per determinar el moment, és a dir, l'edat en què succeirà. També és un fenomen no repetible, perquè cada persona ho pot experimentar només una vegada i de manera irreversible, ja que suposa un canvi d'estat, de viu a mort, sense possibilitat de retorn a l'anterior.

Aquestes característiques determinen el tipus d'anàlisi que es pot realitzar d'aquest fenomen demogràfic, ja sigui a través de diferents taxes, o bé a partir d'una taula d'eliminació, en concret la taula de mortalitat.

La taula de mortalitat, també anomenada taula de vida, és un instrument d'anàlisi demogràfica que permet analitzar la incidència de la mortalitat sobre els individus de diferents poblacions en un període temporal determinat, amb independència de l'estructura per edats que les mateixes presenten. D'acord amb el tipus d'aproximació que presentin, poden ser:

- *Taula de mortalitat de generació.* Correspon al concepte original de taula de vida, ja que suposen el seguiment de la progressiva reducció d'una generació real per efecte de mortalitat, fins a la seva definitiva extinció. Aquest tipus de taula requereix dades de mortalitat i població per any de naixement per un període extremadament llarg de temps, en principi fins a la mort de l'últim supervivent de la generació inicial, és a dir, al voltant d'un centenar d'anys. És per això que aquest tipus de taula és de major interès però a la vegada poc habitual.
- *Taula de mortalitat de moment.* Resumeix les condicions de mortalitat d'una població de manera transversal. El principi de construcció d'aquest tipus de taula continua sent el mateix, s'observa la progressiva eliminació dels efectius d'una generació inicial causada per la mortalitat, però en aquest cas la generació és fictícia o sintètica i es relacionen les defuncions d'un període de temps amb la població registrada o estimada en el moment central d'aquest període. Aquesta població, que es compon de múltiples generacions, és tractada com si tota ella pertanyés a una única generació. La disponibilitat de dades i la necessitat de disposar d'indicadors conjunturals fan que aquesta sigui el tipus més comú de taula de mortalitat.

Paral·lelament, es poden diferenciar dos tipus de taules segons com es considerin les edats en una taula de mortalitat. En una taula clàssica les dades es presenten per edats anuals, mentre una taula abreujada es construeix amb grups plurianuals d'edat, on l'objectiu principal és simplificar la taula de vida sintetitzant la presentació de la informació partint d'una taula anual.

2.2. Construcció d'una taula de mortalitat clàssica

En aquest apartat s'explica tot el procés de construcció d'una taula de mortalitat clàssica aplicant el mètode actuarial i es calculen aquestes mateixes taules amb les dades de població i defuncions a Espanya de l'any 2020 proporcionades per l'Institut Nacional d'Estadística.

- *Taxa específica de mortalitat per edat, m_x^t* . Mesura la freqüència mitjana del fenomen en cada edat.

$$m_x^t = \frac{D_x^t}{P_x^{1-7-t}}$$

On:

D_x^t : defuncions ocorregudes en l'any t a l'edat x

P_x^{1-7-t} : població a 1 de juliol de l'any t amb edat x .

- Probabilitat de mort a l'edat x , q_x . Es defineix com la probabilitat que té un individu que pertany a una generació donada, amb edat exacta x , de morir abans d'arribar a l'edat $x + 1$, dit d'una altra manera, expressa el risc que té una persona de morir entre l'aniversari x -èssim i el següent.

$$q_x = \frac{2m_x}{2 + m_x}$$

Aquesta expressió també s'anomena mètode actuarial, ja que s'ha suposat el repartiment lineal dels esdeveniments. També es pot interpretar considerant que el temps viscut per un individu que mor a l'edat x en el seu últim any de vida ha estat de 0,5 anys.

En l'edat de 0 anys es recomana calcular la probabilitat amb la informació de les defuncions i individus d'una generació real, ja que la mortalitat durant el primer any de vida té un comportament diferenciat de les edats següents.

$$q_0 = \frac{D_{0,g(t)}^t + D_{0,g(t)}^{t+1}}{P_0^{1-t-t+1} + D_{0,g(t)}^t}$$

On:

$D_{0,g(t)}^t$: defuncions als 0 anys dels nascuts a l'any t ocorregudes a l'any t

$D_{0,g(t)}^{t+1}$: defuncions als 0 anys dels nascuts a l'any t ocorregudes a l'any $t+1$

$P_0^{1-t-t+1}$: població de 0 anys a 1 de gener de l'any $t+1$.

- *Probabilitat de vida o supervivència a l'edat x , p_x* . És la probabilitat de supervivència entre dues edats exactes, és a dir, la probabilitat que té un individu que arriba a l'aniversari x de sobreviure fins a l'aniversari $x + 1$.

$$p_x = 1 - q_x$$

- *Supervivents d'edat exacta x, l_x* . És el nombre d'individus que assoleixen l'edat exacta x d'entre els l_0 individus de partida de la taula de mortalitat. Per conveni, se sol escollir una potència de 10 per a generar el valor inicial d'individus de la generació fictícia, tot i que, habitualment, es pren $l_0=100.000$.

$$l_x = l_{x-1} \cdot p_{x-1}$$

- *Defuncions teòriques amb x anys, d_x* . Són les defuncions ocorregudes, segons la taula, entre dues edats exactes x i x+1.

$$d_x = l_x \cdot q_x = l_x - l_{x+1}$$

A partir de les variables q_x , p_x i l_x es dedueixen altres relacions bàsiques com:

$$l_{x+1} = l_x \cdot p_x$$

$$p_x = \frac{l_{x+1}}{l_x}$$

$$q_x = \frac{d_x}{l_x}$$

- *Població estacionària o anys viscuts, L_x* . Són els anys viscuts pels individus de la taula entre l'aniversari x i x + 1. També es pot interpretar com la població mitjana de la taula a l'edat x.

$$L_x = \frac{l_x + l_{x+1}}{2}$$

- *Temps viscut, T_x* . Representa el nombre total d'anys viscuts pels supervivents l_x des de l'aniversari x-èssim fins a la completa extinció de la generació.

$$T_x = L_x + L_{x+1} + \dots + L_{\omega+}$$

On ω és l'última edat considerada en la taula de mortalitat.

El valor de T_0 és la quantitat total d'anys viscuts des del naixement fins a la mort de l'últim component de la generació.

- *Esperança de vida a l'edat x, e_x* . Es defineix com el nombre mitjà d'anys de vida futura a cada edat x per a cada supervivent que assoleix dita edat. Es calcula sota el supòsit que tot el temps viscut per tots els supervivents es reparteix per igual entre aquests.

$$e_x = \frac{T_x}{l_x}$$

Destaca l'esperança de vida en néixer (e_0), ja que constitueix l'indicador sintètic de la taula més utilitzat. Aquest valor representa el nombre mitjà d'anys viscuts per una generació de nascuts, suposant que a les diferents edats el comportament de la mortalitat serà igual que en la taula. És un bon indicador per comparar la mortalitat entre poblacions o períodes perquè no depèn de l'estructura per edat que presenti la població.

En l'última edat de la taula es compleix el següent:

$$q_{\omega} = 1$$

$$d_{\omega+} = l_{\omega}$$

$$L_{\omega+} = T_{\omega}$$

$$m_{\omega+} = \frac{d_{\omega+}}{L_{\omega+}} = \{d_{\omega+} = l_{\omega}\} = \frac{l_{\omega}}{L_{\omega+}}$$

$$L_{\omega+} = \frac{l_{\omega}}{m_{\omega+}}$$

$$e_{\omega} = \frac{T_{\omega}}{l_{\omega}} = \frac{m_{\omega+}}{l_{\omega}} = \frac{1}{m_{\omega+}}$$

Les taules de mortalitat clàssiques de la població total, masculina i femenina de l'any 2020 s'han construït a partir de les dades per edat de la població a 1 de juliol de 2020 i les defuncions de l'any 2020 publicades per l'Institut Nacional d'Estadística. Aquestes taules, a causa de la seva extensió, es poden consultar a l'Annex del treball.

2.3. Construcció d'una taula de mortalitat abreujada

És molt comú utilitzar la taula abreujada, ja que simplifica la presentació de la informació i, sovint, és possible només tenir disponibles les dades de població i defuncions en grups d'edats plurianuals. També s'usa aquest tipus de taula quan els sistemes de recollida de dades estan encara endarrerits i quan es volen calcular taules per àrees o grups relativament petits. És per això que les taules de mortalitat de l'INE per les comunitats autònomes i províncies són abreujades, en intervals quinquennals.

A continuació es descriu com es calculen les variables en una taula de mortalitat abreujada.

- *Taxa específica de mortalitat entre les edats x i $x + n$, ${}_n m_x$.*

$${}_n m_x = \frac{D_{x,x+n}^t}{P_{x,x+n}^{1-7-t}}$$

On:

n : amplitud de l'interval en anys

$D_{x,x+n}^t$: defuncions entre l'edat x i $x + n$ a l'any t

$P_{x,x+n}^{1-7-t}$: població entre l'edat x i $x + n$ a 1 de juliol de l'any t .

- *Probabilitat de mort entre les edats x i $x + n$, ${}_n q_x$.* Representa la probabilitat que té un individu d'edat x de morir abans de l'edat $x + n$, pel seu càlcul es recorre a les relacions entre aquestes ${}_n q_x$ i les taxes de mortalitat ${}_n m_x$ i la hipòtesi que se sobreentén és que les defuncions estan distribuïdes uniformement dins l'interval quinquennal o mètode actuarial.

$${}_nq_x = \frac{2 \cdot n \cdot {}_nm_x}{2 + n \cdot {}_nm_x}$$

Per a les edats infantils, en el grup de 0 a 4 anys, se sol separar el càlcul per l'edat 0 del grup d'edat comprés entre els anys 1 i 4, a causa de la no homogeneïtat de la mortalitat en l'interval. Si existeixen les estadístiques adequades, convé calcular directament les probabilitats de mort del primer any tenint en compte la generació a la qual pertanyen.

$$q_0 = \frac{D_{0,g(t)}^t + D_{0,g(t)}^{t+1}}{P_0^{1-t} + D_{0,g(t)}^t}$$

Per a l'última edat de la taula de mortalitat es considera que la probabilitat de mort és igual a 1, és a dir, $q_\omega = 1$, igual que en la taula clàssica.

- *Probabilitat de vida o supervivència entre les edats x i $x+n$, ${}_np_x$.* Indica la probabilitat que un individu d'edat x arribi viu a l'edat $x+n$.

$${}_np_x = 1 - {}_nq_x$$

- *Supervivents a l'edat $x+n$, l_{x+n} .* Per conveni, com en el cas de la taula de mortalitat clàssica, pel valor inicial d'individus de la generació fictícia es sol assumir que $l_0=100.000$.

$$l_{x+n} = (1 - {}_nq_x) \cdot l_x = l_x \cdot {}_np_x$$

- *Defuncions teòriques entre les edats x i $x+n$, ${}_nd_x$.*

$${}_nd_x = l_x \cdot {}_nq_x = l_x - l_{x+n}$$

- *Població estacionària o anys viscuts entre les edats x i $x+n$, ${}_nL_x$.*

$${}_nL_x = \frac{l_x + l_{x+n}}{2} \cdot n$$

Aquesta fórmula no permet estimar el grup obert de la població estacionària perquè no existeix un valor de supervivents per $l_{\omega+n}$ i, s'estima el temps viscut corresponent al grup obert igual que en la taula clàssica:

$$L_{\omega+} = \frac{l_\omega}{m_{\omega+}}$$

- *Temps viscut a partir de l'edat x , T_x .*

$$T_x = {}_nL_x + {}_nL_{x+n} + \dots + L_{\omega+}$$

- *Esperança de vida a l'edat x , e_x .*

$$e_x = \frac{T_x}{l_x}$$

Per concloure aquest subapartat, cal destacar que les taules abreujades, amb un estalvi de càlcul, ofereixen resultats molt precisos i adequats per la majoria d'anàlisis demogràfiques.

A continuació es presenta la construcció de les taules de mortalitat abreujades de la població total, masculina i femenina de l'any 2020 a partir de les dades per edat de la població a 1 de juliol de 2020 i les defuncions de l'any 2020 publicades per l'INE.

Taula 2.1. Taula de mortalitat abreujada de la població total a Espanya de l'any 2020.

Edat	Població per edat	Defuncions per edat	Edat exacta	n	$n m_x$	$n q_x$	$n p_x$	l_x	$n d_x$	$n L_x$	T_x	e_x
0 anys	350891	890	0	1	0,00254	0,00217	0,99783	100000	217	99892	8222786	82,23
1-4 anys	1619234	188	1	4	0,00012	0,00046	0,99954	99783	46	399040	8122895	81,41
5-9 anys	2312901	139	5	5	0,00006	0,00030	0,99970	99737	30	498609	7723855	77,44
10-14 anys	2537491	189	10	5	0,00007	0,00037	0,99963	99707	37	498441	7225246	72,46
15-19 anys	2420549	379	15	5	0,00016	0,00078	0,99922	99670	78	498154	6726804	67,49
20-24 anys	2374208	609	20	5	0,00026	0,00128	0,99872	99592	128	497640	6228650	62,54
25-29 anys	2539272	823	25	5	0,00032	0,00162	0,99838	99464	161	496918	5731011	57,62
30-34 anys	2763082	1224	30	5	0,00044	0,00221	0,99779	99303	220	495966	5234093	52,71
35-39 anys	3261961	1935	35	5	0,00059	0,00296	0,99704	99083	293	494683	4738127	47,82
40-44 anys	3920647	3556	40	5	0,00091	0,00452	0,99548	98790	447	492832	4243444	42,95
45-49 anys	3905463	6045	45	5	0,00155	0,00771	0,99229	98343	758	489819	3750612	38,14
50-54 anys	3683575	10389	50	5	0,00282	0,01400	0,98600	97585	1366	484507	3260793	33,41
55-59 anys	3397902	15847	55	5	0,00466	0,02305	0,97695	96218	2218	475547	2776286	28,85
60-64 anys	2967117	21967	60	5	0,00740	0,03634	0,96366	94000	3416	461461	2300739	24,48
65-69 anys	2460126	27536	65	5	0,01119	0,05444	0,94556	90584	4932	440591	1839278	20,30
70-74 anys	2218019	38816	70	5	0,01750	0,08383	0,91617	85652	7181	410311	1398687	16,33
75-79 anys	1768295	52375	75	5	0,02962	0,13788	0,86212	78472	10820	365309	988376	12,60
80-84 anys	1291915	74045	80	5	0,05731	0,25066	0,74934	67652	16957	295866	623067	9,21
85-89 anys	994206	107394	85	5	0,10802	0,42526	0,57474	50695	21558	199577	327201	6,45
90-94 anys	441530	87184	90	5	0,19746	0,66100	0,33900	29136	19259	97534	127624	4,38
95-99 anys	114603	35947	95	5	0,31367	0,87903	0,12097	9877	8682	27681	30090	3,05
100 anys +	12700	6299	100	5	0,49598	1,00000	0,00000	1195	1195	2409	2409	2,02

Font: INE, moviment natural de la població i xifres de població. Elaboració pròpia.

Taula 2.2. Taula de mortalitat abreujada de la població masculina a Espanya de l'any 2020.

Edat	Població per edat	Defuncions per edat	Edat exacta	n	$n m_x$	$n q_x$	$n p_x$	l_x	$n d_x$	$n L_x$	T_x	e_x
0 anys	180200	496	0	1	0,00275	0,00242	0,99758	100000	242	99879	7947568	79,48
1-4 anys	832726	117	1	4	0,00014	0,00056	0,99944	99758	56	398919	7847689	78,67
5-9 anys	1192298	67	5	5	0,00006	0,00028	0,99972	99702	28	498439	7448770	74,71
10-14 anys	1309908	109	10	5	0,00008	0,00042	0,99958	99674	41	498265	6950332	69,73
15-19 anys	1250834	242	15	5	0,00019	0,00097	0,99903	99632	96	497921	6452067	64,76
20-24 anys	1217068	458	20	5	0,00038	0,00188	0,99812	99536	187	497212	5954146	59,82
25-29 anys	1286451	580	25	5	0,00045	0,00225	0,99775	99349	224	496185	5456934	54,93
30-34 anys	1380722	848	30	5	0,00061	0,00307	0,99693	99125	304	494866	4960749	50,05
35-39 anys	1622982	1250	35	5	0,00077	0,00384	0,99616	98821	380	493156	4465883	45,19
40-44 anys	1971621	2273	40	5	0,00115	0,00575	0,99425	98441	566	490792	3972727	40,36
45-49 anys	1969109	3912	45	5	0,00199	0,00988	0,99012	97876	967	486959	3481934	35,58
50-54 anys	1838240	6909	50	5	0,00376	0,01862	0,98138	96908	1804	480030	2994975	30,91
55-59 anys	1672719	10547	55	5	0,00631	0,03104	0,96896	95104	2952	468140	2514945	26,44
60-64 anys	1440078	14860	60	5	0,01032	0,05030	0,94970	92152	4635	449173	2046805	22,21
65-69 anys	1173046	18720	65	5	0,01596	0,07673	0,92327	87517	6715	420798	1597631	18,26
70-74 anys	1025493	25542	70	5	0,02491	0,11724	0,88276	80802	9473	380328	1176833	14,56
75-79 anys	785078	32183	75	5	0,04099	0,18591	0,81409	71329	13261	323493	796506	11,17
80-84 anys	525505	39211	80	5	0,07462	0,31443	0,68557	58068	18258	244695	473013	8,15
85-89 anys	364802	48556	85	5	0,13310	0,49935	0,50065	39810	19879	149352	228318	5,74
90-94 anys	137610	31606	90	5	0,22968	0,72951	0,27049	19931	14540	63305	78966	3,96
95-99 anys	29818	9989	95	5	0,33500	0,91156	0,08844	5391	4914	14670	15661	2,91
100 anys +	2473	1189	100	5	0,48079	1,00000	0,00000	477	477	992	992	2,08

Font: INE, moviment natural de la població i xifres de població. Elaboració pròpia.

Taula 2.3. Taula de mortalitat abreujada de la població femenina a Espanya de l'any 2020.

Edat	Població per edat	Defuncions per edat	Edat exacta	n	${}_n m_x$	${}_n q_x$	${}_n p_x$	l_x	${}_n d_x$	${}_n L_x$	T_x	e_x
0 anys	170691	394	0	1	0,00231	0,00190	0,99810	100000	190	99905	8496753	84,97
1-4 anys	786507	71	1	4	0,00009	0,00036	0,99964	99810	36	399167	8396848	84,13
5-9 anys	1120603	72	5	5	0,00006	0,00032	0,99968	99774	32	498789	7997681	80,16
10-14 anys	1227583	80	10	5	0,00007	0,00033	0,99967	99742	32	498627	7498892	75,18
15-19 anys	1169715	137	15	5	0,00012	0,00059	0,99941	99709	58	498400	7000265	70,21
20-24 anys	1157140	151	20	5	0,00013	0,00065	0,99935	99651	65	498092	6501865	65,25
25-29 anys	1252821	243	25	5	0,00019	0,00097	0,99903	99586	97	497688	6003773	60,29
30-34 anys	1382360	376	30	5	0,00027	0,00136	0,99864	99489	135	497108	5506086	55,34
35-39 anys	1638979	685	35	5	0,00042	0,00209	0,99791	99354	207	496252	5008977	50,42
40-44 anys	1949025	1283	40	5	0,00066	0,00329	0,99671	99147	326	494919	4512725	45,52
45-49 anys	1936354	2133	45	5	0,00110	0,00549	0,99451	98821	543	492747	4017806	40,66
50-54 anys	1845335	3480	50	5	0,00189	0,00938	0,99062	98278	922	489085	3525059	35,87
55-59 anys	1725183	5300	55	5	0,00307	0,01524	0,98476	97356	1484	483069	3035974	31,18
60-64 anys	1527040	7107	60	5	0,00465	0,02300	0,97700	95872	2205	473845	2552905	26,63
65-69 anys	1287080	8816	65	5	0,00685	0,03367	0,96633	93666	3154	460447	2079060	22,20
70-74 anys	1192525	13274	70	5	0,01113	0,05415	0,94585	90513	4901	440310	1618613	17,88
75-79 anys	983218	20192	75	5	0,02054	0,09767	0,90233	85611	8362	407153	1178303	13,76
80-84 anys	766410	34834	80	5	0,04545	0,20407	0,79593	77250	15764	346839	771150	9,98
85-89 anys	629404	58838	85	5	0,09348	0,37887	0,62113	61486	23295	249191	424311	6,90
90-94 anys	303917	55578	90	5	0,18287	0,62749	0,37251	38191	23964	131043	175120	4,59
95-99 anys	84785	25958	95	5	0,30616	0,86712	0,13288	14227	12336	40293	44076	3,10
100 anys +	10227	5110	100	5	0,49966	1,00000	0,00000	1890	1890	3784	3784	2,00

Font: INE, moviment natural de la població i xifres de població. Elaboració pròpia.

Anteriorment, s'ha comentat que l'esperança de vida en néixer és un dels indicadors més utilitzats, és per això que es comenten i comparen els resultats d'aquesta amb els dos tipus de taules utilitzades. A les taules clàssiques, s'observa que per a la població total, masculina i femenina l'esperança de vida en néixer és de 82,26, 79,50 i 85,01 anys, respectivament. Per altra banda, a les taules abreujades, l'esperança de vida en néixer és de 82,23 anys per a la població total, 79,48 anys per a la població masculina i 84,97 anys per a la població femenina. D'aquest indicador, també destaca que l'esperança de vida de les dones és d'aproximadament 5,5 anys superior a la dels homes.

En analitzar les taules abreujades tant de la població masculina com femenina, destaca que per a tots els grups d'edat, excepte pel grup de 5 a 9 anys, la probabilitat de mort dels homes és més elevada que la de les dones. Dit d'una altra manera, la probabilitat de supervivència de les dones és més alta que la dels homes excepte pel grup d'edat esmentat.

Una última mesura a destacar i, lligat al comentat en els paràgrafs anteriors, és que partint d'una mateixa població de 100.000 individus tant per la població masculina com femenina, per a tots els grups d'edats de les taules abreujades, el nombre de supervivents dones sempre és més major que el d'homes.

2.4. Les taules de mortalitat de l'Institut Nacional d'Estadística

Segons l'INE, tant la taula de mortalitat a Espanya com la taula de mortalitat d'una comunitat autònoma o província, mesuren la incidència de la mortalitat sobre la població resident durant l'any de referència simulant el comportament d'aquest sobre una cohort o generació fictícia d'individus sotmesos a un patró de mortalitat per edat idèntic al percebut sobre la població en estudi durant el període d'observació. Aquesta simulació consisteix a aplicar a una generació fictícia d'individus la incidència de la mortalitat en cada edat determinada, bàsicament, per les taxes específiques observades sobre la població resident a Espanya, la comunitat autònoma o província durant l'any de referència i derivar, a partir d'aquestes, les altres funcions que componen la seva taula de mortalitat. Per tant, es construeixen taules de mortalitat de moment o transversals.

Ara bé, la taula de mortalitat d'una comunitat autònoma o província manté l'objectiu de proporcionar un mesurament de la incidència conjuntural del fenomen durant l'any de referència, però adopta un procediment d'agregació de resultats d'una taula de mortalitat completa per edats simples, en grups quinquennals d'edat, amb el fi d'eludir distorsions indesitjables sobre els resultats proporcionats que puguin dificultar la seva interpretació com a conseqüència directa de l'aleatorietat de les informacions pròpies de poblacions de més reduïda mida. És a dir, per a la seva construcció no s'utilitzen les dades de població i defuncions per edats quinquennals, com es veurà més endavant.

Resumint, les taules de mortalitat a escala nacional ofereixen resultats desagregats per edats simples, per tant, es troben en taules de mortalitat clàssiques, mentre que els resultats de les taules de mortalitat autonòmiques i provincials es proporcionen agregats per grups quinquennals d'edat, és a dir, en taules de mortalitat abreujades.

L'origen de les taules de mortalitat de l'INE el trobem l'any 1945, quan es van publicar unes taules de mortalitat de la població espanyola, per sexe, calculades amb les defuncions per edat dels anys 1930, 1931 i les poblacions del Cens de 1930. Sis anys més tard, estant ja disponibles els resultats del Cens de 1940, es van elaborar taules d'aquest any, i a més, les xifres dels Censos de 1900, 1910 i 1920 es van utilitzar com a denominador de les defuncions per sexe i edat del Moviment Natural de la Població dels anys corresponents, per establir les funcions biomètriques que es van publicar conjuntament amb les de 1930 i 1940, disposant així de les sèries per al període del 1900 al 1940. Amb les dades del Cens de 1950, l'INE va confeccionar les taules de mortalitat d'aquell any, completant la informació facilitada amb les taules abreujades referides al mateix any i difoses dos anys abans. D'aquesta manera, les poblacions obtingudes en els Censos de 1960 i 1970 van fer possible el càlcul de noves taules de mortalitat.

Amb el pas del temps, les taules de mortalitat espanyoles de l'INE també han anat canviant la seva metodologia de càlcul. En la metodologia de les taules de mortalitat pels anys compresos entre 1992 i 2005, que es va aplicar fins a l'any 2007, per obtenir la sèrie de probabilitats de mort a l'edat x , s'aplicava la següent expressió des de l'edat $x = 2$ fins a l'edat $x = 90$:

$$q_x = \frac{\frac{1}{2} \cdot (D_x^t + D_x^{t+1})}{P_x^t + \frac{1}{2} \cdot D_x^t}$$

On:

D_x^t : defuncions ocorregudes en l'any t a l'edat x

D_x^{t+1} : defuncions ocorregudes en l'any $t + 1$ a l'edat x

P_x^t : població a 31 de desembre de l'any t amb edat x .

Per les edats $x=0$ i $x=1$ s'aplicaven les següents expressions:

$$q_0 = \frac{D_{0,g(t)}^t + D_{0,g(t)}^{t+1}}{P_0^t + D_{0,g(t)}^t} \quad q_1 = \frac{D_{1,g(t-1)}^t + D_{1,g(t-1)}^{t+1}}{P_1^t + D_{1,g(t-1)}^t}$$

On:

$D_{0,g(t)}^t$: defuncions ocorregudes en l'any t als 0 anys, de la generació d'aquell any

$D_{0,g(t)}^{t+1}$: defuncions ocorregudes en l'any $t + 1$ als 0 anys, de la generació de l'any t

P_0^t : població a 31 de desembre de l'any t amb edat 0.

Per l'edat $x=1$ s'aplica el mateix raonament pels nascuts a l'any $t - 1$, per tant, s'utilitzen dades de defuncions tenint en compte la generació.

En aquestes taules, l'esperança de vida del grup obert es fixava de manera que $e_{\omega} = 0,5$.

Amb les noves taules calculades a partir de 2007 s'introdueix una nova variable, a_x , que indica la mitjana d'anys viscuts l'últim any de vida dels que moren a l'edat x , i per calcular a_x s'utilitza la següent expressió:

$$a_x = \frac{\sum_{i=1}^{D(t,x,s)} a(t, x, s, i)}{D(t, x, s)}, x = 0, 1, \dots, 99$$

On:

$D(t, x, s)$: defuncions de l'any t amb edat x i sexe s

$a(t, x, s, i)$: temps viscut per l'individu i de la població en estudi, de sexe s , mort amb edat x a l'any t .

Per al càlcul de la variable $a(t, x, s, i)$ es tenen en consideració la data de defunció i la d'aniversari per cada individu que mori a l'any t amb edat x . Per calcular la població estacionària i la probabilitat de mort a l'edat x , s'utilitzen les següents fórmules:

$$L_x = l_{x+1} + a_x \cdot d_x$$

$$q_x = \frac{m_x}{1 + (1 - a_x) \cdot m_x}$$

S'utilitza l'aproximació de les probabilitats de mort a partir de la taxa específica de mortalitat, però ara l'INE utilitza la variable a_x , que té en compte la mitjana d'anys viscuts l'últim any de vida per les persones que moren a l'edat x . En el mètode actuarial es fixa la variable en $a_x = 0,5$ perquè es considera que les defuncions es donen de manera uniforme dins de l'interval, però, normalment, el seu valor varia en els primers i últims intervals d'edat, ja que, per exemple, en l'edat de 0 anys la majoria de les defuncions es donen poc després del naixement, i per això el temps mig viscut per aquests individus és bastant baix, és a dir, $a_x < 0,5$.

Fins l'any 2015, per a l'última edat, marcada en 100 anys, s'aplicava que:

$$e_{\omega} = a_{\omega} = \frac{1}{m_{\omega}}$$

$$q_{\omega} = 1$$

Però, finalment, per a les noves taules a partir de l'any 2016 s'obté:

$$a_{\omega+} = \frac{\sum_{i=1}^{D(t, \omega+, s)} [a(t, x, s, i) + (x - \omega)]}{D(t, \omega+, s)}$$

$$e_{\omega} = a_{\omega+}$$

$$q_{\omega} = 1$$

Per tant, es dedueix la mitjana d'anys que viuran a partir dels 100 anys els que no hagin mort amb 100 o més anys.

Com ja s'ha comentat, l'INE construeix les seves taules de mortalitat abreujades per les comunitats autònomes i províncies a partir d'una taula de mortalitat completa calculada per aquestes poblacions amb la mateixa metodologia utilitzada pel total nacional.

L'INE ha fet servir la mateixa metodologia de càlcul en les taules de mortalitat autonòmiques i provincials des de 1975 fins a l'actualitat, però ha anat variant l'últim grup d'edat obert, de manera que pel període de 1975 a 1990 l'última edat era $\omega = 85$ anys (80 anys a les ciutats autònomes de Ceuta i Melilla) i a partir de 1991 aquesta última edat és de 95 anys (90 anys per les ciutats autònomes de Ceuta i Melilla).

Es parteix dels valors obtinguts pels supervivents, el temps viscut i l'esperança de vida de la taula de mortalitat completa autonòmica o provincial, i a partir d'aquestes sèries de valors s'obtenen les defuncions i la població estacionària.

Així, en primer lloc, a partir de $l_0 = 100.000$ i l_x per $x = 1, 5, 10, \dots, 95$ es pot calcular:

$$d_0 = l_0 - l_1$$

$${}_4d_1 = l_1 - l_5$$

$${}_nd_x = l_x - l_{x+n} \text{ per } x = 5, 10, \dots, 90 \text{ i } n = 5$$

$$d_{95+} = l_{95}$$

La població estacionària entre l'edat x i l'edat $x+n$ s'obté a partir de:

$$L_0 = T_0 - T_1$$

$${}_4L_1 = T_1 - T_5$$

$${}_nL_x = T_x - T_{x+n} \text{ per } x = 5, 10, \dots, 90 \text{ i } n = 5$$

$$L_{95+} = T_{95}.$$

Per calcular la probabilitat de morir entre l'edat x i l'edat $x+n$ s'apliquen les següents expressions:

$$q_0 = \frac{d_0}{l_0}$$

$${}_4q_1 = \frac{{}_4d_1}{l_1}$$

$${}_nq_x = \frac{{}_nd_x}{l_x} \text{ per } x = 5, 10, \dots, 90 \text{ i } n = 5$$

$$q_{95+} = 1.$$

També es calculen les taxes específiques de mortalitat per edat a partir de:

$$m_0 = \frac{d_0}{L_0}$$

$${}_4m_1 = \frac{{}_4d_1}{{}_4L_1}$$

$${}_nm_x = \frac{{}_nd_x}{{}_nL_x} \text{ per } x = 5, 10, \dots, 90 \text{ i } n = 5.$$

El valor de m_{95+} és el que s'ha obtingut en la taula completa.

Finalment, es fixa la mitjana d'anys viscuts en l'últim any de vida pels individus que moren entre l'edat x i l'edat $x+n$ com:

$$a_0 = 1 - \frac{l_0 - L_0}{d_0}$$

$${}_4a_1 = 1 - \frac{4 \cdot l_1 - {}_4L_1}{4 \cdot {}_4d_1}$$

$${}_na_x = 1 - \frac{{}_n \cdot l_x - {}_nL_x}{{}_n \cdot {}_nd_x} \text{ per } x = 5, 10, \dots, 90 \text{ i } n = 5$$

$$a_{95+} = \frac{\sum_{i=1}^{D(t,95+)} [a(t, x, i) + (x - 95)]}{D(t, 95+)}.$$

2.5. Les taules de mortalitat de l'Eurostat

La metodologia que adopta l'Eurostat per a la construcció de taules de mortalitat garanteix, amb un requisit mínim de dades, el càlcul d'un valor per a l'esperança de vida a totes les edats que pot ser comparat entre països. Per aconseguir aquest objectiu, es consideren les següents suposicions:

1. Les dades d'entrada són les taxes de mortalitat específiques per edat, simbolitzades per $M_{x,t}$, per edat completa (edat en l'últim aniversari) i per sexe.
2. Per ambdós sexes, les sèries de defuncions i població a 1 de gener s'ajusten per aquelles edats en què es desconeixen, proporcionalment al valor relatiu de cada edat, si n'hi ha, abans de calcular $M_{x,t}$.
3. L'edat màxima, la qual es troba oberta, es fixa en 85 o més anys per a tots els països, sexes i anys.
4. Se suposa que les morts es produeixen a meitat d'any, el que significa que el coeficient $a_{x,t}$ és igual a 0,5 per a totes les edats x , excepte per a l'edat de 0 anys, en la qual pren un coeficient de 0,2.

Aquest mètode calcula les probabilitats de morir, $\hat{q}_{x,t}$, entre l'edat x i $x+1$ de l'any t a partir de:

$$\hat{q}_{x,t} = \begin{cases} \frac{M_{x,t}}{1 + (1 - a_{x,t}) \cdot M_{x,t}} & \text{per } x = 0, \dots, 84 \\ 1 & \text{per } x = x_{85+} \end{cases}$$

La probabilitat $p_{x,t}$ de sobreviure de l'edat x a l'edat $x+1$ és:

$$p_{x,t} = \begin{cases} 1 - \hat{q}_{x,t} & \text{per } x = 0, \dots, 84 \\ 0 & \text{per } x = x_{85+} \end{cases}$$

Els supervivents $l_{x,t}$ a l'edat x en l'any t es calculen:

$$l_{x,t} = \begin{cases} 1 & \text{per } x = 0 \\ l_{x-1,t} \cdot (1 - \hat{q}_{x-1,t}) & \text{per } x = 1, \dots, x_{85+} \end{cases}$$

Les defuncions teòriques $d_{x,t}$ són:

$$d_{x,t} = l_{x,t} - l_{x-1,t} \text{ per } x = 0, \dots, 84$$

Per calcular la població estacionària o anys viscut $L_{x,t}$ s'aplica:

$$L_{x,t} = \begin{cases} l_{x+1,t} + a_{x,t} \cdot d_{x,t} & \text{per } x = 0, \dots, 84 \\ \frac{l_{85+}}{M_{85+}} & \text{per } x = x_{85+} \end{cases}$$

El temps viscut $T_{x,t}$ a partir de l'edat x s'obté com:

$$T_{x,t} = \sum_{a=x}^{85+} L_{a,t}$$

I, per últim, l'esperança de vida a l'edat x $e_{x,t}$ és:

$$e_{x,t} = \frac{T_{x,t}}{l_{x,t}} \text{ per } x = 0, \dots, 84$$

$$e_{85+,t} = \frac{1}{M_{85+,t}}.$$

Per tant, es pot observar que l'Eurostat aplica el mètode actuarial per construir les seves taules de mortalitat clàssiques, excepte en l'edat 0, en la que es considera que la mortalitat està més concentrada en els primers mesos de vida.

3. TAULES DE MORTALITAT DE GENERACIÓ

3.1. Taules de mortalitat dinàmiques

Les entitats asseguradores utilitzen les taules de mortalitat per calcular, per exemple, les primes en les diferents modalitats d'assegurances de vida.

Les taules de supervivència i mortalitat dinàmiques estan adquirint una presència creixent en l'àmbit actuarial.

Aquest tipus de taula de mortalitat permeten obtenir probabilitats de morir que variïn no només segons l'edat o el sexe, sinó també amb el pas del temps de calendari, habitualment en sentit decreixent (Fernández, 2021).

Generalment, aquests tipus de taula es presenten en un format que conté una taula base i les fórmules de càlcul per poder generar taules per un any de calendari o per generacions d'individus nascuts en un any determinat, per això també s'anomenen taules generacionals.

En el cas d'Espanya, a partir de l'any 2000 es comencen a fer servir les primeres taules generacionals espanyoles de supervivència masculina/femenina, conegudes com a PERM/F-2000. Fins aquell moment les entitats asseguradores aplicaven taules de mortalitat basades en l'experiència d'altres poblacions estrangeres (franceses, suïsses, etc.).

Les taules PERM/F-2000 van ser publicades per la Direcció General d'Assegurances i Fons de Pensions (DGSFP). Van sorgir d'un protocol de col·laboració per l'estudi continuat de la mortalitat entre aquest organisme i la Unió Espanyola d'Entitats Asseguradores i Reasseguradores (UNESPA), al qual més tard s'hi va unir l'INE (de la Guardia, 2022).

Per tant, es tracta de les primeres taules que apliquen les entitats asseguradores basades en l'experiència de la mortalitat a Espanya i no només tenen en compte l'edat i el sexe, sinó que també incorporen l'any de naixement o generació.

Aquestes taules es van construir basant-se en dades de població assegurada dels anys 1997 i 1998 i de les taules de mortalitat de l'INE entre 1990 i 1997.

L'any 2020 s'han actualitzat aquestes taules, per tant, actualment s'apliquen les taules PERM/F-2020, que s'han construït a partir de dades de població assegurada dels anys 2010 a 2014 i dades poblacionals de l'INE pel mateix període.

Es tracta d'unes taules dinàmiques, que pretenen captar l'evolució i tendència creixent de la longevitat a Espanya, incorporant un factor de millora per projectar la mortalitat (de la Guardia, 2022).

L'expressió que permet calcular la probabilitat de morir a l'edat x a l'any t , $q_{x,t}$, és:

$$q_{x,t} = q_{x,t_0} \cdot e^{-\lambda_x \cdot (t-t_0)}$$

On:

q_{x,t_0} : probabilitat anual de morir per cada edat x en l'any de calendari base t_0

λ_x : factor de millora a aplicar per cada edat x

t_0 : any base en el qual es calcula la taula de mortalitat base.

Es pot expressar l'any de calendari t pel qual es calcula la probabilitat de morir (i, per tant, es deriva la taula de mortalitat), en funció de l'any de naixement o generació, g , de manera que:

$$t = g + x$$

És a dir, els individus que a l'any t compleixen x anys pertanyen a la generació $g = t - x$.

Per a les taules PERM/F elaborades el 2020 l'any base és el 2012, per tant, la taula de mortalitat base és la corresponent a aquest any.

Per poder estimar el factor de millora a aplicar per cada edat x , λ_x , s'han utilitzat dades de la població assegurada pel període 2010-2014 i de la Human Mortality Database (HMD) pel període 1975-2014, aquesta última base de dades es nodreix d'informació proporcionada per l'INE.

Per tant, per obtenir la probabilitat de morir a l'edat x per un individu nascut a l'any g s'aplica la següent expressió:

$$q_{x,g+x} = q_{x,2012} \cdot e^{-\lambda_x \cdot (g+x-2012)}.$$

3.2. Les taules de mortalitat de la Human Mortality Database

La Human Mortality Database (HMD) és un projecte col·laboratiu de la Universitat de Califòrnia i l'Institut Max Planck d'Investigació Demogràfica amb la finalitat de proporcionar un accés fàcil a dades detallades de mortalitat per uns 40 països o àrees, entre els quals gairebé tots els europeus, Austràlia, Canadà, Japó, Nova Zelanda, Xile, Israel, Hong Kong, República de Corea, Taiwan i Estats Units (Wilmoth et al, 2021).

La base conté els càlculs de les taxes de mortalitat i la construcció de les taules de mortalitat, així com les dades utilitzades per a la seva obtenció (naixements, defuncions, dades censals i estimacions de població).

La majoria de resultats que es publiquen fan referència a un any de calendari, és a dir, per any d'ocurrència, però també es poden trobar per generació o any de naixement.

En el cas d'una taula de mortalitat de moment, les taxes de mortalitat $M_{x,t}$ s'obtenen directament a partir de les dades observades de defuncions i població fins a una certa edat, mentre que per edats més avançades els valors observats es suavitzen per tal d'obtenir una millor representació de les condicions subjacents de la mortalitat. L'edat de tall escollida depèn de cada població, segons les seves dades de supervivents (Wilmoth et al, 2021).

A partir de les taxes de mortalitat es calculen les probabilitats de morir a l'edat x , q_x , i es deriven la resta de variables d'una taula de mortalitat de moment (l_x, d_x, L_x, T_x, e_x).

En el cas de les taules de mortalitat de cohort o generació es calcula directament la probabilitat de morir a l'edat x , q_x , a partir de les dades registrades que tenen en compte l'any de naixement i no s'aplica cap procés de suavitzat en les edats més avançades. Després, es completa la taula igual que en el cas d'una taula de moment.

En una taula de mortalitat de generació es considera que la cohort inicial d'individus ja s'ha extingit totalment, no queda cap supervivent, abans de la seva publicació.

També es poden consultar taules de mortalitat per generacions que encara no estiguin del tot extingides, és a dir, quan encara quedin supervivents de la cohort inicial. En aquests casos s'ha de fer una hipòtesi sobre l'evolució futura de la mortalitat dels supervivents que encara hi ha en la data d'elaboració de la taula, i es considera que les probabilitats futures de morir per aquests supervivents seran idèntiques a les d'aquells individus de la cohort 5 anys anteriors a la que correspon per aquella edat. A efectes pràctics, es considera una generació que encara no està extingida aquella en la que els seus supervivents ja han assolit els 90 anys d'edat.

Tant pel cas de les taules de moment com pel cas de les taules de generació es poden trobar les taules completes, per edats anuals, o bé les taules abreujades, per edats en grups quinquennals. En aquest segon cas, el primer grup de 0 a 4 anys es divideix en l'edat 0 i el grup d'1 a 4 anys, i en totes les taules l'última edat considerada és de 110 anys i més. Les taules abreujades s'obtenen a partir de les taules completes per assegurar que els valors de l'esperança de vida o altres variables de la taula siguin els mateixos en ambdós casos.

L'any 2019 es va publicar la sisena versió de les taules de mortalitat de la HMD. S'introdueixen dos canvis en el procediment per obtenir les taxes de mortalitat i construir les taules de mortalitat (Wilmoth et al, 2021):

- s'implementa un nou mètode per calcular la variable a_0 , ja que la fórmula que s'estava utilitzant fins aleshores subestimava aquest valor en les poblacions amb baixa mortalitat
- s'utilitzen les dades de naixements mensuals per poder estimar l'exposició al risc de morir, pel fet que fins aquell moment se suposava una distribució uniforme dels naixements al llarg de l'any i no es tenien en compte els efectes de la discontinuïtat en la distribució mensual dels naixements en un any de calendari, un fet habitual en alguns països europeus a l'inici i al final de la I i II Guerra Mundial.

Les taxes de mortalitat per una taula de mortalitat de generació, m_x , són conceptualment senzilles i tendeixen a ser robustes als canvis en les distribucions dels aniversaris al llarg de l'any. S'equipara m_x a M_x , ja que en haver-hi absència de migració, la població real és la mateixa que la població de la taula de mortalitat.

La fórmula utilitzada és la següent:

$$M_{x,t}^c = \frac{D_{x,t}^c}{E_{x,t}^c}$$

On:

$$D_{x,t}^c = D_{x,t} + D_{x,t+1}$$

$$E_{x,t}^c = P_{x,t} + \frac{1}{3}[D_{x,t-1} - D_{x,t}]$$

$D_{x,t}$ representen les defuncions dels individus de la generació a l'edat x ocorregudes en l'any t i $D_{x,t+1}$ representen les defuncions dels individus de la generació a l'edat x ocorregudes en l'any $t+1$, ja que es troben repartides en dos anys de calendari consecutius.

$E_{x,t}^c$ és l'exposició al risc de morir a l'edat x a l'any t , considerant que hi ha una distribució uniforme dels aniversaris durant l'any.

En el cas de l'edat 0 el càlcul de $E_{0,t}$ és diferent que en la resta d'edats i es defineix com:

$$E_{0,t}^c = \frac{D_{0,t}^c}{m_0}$$

per tal d'assegurar que $M_{0,t} = m_0$.

En la taula de mortalitat de moment, la probabilitat de morir a l'edat x , q_x , s'obté a partir de la relació:

$$q_x = \frac{m_x}{1 + (1 - a_x) \cdot m_x}$$

En canvi, la probabilitat de morir a l'edat x en la taula de generació, q_x , es calcula com:

$$q_x = \frac{D_{x,t} + D_{x,t+1}}{P_{x,t+1} + D_{x,t}}$$

on $P_{x,t+1}$ és la població que té edat x a 1 de gener de l'any $t+1$. Aquesta expressió és igual tant en el cas d'una distribució uniforme dels aniversaris al llarg de l'any com en el cas que això no es compleixi.

El temps mig viscut l'últim any de vida pels que moren, a_x , s'aproxima de la següent manera:

$$a_x = \frac{\frac{1}{3}D_{x,t} + \frac{2}{3}D_{x,t+1}}{D_{x,t} + D_{x,t+1}}$$

No és apropiat suposar una distribució uniforme de les morts a l'edat 0, és per això que s'utilitza una versió del mètode d'Andreev-Kingkade (2015) per estimar la taxa de mortalitat per aquesta edat:

$$m_0 = \frac{q_0}{1 - (1 - a_0)q_0}$$

A partir d'aquestes variables ja es poden derivar la resta de variables de la taula de mortalitat de generació, aplicant les relacions habituals:

$$p_x = 1 - q_x$$

$$l_x = l_0 \cdot \prod_{i=0}^{x-1} p_i$$

$$d_x = l_x \cdot q_x$$

$$L_x = l_x - (1 - a_x) \cdot d_x$$

$$T_x = \sum_{i=1}^{109} L_i + L_{110+}$$

Si existeixen individus vius d'una generació a l'edat de 110 anys, les fórmules anteriors s'utilitzen només per les edats $x = 0, 1, \dots, 109$. En aquest cas, per l'interval obert de 110 anys i més, s'estableix:

$$q_{110} = 1$$

$$d_{110+} = l_{110}$$

$$T_{110+} = L_{110+}$$

$$m_{110+} = M_{110+} = \frac{D_{110+}}{E_{110+}}$$

$$a_{110+} = \frac{1}{m_{110+}}$$

Finalment, per a totes les edats: $e_x = \frac{T_x}{l_x}$.

4. PROJECCIÓ DE LA MORTALITAT

4.1. Model de Lee-Carter

Lee i Carter (1992) van proposar un model per descriure el canvi en la mortalitat en funció d'un índex temporal. Aquest és un model bivariable, pel fet que intervenen la variable edat, d'enfocament transversal, i la variable temps, que unida amb l'anterior permeten un enfocament longitudinal.

Per estimar el model, per a una matriu de taxes de mortalitat $m_{x,t}$ es busca la solució de mínims quadrats de la següent equació:

$$\ln(m_{x,t}) = a_x + b_x k_t + e_{x,t}$$

On:

a_x : estructura de la mortalitat durant tot el període d'estudi

b_x : mesura de força en què k_t afecta cada grup específic d'edat

k_t : comportament tendencial de la mortalitat en el temps

$e_{x,t}$: terme d'error que depèn del temps i l'edat, el qual suposa un soroll blanc (procés estocàstic d'esperança igual a zero, variància constant i covariàncies nul·les) i implica les influències no capturades pel model.

El model detalla dues restriccions sobre els paràmetres, de manera que la solució vingui donada de l'optimització la qual detalli una solució única, ja que algunes combinacions lineals resultarien en iguals resultats de $\ln(m_{x,t})$:

$$\sum_x b_x = 1$$
$$\sum_t k_t = 0.$$

L'estimació no es pot realitzar a partir d'un model de regressió usual perquè no existeix una variable independent observable. Per això Lee i Carter proposen utilitzar el mètode *Singular Value Decomposition (SVD)* per a les estimacions dels paràmetres. El mètode *SVD* es pot utilitzar per trobar una solució de mínims quadrats quan s'aplica a la matriu dels logaritmes de les taxes després de restar les mitjanes al llarg del temps de les taxes específiques (log) de l'edat.

Els autors del model van observar una tendència lineal decreixent en el període estudiat, això va comportar que l'elecció del model autoregressiu havia de considerar aquest comportament. Per això es va escollir un model *ARIMA(0,1,0)*, on el camp central indica una diferenciació necessària per treballar amb un procés estacionari, en aquest cas amb $d=1$ pel seu caràcter lineal, tot i que el model *ARIMA* pot variar en funció de les dades amb les quals es treballa. En la implementació del model *ARIMA* al model general de projecció de la mortalitat es troba implícita la idea subjacent que s'espera que el nivell de la mortalitat quedi explicat majoritàriament per l'experiència passada, especialment

per la immediatament anterior, i no de manera determinant per factors explicatius externs, i que continuï així aquesta tendència. D'aquesta manera es va plantejar:

$$k_t - k_{t-1} = A + \varepsilon_t$$

On:

A : canvi anual mitjà entre els nivells de l'índex k successius

ε_t : error associat a cada t , se suposa que té una distribució normal amb mitjana 0, desviació constant i covariàncies nul·les.

La projecció de les taxes de mortalitat s'aconsegueix a partir de:

$$\hat{m}_{x,t+s} = e^{\hat{a}_x + \hat{b}_x \hat{k}_{t+s}} .$$

Així, es construeixen intervals de confiança per a k_t , l'aleatorietat dels quals es transmet a les taxes de mortalitat per edat estimada en cada moment, i d'aquesta manera es poden obtenir les esperances de vida i els seus intervals.

4.2. Model de Renshaw i Haberman

Renshaw i Herman (2006) argumenten que el model edat-període de Lee-Carter no sempre ajusta amb precisió les dades empíriques, per això proposen una extensió del model de Lee-Carter mitjançant la incorporació d'un conjunt de paràmetres que recullen l'efecte cohort.

L'efecte cohort explica una variació de la mortalitat que una generació experimenta a causa de canvis socials respecte a les generacions anteriors i/o posteriors i que s'estén al llarg del temps de la generació. Aquest és el model de referència de la modelització de la mortalitat amb efecte cohort.

L'especificació del model Renshaw-Haberman és:

$$\ln(m_x(t)) = a_x + b_x^{(1)} k_t + b_x^{(2)} y_{t-x} + \varepsilon_{x,t}$$

on els paràmetres a_x i k_t tenen el mateix significat que en el model Lee-Carter i el factor y_{t-x} és una sèrie temporal latent que recull l'efecte cohort.

De la mateixa manera que en el model Lee-Carter, el model Renshaw-Haberman estableix certes restriccions per a l'estimació dels paràmetres:

$$\sum_x b_x^{(1)} = 1$$

$$\sum_t k_t = 0$$

$$\sum_t b_x^{(2)} = 1$$

$$\sum_t y_{t-x} = 0.$$

Un cop fixades les restriccions, es fixa una solució i s'obtenen les estimacions \hat{a}_x , $\hat{b}_x^{(1)}$, $\hat{b}_x^{(2)}$, \hat{k}_t i \hat{y}_{t-x} i s'assumeix que tant k_t com y_z (on $z = t - x$) segueixen camins aleatoris amb *drifts*, respectivament:

$$k_t = k_{t-1} + \theta_1 + \omega_{1t}$$

$$y_z = y_{z-1} + \theta_2 + \omega_{2z}.$$

5. TAULES DE MORTALITAT TIPUS

5.1. Definició

La característica fonamental de la mortalitat és la regularitat de la seva estructura per edats, dit d'una altra manera, el nivell de mortalitat observat en una edat té molt a veure amb les edats adjacents o pròximes. La incidència dels factors biològics, en especial l'edat, és major en la mortalitat que en altres fenòmens demogràfics en els quals les condicions socials i econòmiques i les decisions personals juguen un paper rellevant (Vinuesa et al, 1997).

A causa d'aquestes característiques, en l'estudi de la mortalitat han proliferat mètodes indirectes, on un cop acceptada la forta relació de la mortalitat entre edats successives, es pot deduir l'estructura completa d'una taula de mortalitat a partir del coneixement dels valors per algunes edats. Això podria ser útil en alguns països o períodes pels quals no disposéssim de tota la informació necessària sobre defuncions i població per poder calcular una taula de mortalitat completa.

Durant els anys 50 del segle XX es van començar a elaborar unes taules de mortalitat tipus o model, definides com a estructures de mortalitat per edat que no responen a cap població concreta, encara que s'obtenen per "destil·lació" de les característiques d'un gran nombre de taules pertanyents a poblacions reals. Aquestes taules de mortalitat s'utilitzen, per exemple, per poder fer projeccions sobre la mortalitat futura.

5.2. Taules Coale-Demeny

Les primeres taules de Coale i Demeny (1966) es van publicar l'any 1966 i constaven de 192 taules diferents, 96 per la població masculina i 96 per la població femenina, que es van denominar taules Oest, Nord, Est i Sud.

Per poder observar si existia un patró regular en el comportament de la mortalitat, o bé diferents patrons, els autors van examinar 326 taules de mortalitat, amb dades des de 1870 fins a 1965. Més del 60% de les taules analitzades corresponien a països europeus i només un 5% a països africans. L'anàlisi de les taules suggeria que un gran nombre d'elles seguien un patró, que van descriure com el patró usual de mortalitat, i que aquest es podria representar per una família de taules que incloïen dades d'Anglaterra i Gal·les i Estats Units, i que van anomenar les taules del sector Oest.

Altres taules seguien patrons diferents, així les del sector Nord provenien de Noruega, Suècia i Islàndia, que es caracteritzaven per una mortalitat infantil baixa i per sobre dels 45 anys, mentre que tenien una mortalitat relativament més alta en la infància (d'1 a 4 anys) i en els adults joves.

Les taules del sector Est mostraven, en canvi, una mortalitat infantil i de la infància relativament més grans, igual que en les edats més avançades, i corresponien a Àustria, Alemanya, Txecoslovàquia, Itàlia (excepte el sud), Hongria i Polònia.

Les taules del sector Sud es van derivar de l'experiència d'Espanya, Portugal i el nord d'Itàlia i eren semblants a les del sector Est, excepte per una mortalitat més elevada entre els 40 i els 60 anys.

Aquestes taules es van actualitzar el 1983, ja que no s'ajustaven a la reducció de la mortalitat que s'havia anat produint des dels anys 60 fins aquell moment. Es van elaborar unes noves taules a partir de les taxes de mortalitat més recents observades en les últimes dècades.

En les taules de mortalitat de 1966 l'última edat de la taula era de 80 anys, mentre que en les de 1983 s'amplia fins als 100 anys.

Els grans canvis respecte a les taules anteriors es van centrar en tres aspectes (Coale i Guo, 1989):

- Es va ajustar el mètode per estimar el comportament de la mortalitat més enllà dels 80 anys
- Les edats de la taula estaven compreses entre els 0 i els 100 anys i es van calcular amb unes esperances de vida al naixement per les dones més altes: en el sector Oest 77,5 i 80 anys; en el sector Est 72,5, 75, 77,5 i 80 anys; i 65, 67,5, 70, 72,5, 75, 77,5 i 80 anys en el sector Sud.
- Es presenten noves taules addicionals comuns a tots els sectors amb uns nivells d'esperança de vida per les dones encara més alts de 82,5 i 85 anys, que podrien resultar útils, per exemple, per fer projeccions de la mortalitat.

Les taules de mortalitat de Coale-Demeny de 1966 consideraven una mortalitat infantil i en les edats més avançades massa elevades i això es va corregir en les de 1983.

També en les noves taules es va estimar de manera diferent el comportament de la mortalitat en els homes, ja que les taxes de mortalitat masculines s'obtenen a partir de les taxes de mortalitat femenines multiplicades per unes ratios que van variant amb l'edat, en lloc d'estimar un model per separat en homes i en dones, com es va fer en les primeres taules.

5.3. Les taules de les Nacions Unides

Les primeres taules de mortalitat elaborades per les Nacions Unides van ser publicades el 1955. La finalitat d'aquestes primeres taules era establir patrons relativament senzills dels canvis en les taxes de mortalitat en els diferents grups d'edat durant la transició dels nivells de mortalitat d'alts a baixos i facilitar les estimacions de mortalitat per a països i regions del món on fins en aquell moment no s'havien elaborat estadístiques de mortalitat adequades.

Prèviament, s'havien recopilat un nombre considerable de taules de mortalitat nacionals corresponents al període comprès entre 1900 i 1950. A partir d'aquestes, es van seleccionar un total de 158 taules per a la realització de l'estudi. El gran gruix de les taules utilitzades per l'anàlisi de l'estudi corresponien a països europeus, americans i asiàtics, els quals representaven aproximadament un 60%, 18% i 13% del total, respectivament. Els països oceànics tenien una representació de poc més del 5% i els països africans no arribaven al 4%.

En aquesta primera publicació es van construir una sèrie de 40 models de taules de mortalitat que cobrien, en intervals aproximadament iguals, tota la gamma de variacions de mortalitat que existien en aquell moment. La primera sèrie de models, construïda amb ambdós sexes combinats, es va aplicar

amb les dades sobre les diferències de mortalitat per sexe en els diferents grups d'edat, per preparar les corresponents sèries de taules de mortalitat model per homes i dones per separat. Finalment, cadascuna de les tres sèries es va completar amb els valors corresponents a l'esperança de vida en néixer, calculats per separat per cada taula model. Els resultats obtinguts van ser coherents amb els nivells i tendències mitjos de la mortalitat humana observats en els diferents països del món durant els cinquanta anys del període d'estudi.

L'any 1982 es publiquen les segones taules de mortalitat model. Per aquesta publicació es va escollir com a model analític una variació de l'anàlisi clàssica de components principals. En aquest enfocament, els patrons d'edat de la mortalitat que componien el conjunt de dades d'entrada s'estratificaven en grups mitjançant procediments gràfics i estadístics, tenint cada grup un patró d'edat mitjà de mortalitat diferent. Seguidament, es va ajustar un model de components principals a les desviacions de cada patró d'edat de la mortalitat respecte a la mitjana del seu propi grup. El patró d'edat de la mortalitat per cada taula de vida d'entrada es va operar com el vector de valors $[{}_nq_x]$, la mitjana del clúster i les desviacions com les mitjanes simples dels valors logit $[{}_nq_x]$ dins del clúster i les desviacions de cada patró de la seva mitja del clúster com les diferències aritmètiques per cada grup d'edat. En tots els casos els grups d'edat van ser 0, 1-4, 5-9, 10-14, ..., 80-84, 85 i més.

Es van observar quatre grups de patrons clars i algunes taules de mortalitat que no encaixaven bé amb cap grup. Els quatre clústers eren els següents: el primer grup contenia les taules dels països llatinoamericans de Colòmbia, Costa Rica, el Salvador, Guatemala, Hondures, Mèxic i el Perú, així com els països no americans de Filipines, Sri Lanka i Tailàndia. El segon clúster era el patró molt distintiu de les taules de mortalitat xilenes. El tercer clúster estava format per les taules d'Índia, Iran, la zona de Bangladesh i Tunísia. El quart clúster estava format per les taules de Guyana, Hong Kong, la República de Corea, Singapur i Trinitat i Tobago entre la població masculina i, Guyana, Singapur i Trinitat i Tobago entre la població femenina. Els quatre patrons es van denominar patró llatinoamericà, patró xilè, patró sud-asiàtic i patró del Llunyà Orient, respectivament, segons la regió geogràfica que predomina en cada grup, a més a més d'un cinquè patró anomenat patró general que es va construir amb una mitjana de totes les taules de mortalitat sense tenir en compte el clúster.

Els diferencials per sexe en l'esperança de vida en néixer i als 10 anys per als països llatinoamericans van ser molt similars a l'experiència europea de Coale i Demeny. Els diferencials asiàtics diferien, ja que tots els països, excepte els de l'Extrem Orient, mostraven una mortalitat masculina relativament baixa i els països de l'Extrem Orient mostraven una mortalitat masculina relativament alta. En observar les diferències de sexe en l'esperança de vida en néixer per les altres regions, els diferencials per sexe de l'Àfrica subsahariana semblaven ser similars als dels països llatinoamericans en els nivells més alts de mortalitat, però s'ampliaven més ràpidament a mesura que la mortalitat disminuïa, de manera que en els nivells més baixos els diferencials de sexe de l'Àfrica subsahariana se situaven entre els de l'Amèrica Llatina i els de l'Extrem Orient.

Una primera extensió de les taules de vida model de Coale-Demeny de 1966 i 1989, i les Nacions Unides de 1982, es va elaborar per Thomas Buettner l'any 1998, la qual va ampliar els conjunts inicials de taules de mortalitat model d'una esperança de vida de 75 a 92,5 anys utilitzant l'enfocament clàssic de Lee-Carter per derivar patrons d'edat entremitjos.

Amb l'ampliació de l'horitzó de projecció per tots els països fins a 2100 com una part de la revisió de 2010 de les Perspectives de la Població Mundial de Nacions Unides, va ser necessari permetre que l'esperança de vida en néixer anés més enllà dels 92,5 anys. A més, una anàlisi de l'ampliació inicial de 1998 va revelar una desviació substancial de les prediccions fora de mostra en comparació amb l'experiència de la Human Mortality Database (HMD) a nivells de mortalitat molt baixos (especialment pels models Coale-Demeny), i la necessitat de millorar una transició més suau entre el conjunt existent de taules de mortalitat del model fins als 75 anys i la seva ampliació.

L'any 2010, a la Divisió de Població de Nacions Unides es va calcular un nou conjunt de taules de mortalitat model ampliat basat en l'enfocament de Lee-Carter amb modificacions i, després d'una validació creuada amb l'HMD, es van imposar restriccions per assegurar certa convergència cap a l'experiència de mortalitat de l'HMD en nivells alts d'esperança de vida al néixer. Les nou famílies de taules de vida model ampliat fins a una esperança de vida al néixer de 100 anys es van barrejar amb les existents per assegurar superfícies de mortalitat suaus per edat, sexe i nivells d'esperança de vida al naixement.

Actualment, les Nacions Unides publica els resultats de totes les taules de mortalitat tipus, tant les pròpies de l'organisme com les de Coale-Demeny.

Es poden consultar taules completes i abreujades, amb variacions en l'esperança de vida al naixement d'1 o 2,5 anys.

La variable de partida per construir la taula de mortalitat és la taxa de mortalitat ${}_n m_x$ i a partir d'aquí es deriven la resta de variables de la taula, segons les expressions:

$${}_n q_x = \frac{n \cdot {}_n m_x}{1 + (n - {}_n a_x) \cdot {}_n m_x}$$

Per calcular la variable ${}_n a_x$ es fan diferents consideracions:

Per $x > 15$, ${}_n a_x = 2,5 - \frac{25}{12} \cdot ({}_n m_x - k)$, sent $k = \frac{1}{10} \cdot \ln\left(\frac{{}_n m_{x+5}}{{}_n m_{x-5}}\right)$

Per $x = 5,10$, ${}_n a_x = 2,5$

Per $x < 5$, s'utilitzen unes relacions del model Oest de Coale-Demeny, de manera que:

- Quan $q_0 \geq 0,1$, a_0 és igual a 0,33 pels nens i 0,35 per les nenes, mentre que ${}_4 a_1$ és igual a 1,352 pels nens i 1,361 per les nenes
- Quan $q_0 < 0,1$, $a_0 = 0,0425 + 2,875 \cdot q_0$ pels nens i $a_0 = 0,050 + 3 \cdot q_0$ per les nenes, mentre que ${}_4 a_1 = 1,653 - 3,013 \cdot q_0$ pels nens i ${}_4 a_1 = 1,524 - 1,627 \cdot q_0$ per les nenes.

$$l_{x+n} = l_x \cdot (1 - {}_n q_x)$$

$${}_n d_x = l_x - l_{x+n}$$

$${}_n L_x = {}_n a_x \cdot l_x + (n - {}_n a_x) \cdot l_{x+n}$$

$$T_x = \sum_x^{\omega} nL_x$$

$$e_x = \frac{T_x}{l_x}.$$

En l'última versió de les taules de mortalitat, a diferència de les anteriors, s'han derivat les taules abreujades a partir de les taules anuals.

5.4. Aplicacions

Segons la definició de l'INE, les Projeccions de Població constitueixen una simulació estadística de la població que residirà a Espanya, les seves comunitats autònomes i províncies en els pròxims anys, així com de l'evolució de cada un dels fenòmens demogràfics bàsics associats, en cas que es mantinguin les tendències i comportaments demogràfics actualment observats.

L'INE publica resultats cada dos anys, amb un horitzó projectiu de cinquanta anys pel total nacional i de quinze anys per a les comunitats autònomes i les províncies, segons les característiques bàsiques, que són el sexe, l'edat i la generació. D'aquesta manera, els resultats proporcionen la xifra de població resident a Espanya a 1 de gener de cada any del període estudiat, i la població resident en cadascuna de les comunitats autònomes i províncies. També proporcionen els esdeveniments demogràfics (naixements, defuncions i moviments migratoris) que han donat lloc a l'evolució del volum i estructura de la població en cadascun dels àmbits geogràfics considerats que tals xifres poblacionals representen.

Des de l'any 2018, ha canviat la metodologia de projecció de la incidència de la mortalitat a Espanya, que es duu a terme a partir d'una projecció d'acord amb el nivell general sintetitzat per l'esperança de vida al naixement i es deriven posteriorment taules de mortalitat d'acord amb aquests valors mitjançant l'ús de taules tipus. Es desenvolupa en les següents etapes:

1. Es projecta l'esperança de vida al naixement per cadascun dels anys del període projectiu mitjançant una regressió lineal d'una funció logística davant el temps, fins a un màxim que s'assoliria en un futur teòric fixat en l'infinit. S'utilitza la funció logit recomanada pel Banc Mundial:

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

2. El valor màxim de l'esperança de vida al naixement és aquell valor que permet que en l'últim any del període projectiu sigui igual a la mitjana aritmètica de les respostes donades pels experts als quals es va consultar per realitzar les projeccions
3. El valor mínim de l'esperança de vida al naixement és aquell que proporcioni el millor ajust al ser associat amb el valor màxim que es consideri com a límit
4. L'estimació per MCO dels paràmetres α i β s'obté del model lineal:

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

L'evolució de la funció logit de l'esperança de vida observada proporcionarà una estimació de l'esperança de vida al naixement per cadascun dels anys del període projectiu substituïnt en la següent equació:

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

5. Es realitza una distribució progressiva de vint anys per les dones i de quaranta anys pels homes, de la diferència obtinguda entre l'esperança de vida al naixement observada i l'estimada per l'últim any observat. L'objectiu d'aquesta etapa és afinar més la projecció de l'esperança de vida al naixement de cada any del període projectiu donada per la funció logit.

A continuació, es projecta la taula de mortalitat de cada un dels anys del període projectiu adequat al nivell d'esperança de vida al naixement que s'ha projectat a partir de la regressió de les etapes 4 i 5 anteriors mitjançant l'ús de taules tipus de mortalitat. Es desenvolupa en les següents etapes:

1. La sèrie de riscos de mortalitat q_x projectada per l'últim any del període projectiu s'obté per interpolació lineal entre les Taules Tipus de Coale i Demeny publicades per les Nacions Unides, sector Est pels homes i sector Oest per les dones, que determinen l'interval d'un any d'amplitud $[e_1, e_1 + 1]$, essent e_1 la part sencera del nivell d'esperança de vida al naixement projectat per la regressió logit per l'últim any del període projectiu. Dit d'una altra manera, s'obté la mitjana d'anys viscuts l'últim any de vida a_x per l'últim any del període projectiu
2. Les sèries q_x i a_x corresponents a cadascun dels anys del període projectiu s'obtenen mitjançant interpolació lineal entre les sèries corresponents a l'últim any observat i les projectades per l'últim any del període projectiu. Per tal de no arrossegar les fluctuacions conjunturals de la mortalitat, q_x i a_x se suavitzen dues vegades mitjançant un procés de mitges mòbils d'ordre 5
3. A partir de q_x i a_x es deriven les restants funcions biomètriques d'una taula de mortalitat completa.

Partint d'una generació fictícia de $l_{s,0} = 100.000$ individus, per cada sexe s , es calculen les següents variables per edat x , essent $x = 0,1,2, \dots, 99,100$:

- Els supervivents a cada edat exacta x :

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

- Les defuncions entre dues edats exactes x i $x+1$:

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

- Els anys viscuts amb edat x o població estacionària d'edat x :

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

- Les taxes de mortalitat per generació, corresponents a les edats $x = 0,1,2, \dots, 99,100$ a 1 de gener de l'any $t+1$:

Per $x = 0$,

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

Per $x = 0,1,2, \dots, 99$,

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

Per $x = 100 +$,

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

- El temps viscut des de l'edat x :

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

- L'esperança de vida a cada edat exacta x :

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

L'any 2018, l'INE va publicar les Projeccions de Població d'Espanya per al període comprès entre 2018 i 2068. En aquest estudi es va concloure que l'esperança al naixement assoliria l'any 2033 els 82,9 anys en els homes i els 87,7 anys en les dones, aconseguint així un guany de 2,5 i 1,9 anys respectivament, respecte als valors que es tenien en aquell moment. De la mateixa manera, un home que assolís l'edat de 65 anys al 2033 viuria de mitjana 20,7 anys més, davant dels 19,1 anys de supervivència del moment, mentre que una dona que assolís aquesta mateixa edat el 2033 viuria 24,4 anys més de mitjana, davant dels 23 anys de supervivència que es tenien en aquell moment. També es va observar que encara que l'esperança de vida anés en augment, el nombre de defuncions continuaria creixent durant tot el període projectat a causa de l'envelliment poblacional. Es va preveure que pel període de 2018 a 2032 s'arribaria a registrar una mica més de sis milions i mig de defuncions, un 14,7% més que les vistes en els 15 anys previs (2003-2017) i, que l'any 2032 es produirien 470.378 defuncions entre els residents a Espanya, davant dels 421.269 de l'any 2017.

Dos anys més tard, l'INE torna a publicar unes noves Projeccions de Població, pel període de 2020 a 2070, però en aquest cas va aparèixer l'efecte de la COVID-19. Aquest fenomen va reflectir una disminució conjuntural de l'esperança de vida al naixement el 2020, estimant així que baixaria en 0,9 anys en els homes i en 0,8 anys en les dones. Es va concloure també que l'esperança de vida al naixement assoliria l'any 2069 els 85,8 anys en els homes i els 90,0 en les dones, amb un guany de 4,9 i 3,8 anys respectivament i, que l'esperança de vida per les persones amb 65 anys al 2069 seria de 22,5 anys pels homes i de 26,3 per les dones, essent 3,8 i 3,6 anys més que els valors d'aquell moment.

Recentment, l'octubre de 2022, l'INE ha publicat els resultats de les projeccions 2022-2072, segons les quals l'esperança de vida al naixement al 2022, primer any de projecció, serà de 80,24 anys pels homes i 85,86 anys per les dones, recuperant la tendència a augmentar després de disminuir en els dos últims anys observats per l'efecte de la COVID-19. Al final del període projectiu els homes hauran guanyat 5,79 anys de vida i les dones 4,22 anys. En el cas de les dones s'arribarà a assolir un valor de 90,05 anys en l'esperança de vida al naixement el 2071.

Als 65 anys també augmentarà l'esperança de vida en els pròxims vint anys i els guanys seran de 3,69 anys pels homes i 3,23 anys per les dones. S'espera que l'any 2071 els homes supervivents als 65 anys encara viuran 22,72 anys més i les dones supervivents a aquella edat tindran una esperança de vida de 26,30 anys.

6. COMPARATIVA TAULES DE MORTALITAT D'ESPANYA

En aquest capítol es realitzen un conjunt de comparatives de diverses taules de mortalitat per observar quines són les diferències que presenten.

Els aspectes que es volen comparar són diversos:

- les diferències de la mortalitat entre homes i dones
- el comportament de la mortalitat segons si es fa una anàlisi de període o de cohort
- l'ajust de les taules de mortalitat tipus al comportament de la mortalitat a Espanya
- les diferències en el comportament de la mortalitat actual i la mortalitat de fa un segle
- les diferències en el comportament de la mortalitat actual i la mortalitat projectada d'aquí a mig segle
- l'ajust de la mortalitat actual segons el model de Lee Carter
- el comportament de la mortalitat d'una generació segons les taules dinàmiques.

En general, la variable utilitzada per comparar la mortalitat ha estat la taxa específica de mortalitat per edat, ja que és la variable a partir de la qual s'obtenen la resta de variables en una taula de mortalitat. Donat que els valors que pren aquesta taxa són molt diferents segons l'edat, en el cas de l'estudi de les taules completes s'han segmentat les comparacions en quatre grups d'edat per observar de manera més eficient les diferències presents. Els rangs d'edat seleccionats han estat de 0 a 30 anys, de 31 a 65 anys, de 66 a 80 anys i de 81 a 100 anys o més. En el cas de les taules abreujades, en presentar les dades ja segmentades en grups d'edat quinquennals, es poden veure de manera clara les diferències i s'han fet gràfics que inclouen tots els rangs d'edat de la taula.

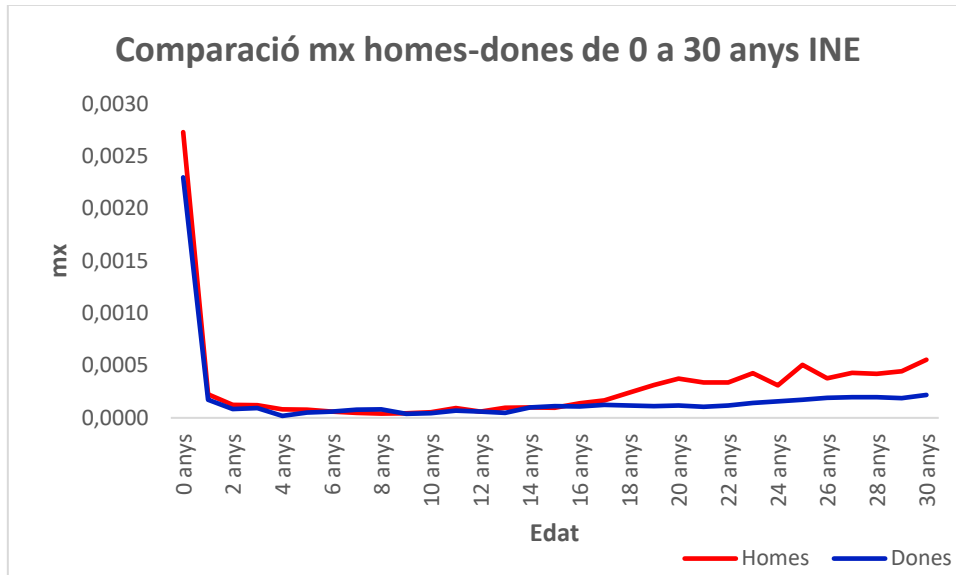
Cal esmentar que en la comparació de les taules de mortalitat de l'INE per homes i dones l'any 2020 s'han utilitzat també altres variables, com el nombre de supervivents i l'esperança de vida. Les taules de l'INE es construeixen a partir de les dades de defuncions i població recollides en les fonts de dades oficials i aquestes dades són també les que proporciona aquest organisme a l'Eurostat o les que fa servir l'HMD per fer els seus càlculs, de manera que els resultats que ofereixen aquestes taules de mortalitat per l'any 2020 són iguals. L'única diferència entre elles seria l'edat màxima que es fixa, en el cas de l'INE és de 100 anys i més, en l'Eurostat és de 85 anys i més, mentre que les taules de l'HMD s'arriba fins als 110 anys i més.

6.1. Taula de mortalitat INE 2020 Homes vs Dones

En aquest primer apartat es realitza una comparativa de les taules de mortalitat de l'INE sobre la població a Espanya l'any 2020 observant les diferències que presenten la població masculina i femenina entre si. Per fer-ho s'analitza la taxa específica de mortalitat, el nombre de supervivents i l'esperança de vida en cada edat.

Primerament, es presenta una comparativa gràfica de les taxes específiques de mortalitat d'homes i de dones en quatre trams d'edat: de 0 a 30 anys, de 31 a 65 anys, de 66 a 80 anys i de 80 anys fins a 100 anys i més.

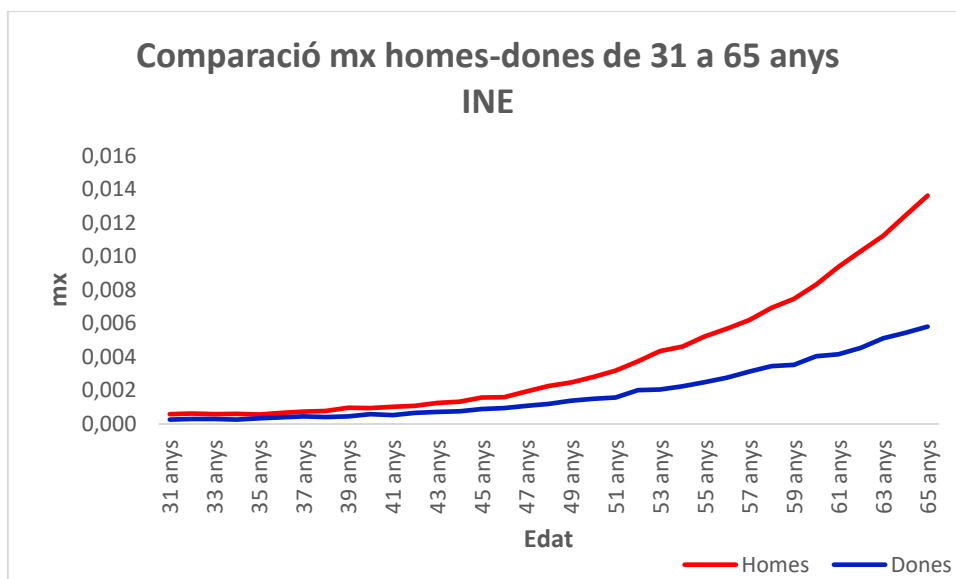
Gràfic 6.1. Taxes específiques de mortalitat de 0 a 30 anys masculines i femenines INE any 2020.



Font: INE, taules de mortalitat. Elaboració pròpia.

Com es pot observar, en l'edat 0 la mortalitat infantil és més elevada en els nens que en les nenes. Fins als 16 anys les dues sèries presenten valors molt baixos i pràcticament iguals en ambdós sexes, però a partir d'aquella edat i fins als 30 anys les taxes masculines prenen valors més alts que les taxes femenines, que es mantenen més estables.

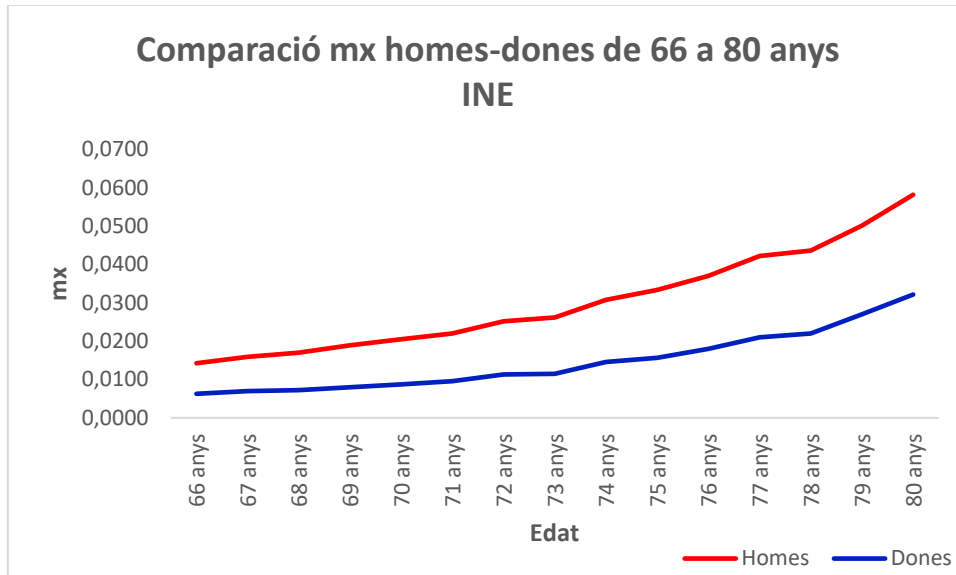
Gràfic 6.2. Taxes específiques de mortalitat de 31 a 65 anys masculines i femenines INE any 2020.



Font: INE, taules de mortalitat. Elaboració pròpia.

En el gràfic anterior es pot veure com les taxes de mortalitat en els homes es mantenen per sobre al de les dones des dels 31 fins als 65 anys, però es fa evident que a partir dels 45 anys les taxes masculines creixen a un ritme més alt que les femenines.

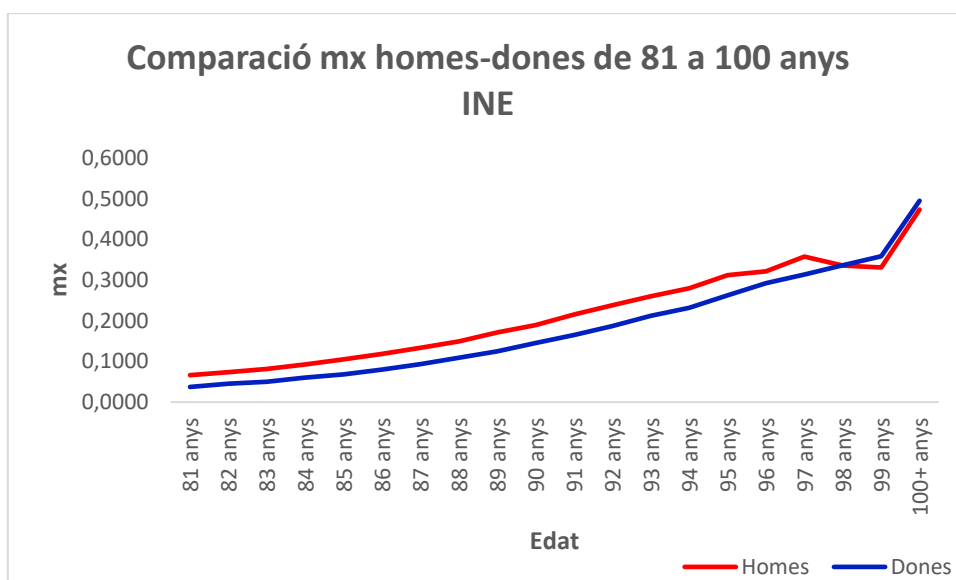
Gràfic 6.3. Taxes específiques de mortalitat de 66 a 80 anys masculines i femenines INE any 2020.



Font: INE, taules de mortalitat. Elaboració pròpia.

Entre els 66 i els 80 anys les taxes de mortalitat tenen una evolució similar en homes i en dones pel que fa al seu creixement i es manté la bretxa entre sexes, que es va eixamplant amb l'edat.

Gràfic 6.4. Taxes específiques de mortalitat de 81 a 100 anys i més masculines i femenines INE any 2020.

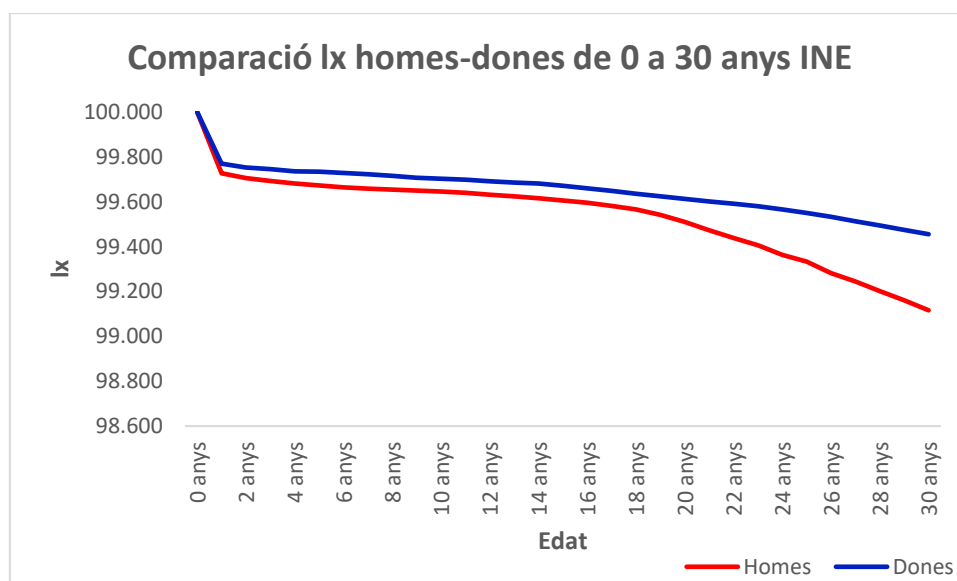


Font: INE, taules de mortalitat. Elaboració pròpia.

A partir dels 81 anys les taxes masculines i femenines segueixen la mateixa tendència i es manté bastant estable la diferència entre sexes.

A continuació es presenta l'evolució de la generació inicial de 100.000 individus (homes i dones) a mesura que la incidència de la mortalitat va reduint aquest el nombre de supervivents.

Gràfic 6.5. Nombre de supervivents de 0 a 30 anys masculins i femenins INE any 2020.

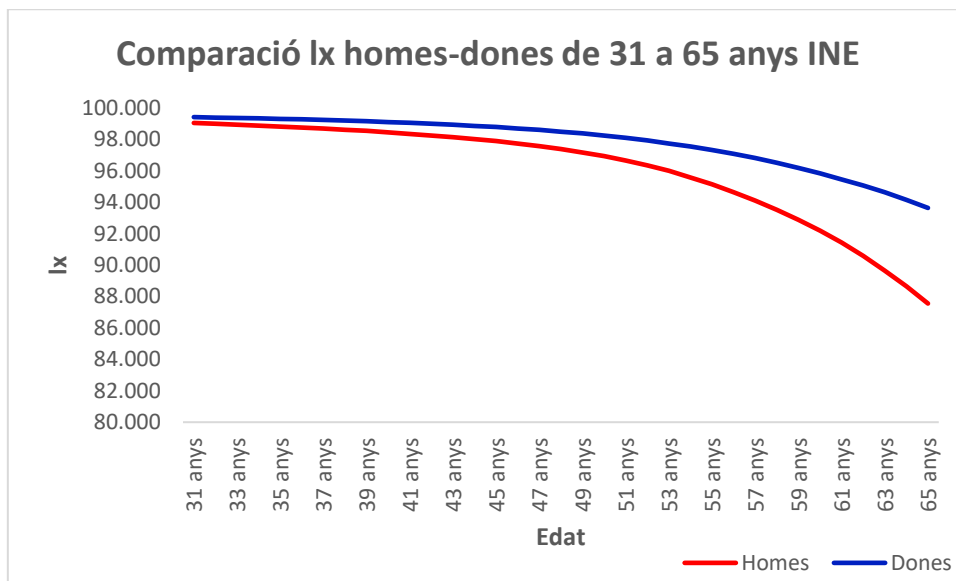


Font: INE, taules de mortalitat. Elaboració pròpia.

Durant el primer any de vida la generació d'homes disminueix més que la generació de dones, de manera que dels 100.000 homes nascuts el 2020 n'arribarien vius 99.728 a l'edat d'1 any, mentre que en el cas de les dones aquesta xifra de supervivents es trobaria a l'edat de 6 anys. Després l'evolució és similar fins als 16 anys, quan hi ha 99.596 homes i 99.660 dones. A partir d'aquella edat el nombre d'homes supervivents decau amb més intensitat que el nombre de dones supervivents, i als 30 anys hi hauria 99.116 supervivents masculins i 99.456 supervivents femenines de les respectives generacions inicials.

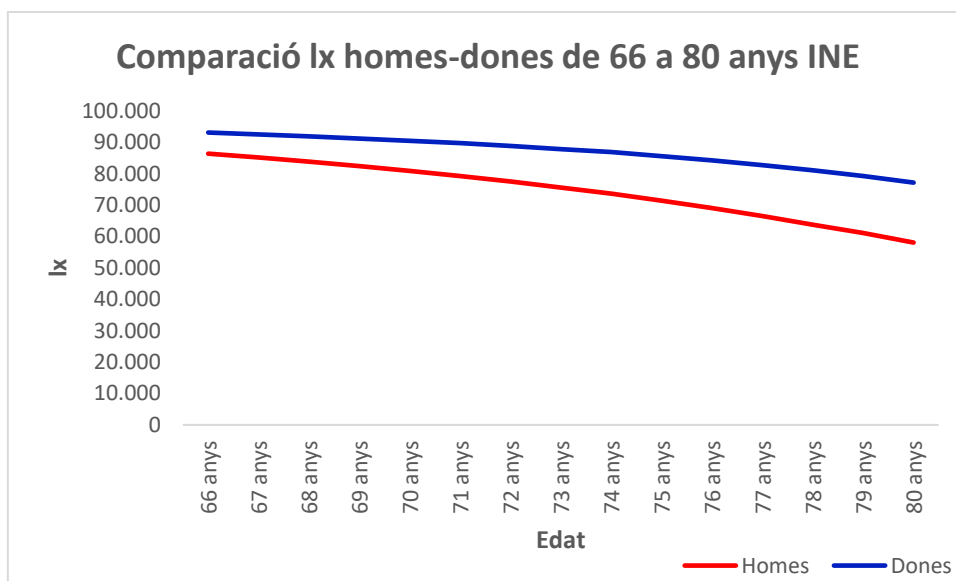
En el següent gràfic cal destacar que el nombre de supervivents masculins als 31 anys coincideix amb el nombre de supervivents femenines als 41 anys, amb un valor de 99.061. El ritme de decreixement dels supervivents masculins i femenins és similar entre els 31 i els 41 anys, però a partir d'aquella edat i fins als 65 anys hi ha una reducció més dràstica en el cas dels homes que en el cas de les dones. Als 31 anys hi ha una diferència de 373 entre els supervivents femenins i masculins, als 41 anys aquesta diferència és de 698 individus i als 65 anys ja s'amplia fins als 6.088 individus. Als 65 anys hi ha 87.559 homes vius de la generació inicial i 93.647 dones vives de la generació inicial.

Gràfic 6.6. Nombre de supervivents de 31 a 65 anys masculins i femenins INE any 2020.



Font: INE, taules de mortalitat. Elaboració pròpia.

Gràfic 6.7. Nombre de supervivents de 66 a 80 anys masculins i femenins INE any 2020.

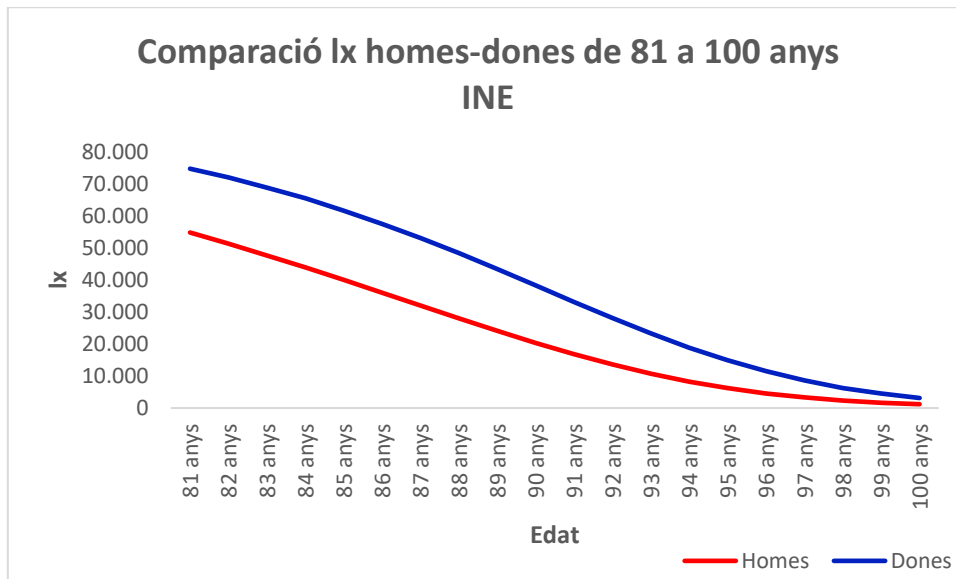


Font: INE, taules de mortalitat. Elaboració pròpia.

Entre els 66 i els 80 anys es va eixamplant la bretxa entre gèneres en el nombre de supervivents, passant d'una diferència de 6.729 individus als 66 anys a gairebé el triple, 19.090 individus als 80 anys. A aquesta edat els homes supervivents són 58.067 mentre que les dones supervivents són 77.157 (aquesta xifra en el cas dels homes es trobaria als 72 anys).

Com es pot veure en el següent gràfic, a partir dels 81 anys la corba de supervivents masculins i la corba de supervivents femenines va decreixent a un ritme similar, però, tot i això, en l'última edat de la taula, als 100 anys, hi ha quasi el triple de dones supervivents (3.131) que d'homes supervivents (1.195) de la generació inicial.

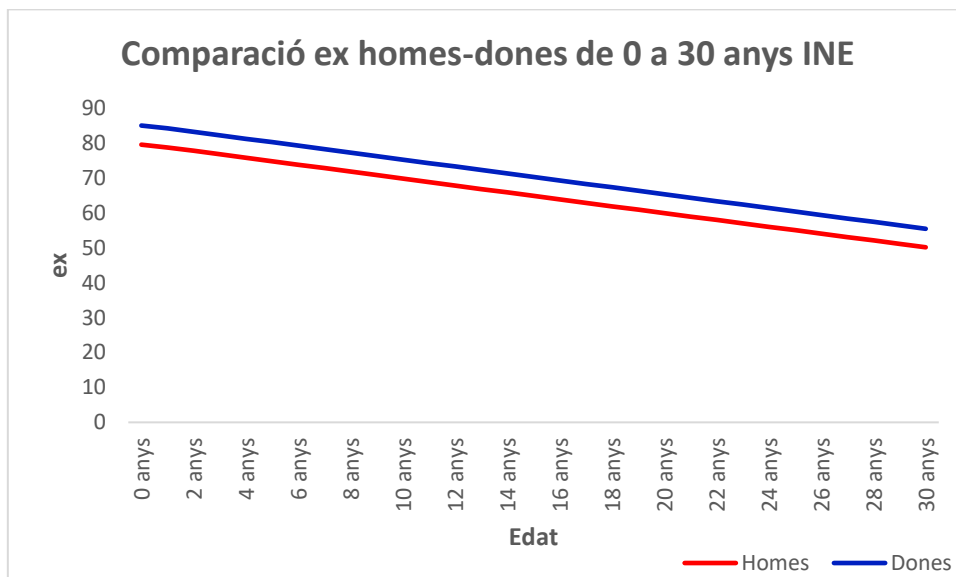
Gràfic 6.8. Nombre de supervivents de 81 a 100 anys masculins i femenins INE any 2020.



Font: INE, taules de mortalitat. Elaboració pròpia.

Finalment, es mostra una comparació entre homes i dones per a cada edat anual de l'esperança de vida de les taules de mortalitat de l'INE de la població a Espanya l'any 2020. Cal recordar que aquests valors indicarien el nombre mitjà d'anys de vida futura a aquella edat si la mortalitat, a partir d'aquella edat i fins a l'última edat de la taula, es comportés igual que l'any 2020.

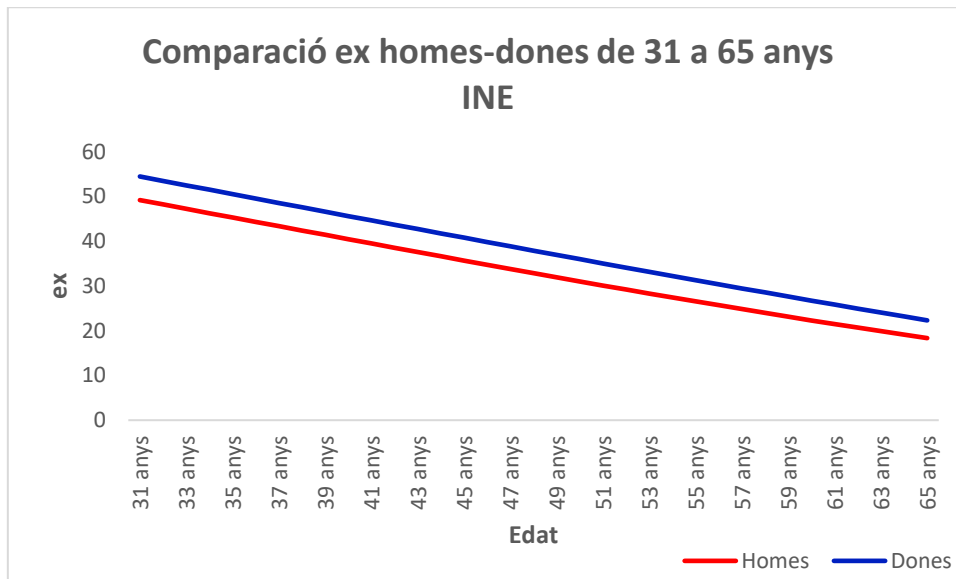
Gràfic 6.9. Esperança de vida de 0 a 30 anys masculina i femenina INE any 2020.



Font: INE, taules de mortalitat. Elaboració pròpia.

Per un home nascut el 2020 l'esperança de vida seria de 79,6 anys mentre que per una dona nascuda aquell any seria de 85,1 anys, per tant, hi ha una diferència de 5,5 anys. Ambdós valors van disminuint a un ritme molt semblant, de manera que als 30 anys la diferència és de 5,3 anys.

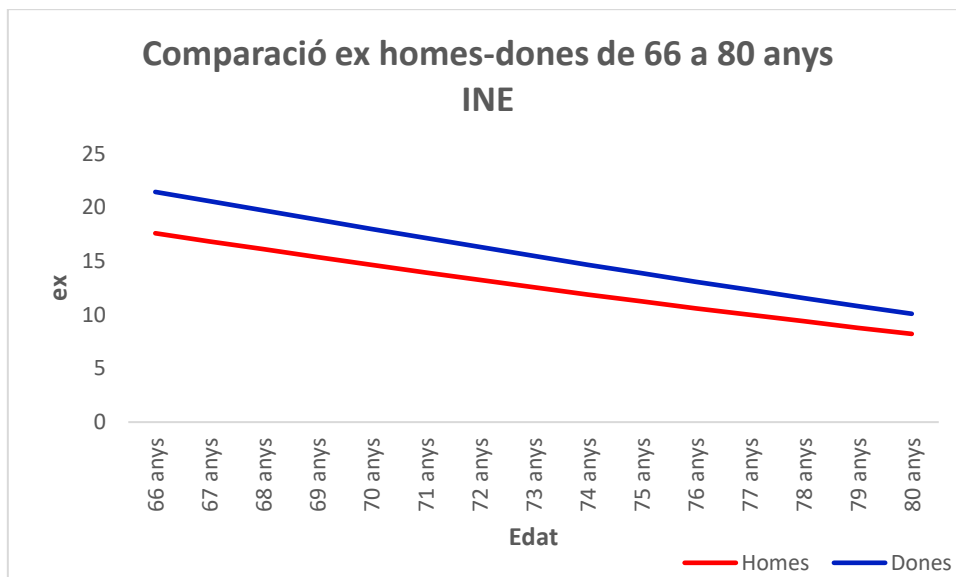
Gràfic 6.10. Esperança de vida de 31 a 65 anys masculina i femenina INE any 2020.



Font: INE, taules de mortalitat. Elaboració pròpia.

Entre els 31 i els 65 anys els gràfics de l'evolució de l'esperança de vida van seguint la mateixa trajectòria. Als 31 anys l'esperança de vida d'un home és de 49,2 anys i per una dona és de 54,5 anys. A l'arribar als 65 anys un home s'espera que visqui encara 18,3 anys més i en el cas de les dones anys 22,3 anys més. La bretxa entre gèneres es va reduint, als 31 anys és gairebé de 5 anys mentre que als 65 anys la diferència és de 4 anys.

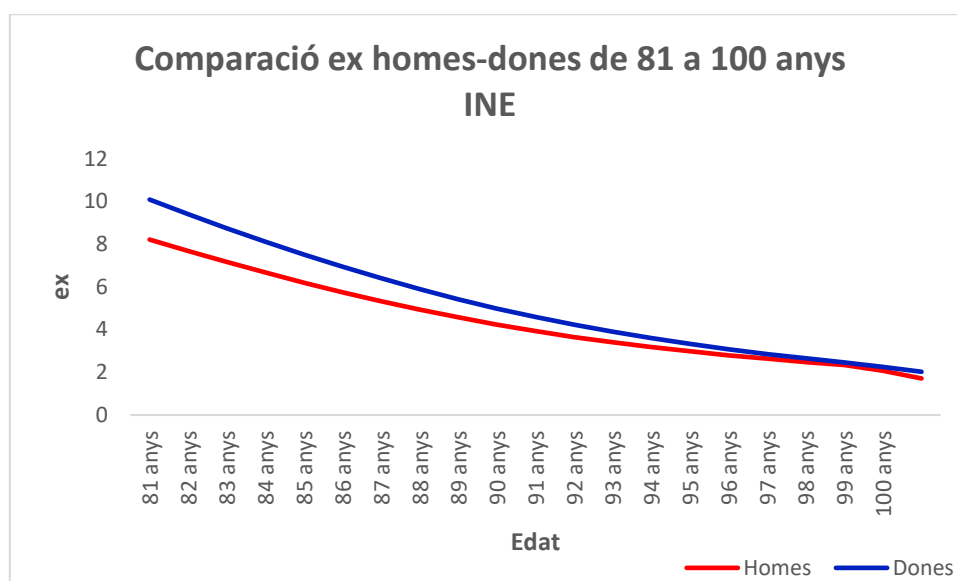
Gràfic 6.11. Esperança de vida de 66 a 80 anys masculina i femenina INE any 2020.



Font: INE, taules de mortalitat. Elaboració pròpia.

Entre els 66 i els 80 anys s'aprecia amb més claredat que la diferència entre l'esperança de vida en homes i dones va disminuint amb el pas de les edats. Als 80 anys l'esperança de vida per un home seria de 8,2 anys i per una dona seria de 10,1 anys, per tant, hi ha 2 anys de diferència.

Gràfic 6.12. Esperança de vida de 81 a 100 anys masculina i femenina INE any 2020.



Font: INE, taules de mortalitat. Elaboració pròpia.

En les últimes edats de la taula es van acostant les esperances de vida, ja són bastant semblants en homes i en dones. Cal recordar que encara que l'última edat considerada en la taula sigui 100 anys, als que arriben vius a aquella edat encara els hi queden anys de vida futura, en mitjana són 1,7 anys pels homes i 2 anys per les dones.

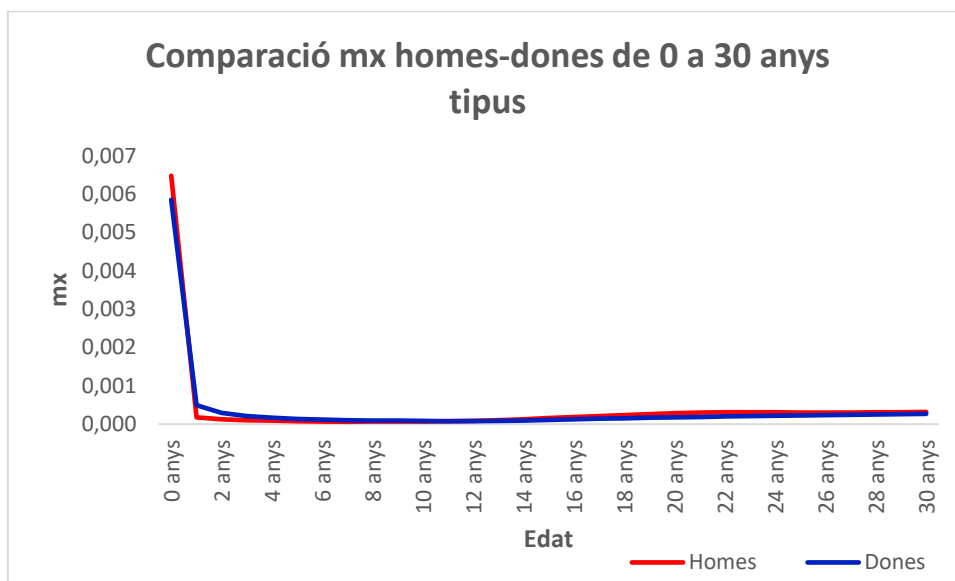
6.2. Taula de mortalitat tipus homes vs dones

Com s'ha vist en el capítol 5 d'aquest treball, l'INE utilitza les taules de mortalitat tipus en les seves projeccions de mortalitat, quan es realitzen les projeccions de població a Espanya.

En el cas dels homes, la taula tipus que s'aplica és la del Sector Est de Coale-Demeny mentre que en el cas de les dones s'aplica la del Sector Oest.

A continuació es presenta una comparativa gràfica per observar les diferències que existeixen en les taxes específiques de mortalitat entre la població masculina i femenina per aquestes taules de mortalitat tipus de Coale-Demeny, agafant en el cas dels homes la taula que obté una esperança de vida al naixement de 80 anys i en el cas de les dones la que obté una esperança de vida al naixement de 85 anys, que són, aproximadament, els valors de l'esperança de vida al naixement d'homes i dones respectivament, a Espanya l'any 2020.

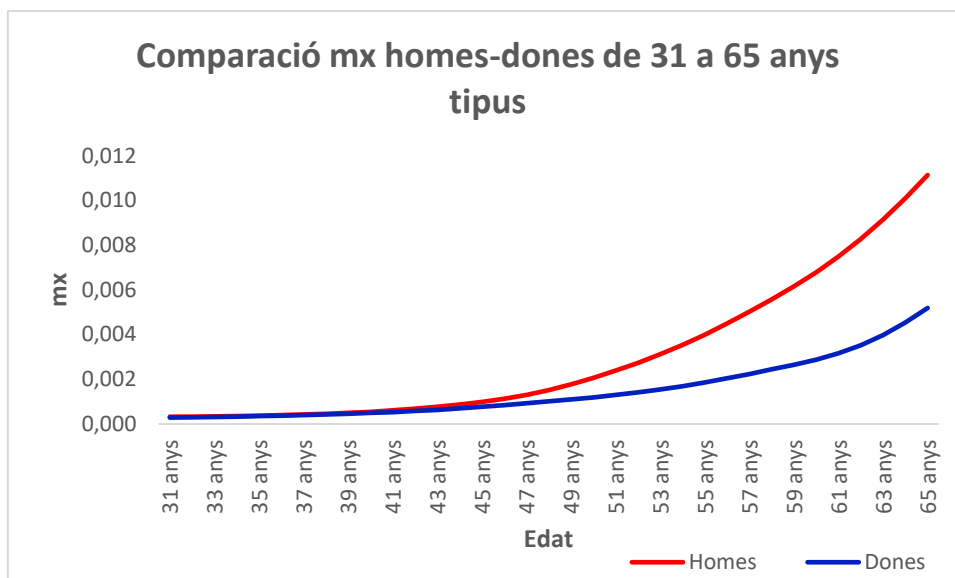
Gràfic 6.13. Taxes específiques de mortalitat de 0 a 30 anys masculines i femenines taules tipus.



Font: Nacions Unides, taules de mortalitat tipus. Elaboració pròpia.

Es pot observar en el gràfic que a l'edat de 0 anys la taxa de mortalitat és superior en els homes que en les dones, i en la resta d'edats fins als 30 anys els valors són molt similars. En canvi, tal com s'ha vist al comparar les taules de l'INE, segons la mortalitat vista a Espanya l'any 2020, les taxes de mortalitat masculines eren superiors a les femenines entre els 16 i els 30 anys.

Gràfic 6.14. Taxes específiques de mortalitat de 31 a 65 anys masculines i femenines taules tipus.

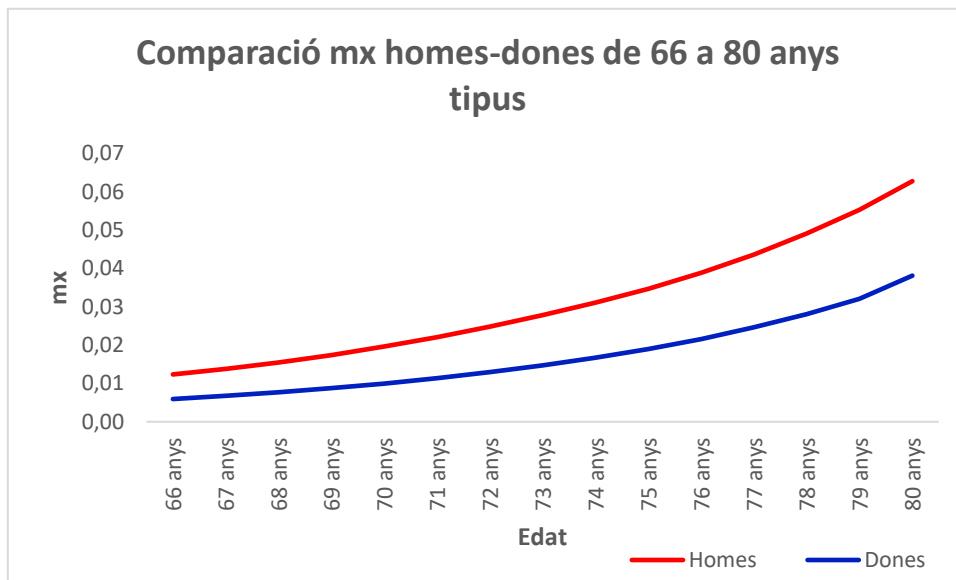


Font: Nacions Unides, taules de mortalitat tipus. Elaboració pròpia.

Fins als 45 anys les taxes de mortalitat en homes i dones segons les taules tipus són semblants, els gràfics se sobreposen, i a partir d'aquella edat les taxes masculines creixen a un major ritme que les taxes femenines. Aquesta diferència en l'augment de les taxes a partir dels 45 anys ja s'ha observat també en comparar les dades de l'INE, però en aquest cas entre els 31 i els 45 anys es podia diferenciar

que les taxes masculines eren lleugerament superiors a les femenines, ja que no se sobreposaven els gràfics.

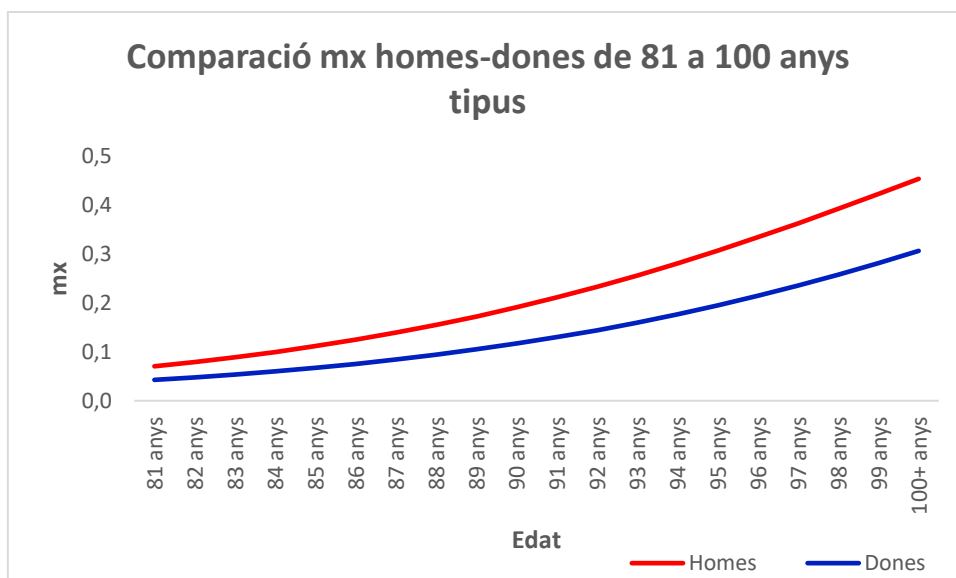
Gràfic 6.15. Taxes específiques de mortalitat de 66 a 80 anys masculines i femenines taules tipus.



Font: Nacions Unides, taules de mortalitat tipus. Elaboració pròpia.

Entre els 66 i els 80 anys les taxes masculines continuen augmentant amb més intensitat que les taxes femenines, la bretxa entre els dos gràfics s'eixampla a mesura que avancen les edats. En el cas de les taules de l'INE també s'observava aquest fet.

Gràfic 6.16. Taxes específiques de mortalitat de 81 a 100 anys i més masculines i femenines taules tipus.



Font: Nacions Unides, taules de mortalitat tipus. Elaboració pròpia.

Igual que en el gràfic anterior, a mesura que augmenta l'edat a partir dels 81 anys, va augmentant la diferència entre les taxes masculines i les taxes femenines. En canvi, segons la mortalitat observada a

Espanya l'any 2020, aquest fet no es donaria, ja que al comparar els gràfics de les taules de l'INE es pot comprovar com les dues sèries de dades segueixen una evolució similar i es va mantenint constant la diferència entre homes i dones.

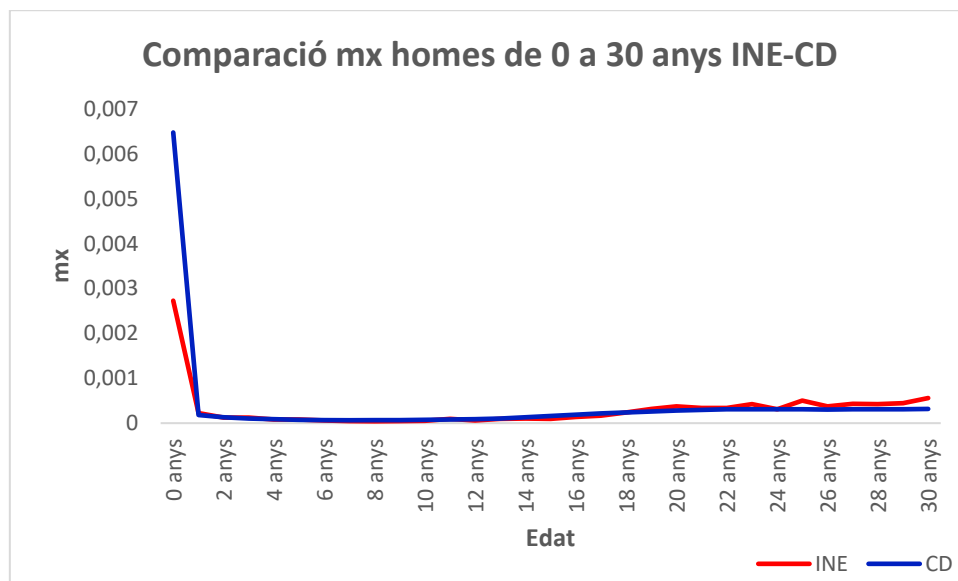
6.3. Taula de mortalitat tipus vs INE

En els dos apartats anteriors s'ha estudiat les diferències que hi ha entre homes i dones en les taules de mortalitat de l'INE per l'any 2020 i en les taules de mortalitat tipus de Coale-Demeny, tenint en compte que en ambdós casos (INE i Coale-Demeny) l'esperança de vida al naixement per homes i dones serien iguals.

A continuació es fa la comparativa entre les taules de mortalitat de l'INE per l'any 2020 i les taules de mortalitat tipus.

En primer lloc, per a la població masculina es comparen les taxes de mortalitat segons l'INE i la taula de mortalitat tipus del Sector Est amb una esperança de vida al naixement igual a 80 anys.

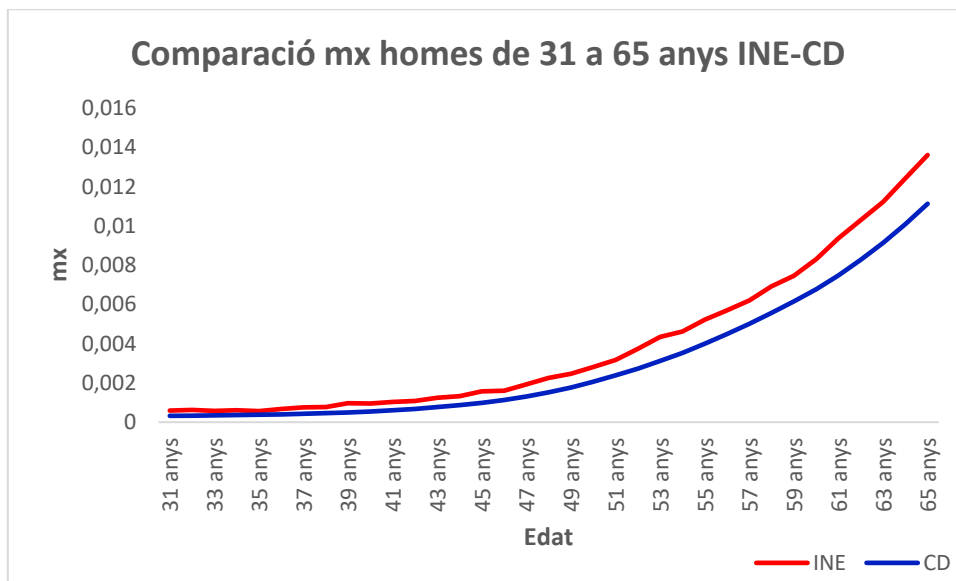
Gràfic 6.17. Taxes específiques de mortalitat de 0 a 30 anys masculines INE any 2020 i taula tipus.



Font: INE i Nacions Unides, taules de mortalitat. Elaboració pròpia.

La primera gran diferència s'observa en la taxa de mortalitat als 0 anys, aquesta és molt més elevada en la taula de mortalitat tipus de Coale-Demeny que en la de l'INE. La primera presenta un valor de 0,00648, mentre que la segona presenta un valor de 0,00273, és a dir, que el valor de la taula tipus és gairebé tres vegades superior al de l'INE. A l'edat d'un any aquestes dues taxes s'igualen i prenen valors més o menys similars en les edats restants.

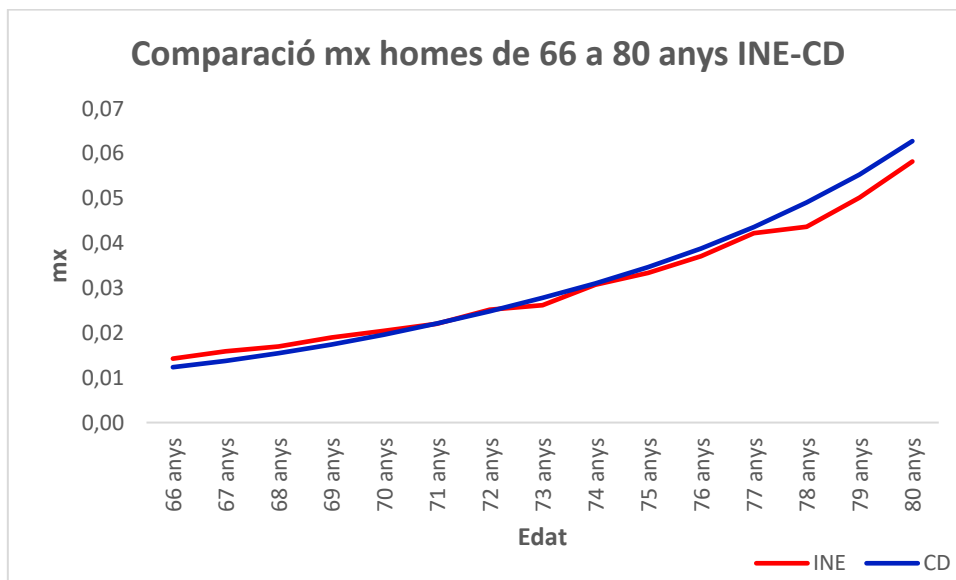
Gràfic 6.18. Taxes específiques de mortalitat de 31 a 65 anys masculines INE any 2020 i taula tipus.



Font: INE i Nacions Unides, taules de mortalitat. Elaboració pròpia.

Entre els 31 i els 65 anys s'observa clarament que segons la taula tipus se subestimen les taxes de mortalitat masculines observades a Espanya per l'any 2020 i aquesta diferència augmenta a partir dels 45 anys, quan en ambdós casos les taxes experimenten un fort creixement.

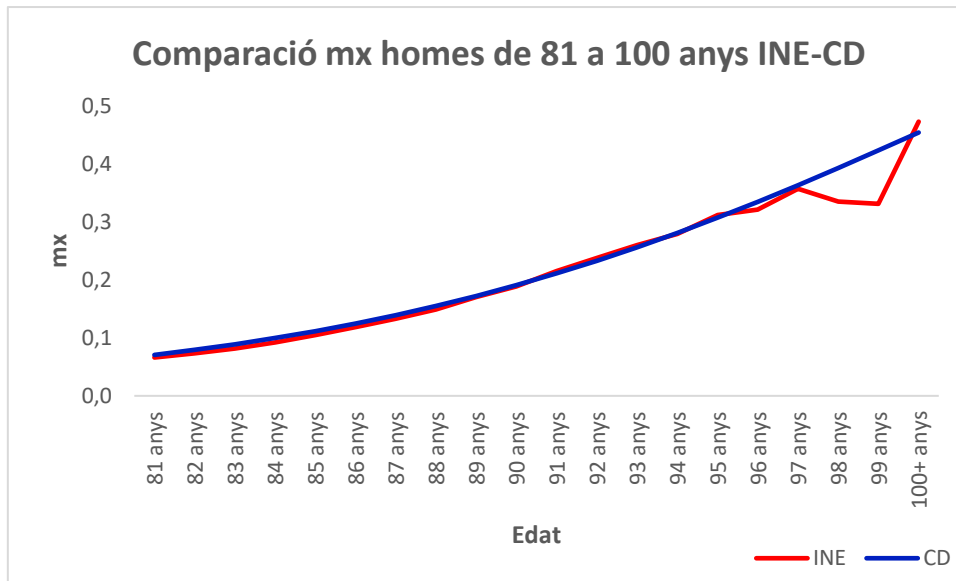
Gràfic 6.19. Taxes específiques de mortalitat de 66 a 80 anys masculines INE any 2020 i taula tipus.



Font: INE i Nacions Unides, taules de mortalitat. Elaboració pròpia.

Si es comparen les taxes de mortalitat dels homes segons la taula tipus i segons l'INE entre els 66 i els 80 anys es pot veure que dels 66 als 70 anys la mortalitat observada és lleugerament superior a la que ofereix la taula tipus mentre que a partir dels 72 anys les taxes de la taula tipus superen a les de l'INE, sobretot hi ha una major diferència en els valors de les edats més avançades.

Gràfic 6.20. Taxes específiques de mortalitat de 81 a 100 anys i més masculines INE any 2020 i taula tipus.

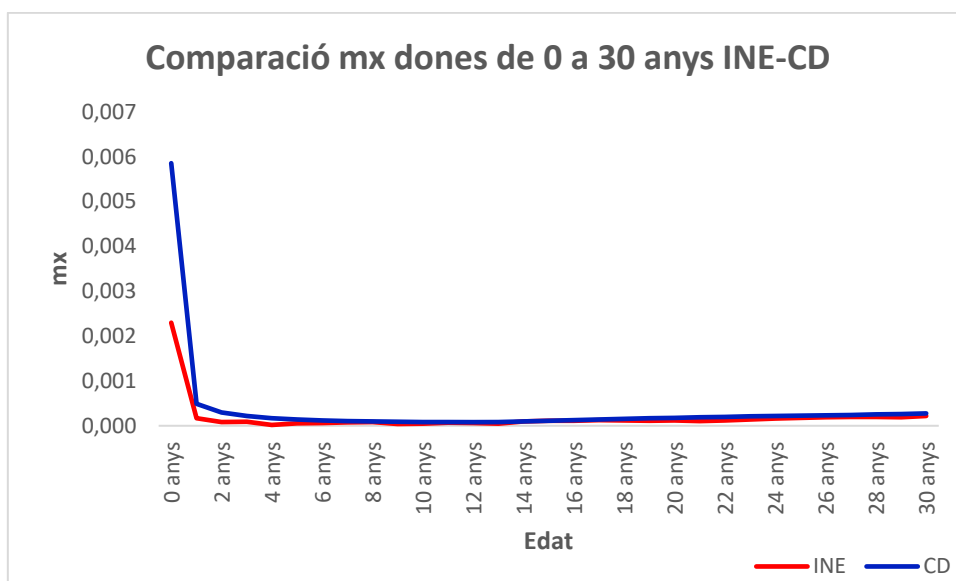


Font: INE i Nacions Unides, taules de mortalitat. Elaboració pròpia.

A partir dels 81 anys no hi ha pràcticament diferències entre les taxes de les dues taules. En el cas de l'INE, als 98 i als 99 anys hi ha una disminució de la taxa respecte a les edats anteriors, però és un efecte a causa de les poques defuncions registrades que hi ha en aquestes edats tan avançades, aquest efecte seria imperceptible si s'agrupessin les edats en intervals quinquennals.

Seguidament, es presenta la mateixa comparació anterior entre ambdós tipus de taules, però en aquest cas per la població femenina, tenint en compte que la taula tipus corresponent és la del Sector Oest amb una esperança de vida al naixement de 85 anys.

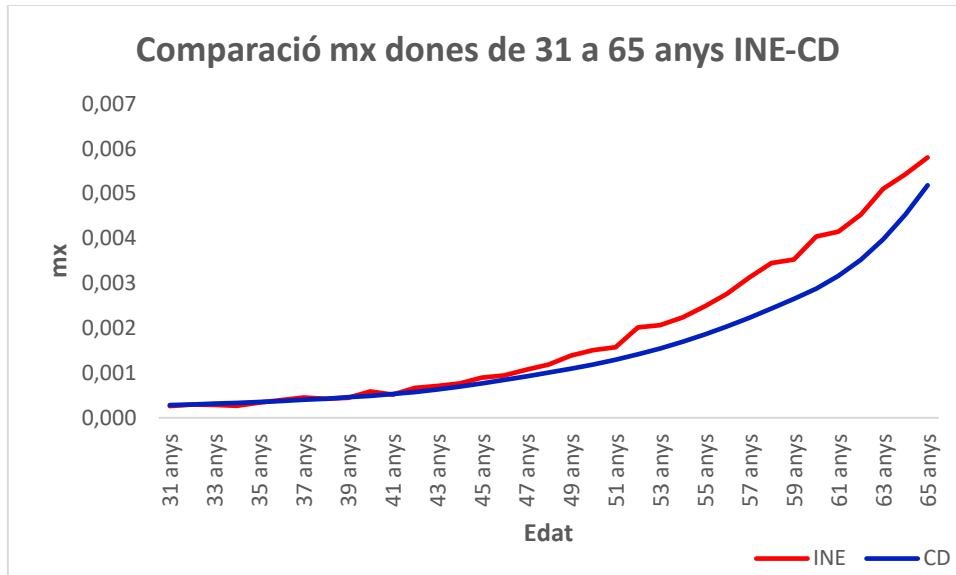
Gràfic 6.21. Taxes específiques de mortalitat de 0 a 30 anys femenines INE any 2020 i taula tipus.



Font: INE i Nacions Unides, taules de mortalitat. Elaboració pròpia.

En aquest cas s'observa la mateixa diferència en les taxes específiques de mortalitat als 0 anys que en el cas dels homes, la taxa de la taula Coale-Demeny és fins a 2,5 vegades més gran que la de l'INE. Després, fins als 30 anys, les dues sèries tenen valors molt semblants.

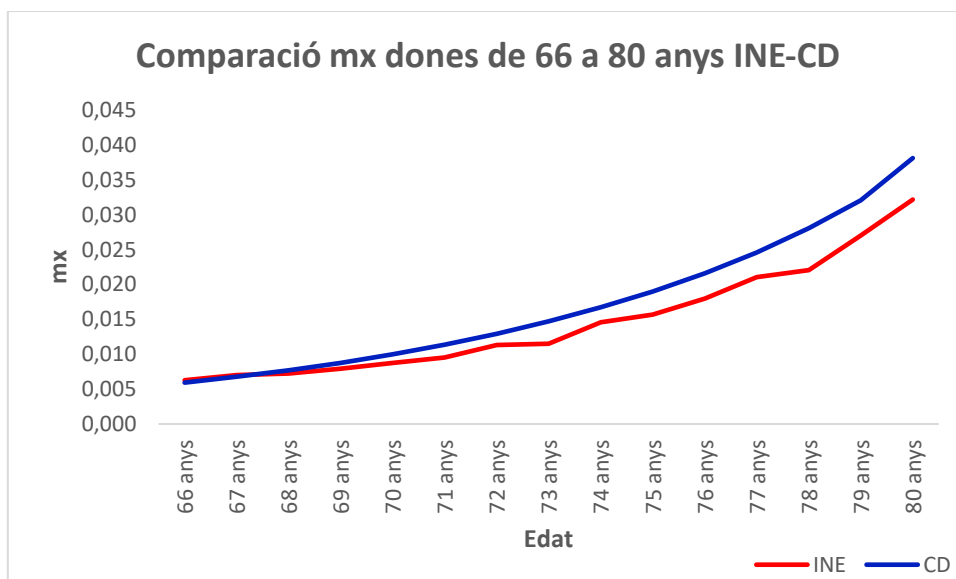
Gràfic 6.22. Taxes específiques de mortalitat de 31 a 65 anys femenines INE any 2020 i taula tipus.



Font: INE i Nacions Unides, taules de mortalitat. Elaboració pròpia.

Des dels 31 fins als 45 anys les taxes són semblants en ambdues taules, a partir dels 45 anys i a mesura que avança l'edat les taxes observades a Espanya per les dones superen a les que proporciona la taula tipus. Per tant, es podria dir que la mortalitat creix a un ritme més alt el 2020 per les dones a Espanya en comparació amb el creixement de les taxes tipus.

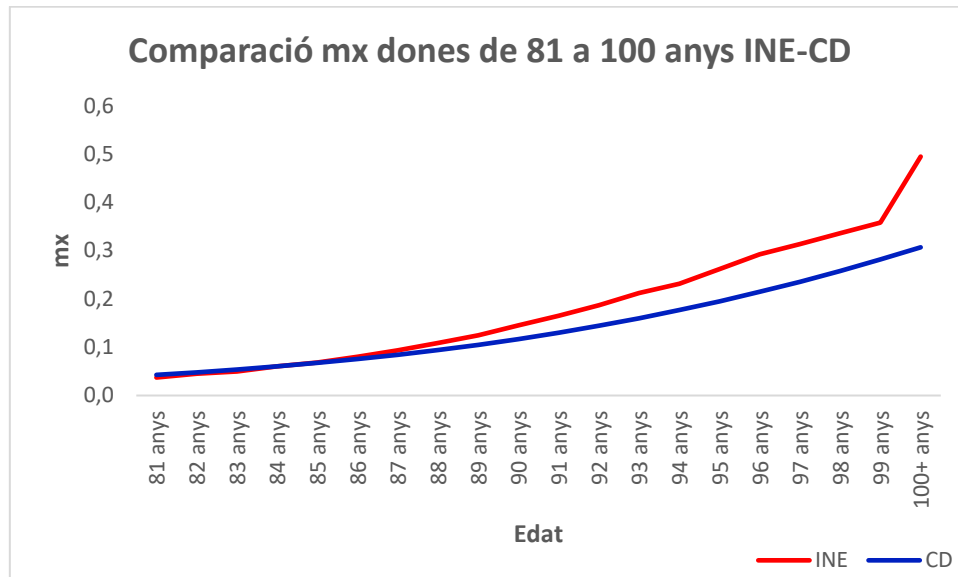
Gràfic 6.23. Taxes específiques de mortalitat de 66 a 80 anys femenines INE any 2020 i taula tipus.



Font: INE i Nacions Unides, taules de mortalitat. Elaboració pròpia.

La situació varia entre els 66 i els 80 anys, a partir dels 70 anys la mortalitat de les taules tipus sobreestima el comportament de les taxes a Espanya l'any 2020 i ofereixen un ritme de creixement més ràpid que el que s'observa segons les dades reals.

Gràfic 6.24. Taxes específiques de mortalitat de 81 a 100 anys i més femenines INE any 2020 i taula tipus.



Font: INE i Nacions Unides, taules de mortalitat. Elaboració pròpia.

A partir dels 81 anys, les taxes de mortalitat segons l'INE i segons les taules tipus també tenen un comportament diferenciat, a partir dels 86 anys la mortalitat observada és superior a la que es recull en la taula tipus.

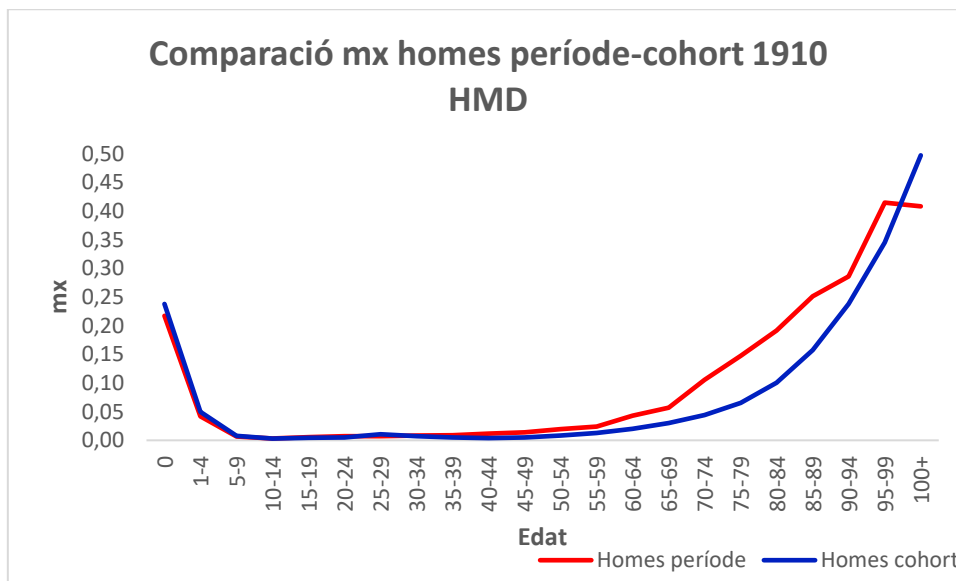
6.4. Taula de mortalitat HMD generació 1910 vs moment 1910

També és necessari estudiar el comportament d'una taula de mortalitat de període enfront d'una taula de mortalitat per cohort, ja que la primera es construeix a partir d'una generació fictícia i la segona amb una generació real. És per això que en aquest apartat es comparen les taxes de mortalitat de les taules de mortalitat de període i de cohort de l'HMD a Espanya de l'any 1910. S'ha escollit l'any 1910 per poder tenir les dades reals de tota una generació en el cas de la taula de cohort.

S'utilitzen les taxes de mortalitat per grups quinquennals d'edat i es fan diferents anàlisis, de manera que es veuen les diferències per separat entre homes segons si són dades de moment o de generació, les diferències entre sexes en la taula de moment i les diferències entre sexes en la taula de generació.

La primera gràfica mostra una comparació de les taxes específiques de mortalitat entre la taula de mortalitat de període i de cohort de la població masculina del 1910 a Espanya.

Gràfic 6.25. Taxes específiques de mortalitat masculines HMD any 1910 i cohort 1910.

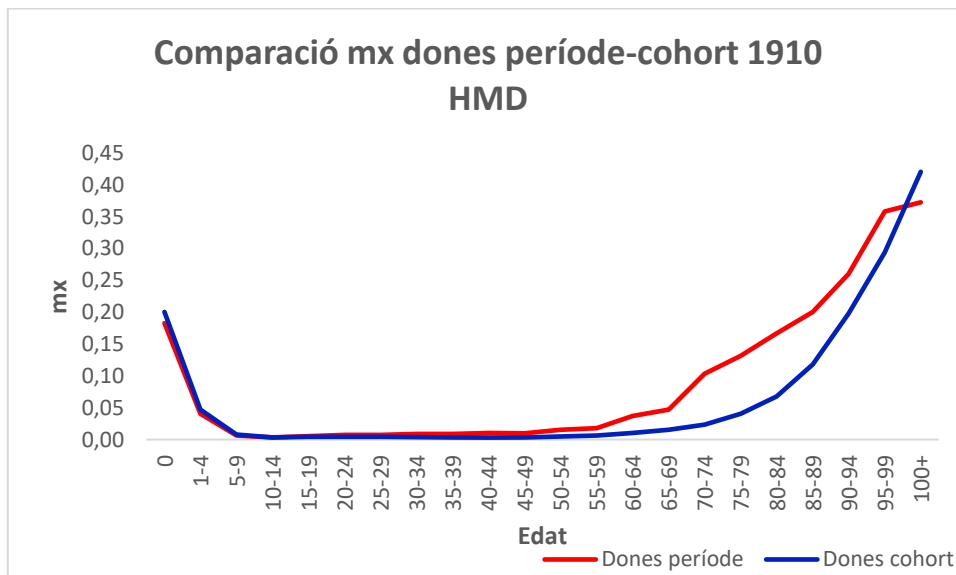


Font: HMD, taules de mortalitat. Elaboració pròpia.

Ambdues corbes prenen valors similars fins als 40 anys. A partir d'aquella edat, les taxes específiques de mortalitat de la taula de període presenten valors més elevats que les taxes de generació. Per tant, es pot concloure que al llarg dels anys ha disminuït la mortalitat en els homes i aquestes diferències s'observen, sobretot, entre els 65 i els 85 anys.

La següent comparativa és la mateixa que l'anterior però ara per a la població femenina.

Gràfic 6.26. Taxes específiques de mortalitat femenines HMD any 1910 i cohort 1910.



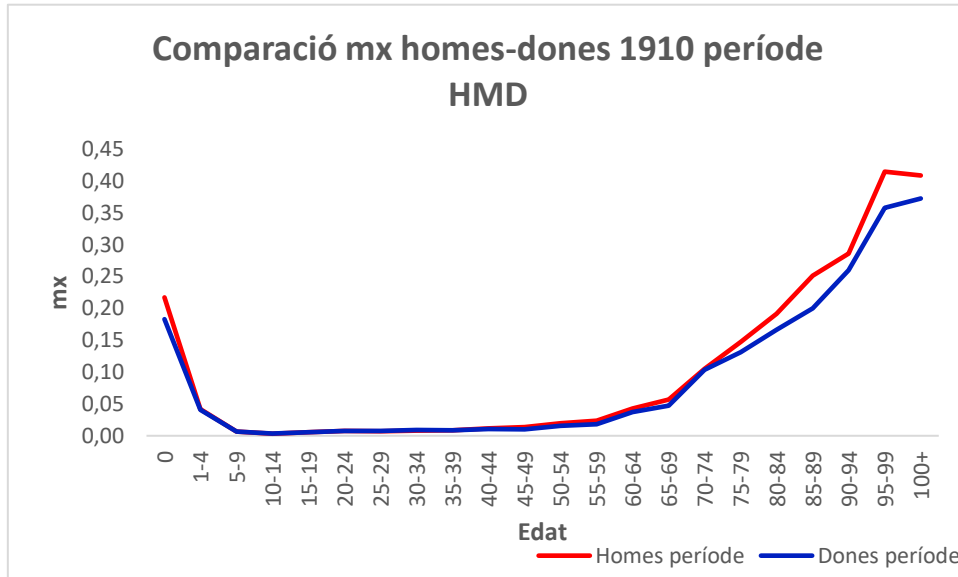
Font: HMD, taules de mortalitat. Elaboració pròpia.

Es pot observar com el comportament de la gràfica és molt semblant al de la població masculina. Les taxes específiques de mortalitat són més elevades en la taula de període a partir dels 40 anys i les

diferències més notables es produeixen a partir dels 65 anys i fins als 85 anys. Novament, amb el pas dels anys ha disminuït la mortalitat femenina en aquestes franges d'edat.

La tercera gràfica mostra una comparativa de les taxes específiques de mortalitat d'homes i dones per a la taula de mortalitat de període de l'HMD de la població a Espanya de l'any 1910.

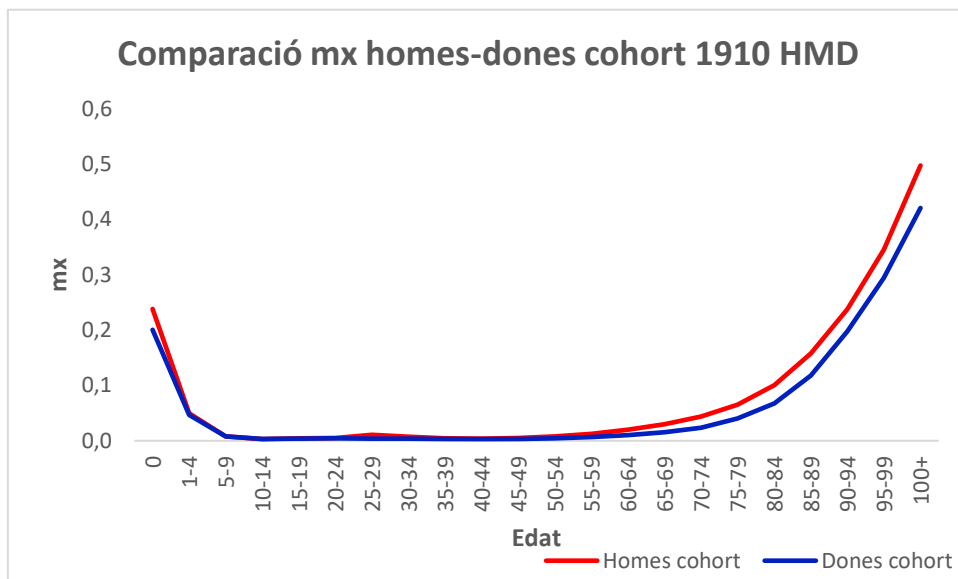
Gràfic 6.27. Taxes específiques de mortalitat masculines i femenines HMD any 1910.



Font: HMD, taules de mortalitat. Elaboració pròpia.

Ambdues corbes mostren un comportament pràcticament igual, l'única diferència destacable és que en l'edat 0 i a partir dels 70 anys es veu de manera més clara que la mortalitat masculina és superior a la femenina.

Gràfic 6.28. Taxes específiques de mortalitat masculines i femenines HMD cohort 1910.



Font: HMD, taules de mortalitat. Elaboració pròpia.

Segons la taula de la generació nascuda el 1910, a l'edat 0 la mortalitat masculina és més alta que la femenina i també s'observen diferències destacables a partir dels 60 anys i fins a l'últim grup d'edat de la taula.

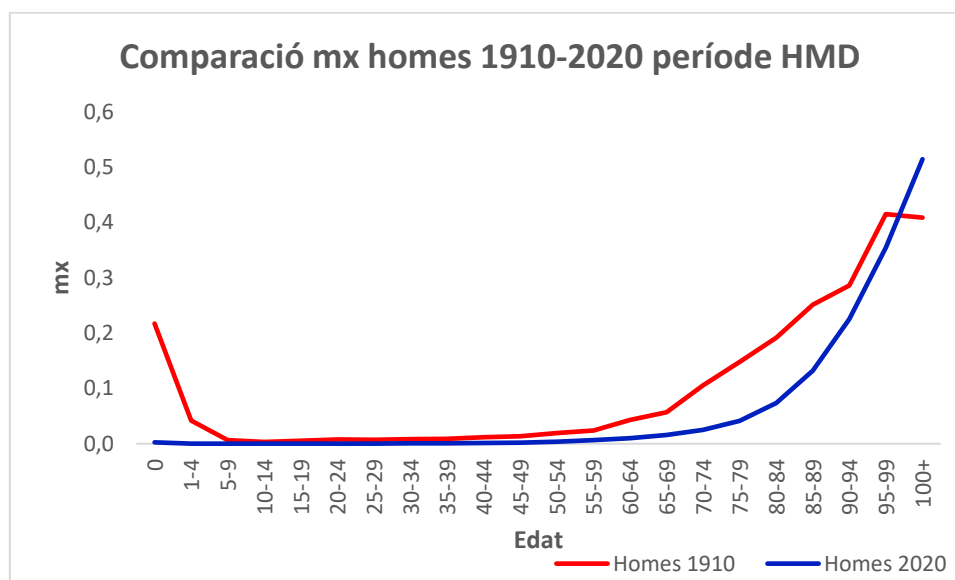
6.5. Taula de mortalitat període 1910 vs període 2020

En aquest apartat es presenten tres comparatives per observar el comportament de la taula de mortalitat de període de l'HMD de 1910 enfront de la de 2020 de per a la població a Espanya. És a dir, es compararà la mortalitat a les diferents edats a l'any 1910 i la mortalitat recent, al 2020.

Es representen les taxes de mortalitat per grups d'edats quinquennals d'homes i dones per separat.

La següent gràfica mostra les taxes específiques de mortalitat per a la població masculina de 1910 enfront de les taxes de 2020.

Gràfic 6.29. Taxes específiques de mortalitat masculines HMD any 1910 i any 2020.

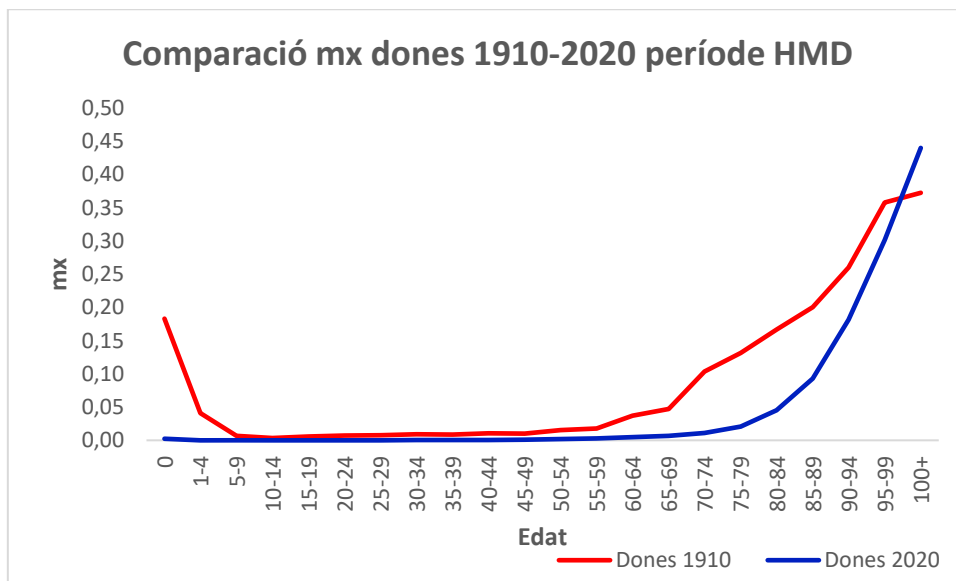


Font: HMD, taules de mortalitat. Elaboració pròpia.

El més destacable és la diferència en els dos primers rangs d'edat, que es corresponen a la mortalitat infantil i a la mortalitat de la infància (menors de 5 anys). Les taxes de la taula de període de 1910 presenten valors força superiors als de 2020. Es a dir, durant l'últim segle s'ha reduït dràsticament la mortalitat en els primers anys de vida. A més, s'observa que per a tots els rangs d'edat les taxes específiques de mortalitat són superiors al 1910 respecte a les de 2020, per tant, en general s'ha anat reduint la mortalitat. Els grups d'edat on s'ha reduït més la mortalitat en els homes són des dels 60 fins als 90 anys.

La següent comparativa és la mateixa que l'anterior, però ara per a la població femenina i, se'n dedueix el mateix que en el cas dels homes.

Gràfic 6.30. Taxes específiques de mortalitat femenines HMD any 1910 i any 2020.



Font: HMD, taules de mortalitat. Elaboració pròpia.

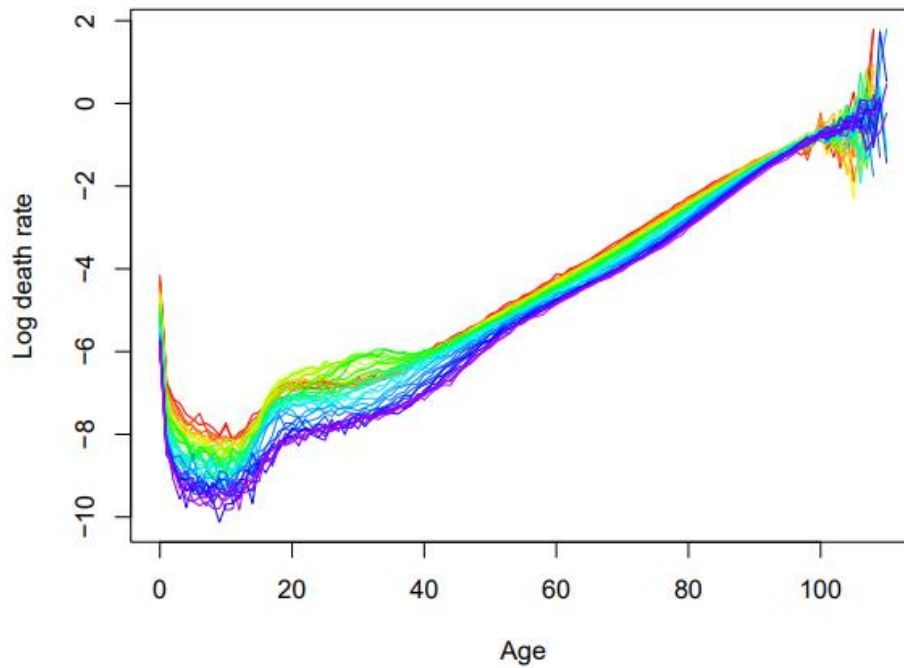
6.6. Taula de mortalitat Lee-Carter vs INE

En aquest apartat s'estima el model de Lee-Carter per a la mortalitat a Espanya i es comparen els resultats obtinguts amb els de la taula de mortalitat de l'INE per l'any 2020. Les dades per l'estimació del model són de l'HMD i s'han seleccionat les taxes específiques de mortalitat i la població tant masculina com femenina per a les edats de 0 a 110 anys i més pels anys compresos entre 1979 i 2019. L'estructura del model proposat per Lee i Carter, explicat al punt 4.1, es pot estimar mitjançant la funció *lca* del paquet *demography* d'R.

A continuació es mostren dos gràfics on es presenten els logaritmes de les taxes específiques de mortalitat per a la població masculina i femenina a Espanya pel període comprés de 1979 a 2019 per les edats de 0 a 110 anys i més.

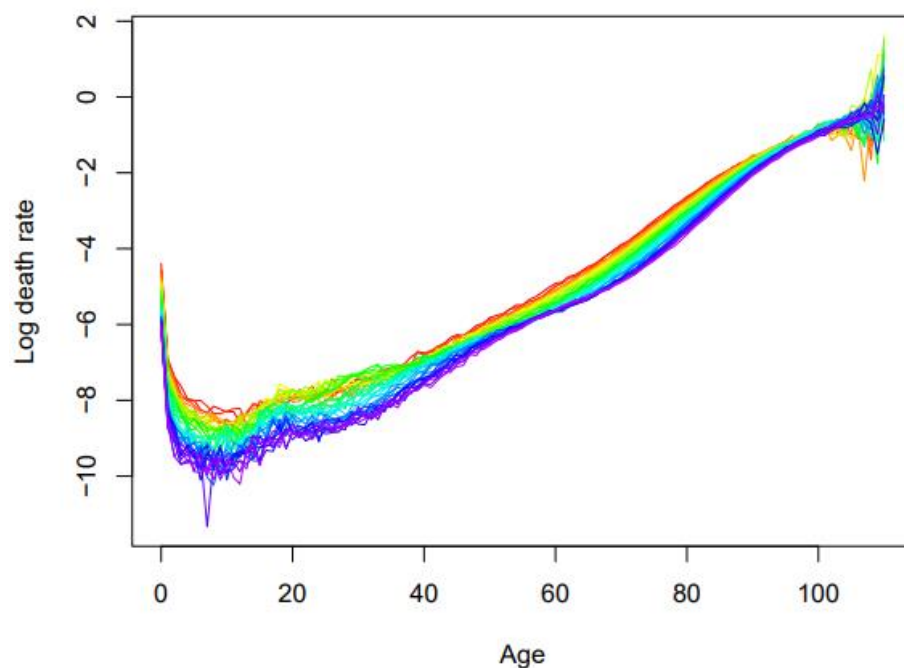
S'observa que ambdós gràfics presenten una estructura molt semblant, només destaca que els valors de les taxes específiques de mortalitat observades pels homes són més elevades que els de les dones per a totes les edats.

Gràfic 6.31. Taxes específiques de mortalitat masculines pel període de 1979 a 2019.



Font: HMD, taules de mortalitat. Elaboració pròpia.

Gràfic 6.32. Taxes específiques de mortalitat femenines pel període de 1979 a 2019.



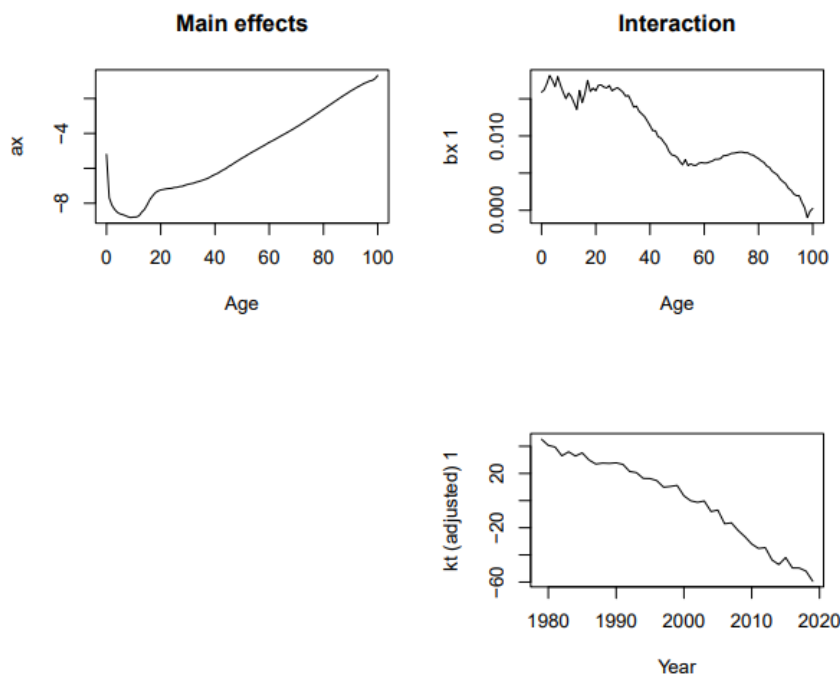
Font: HMD, taules de mortalitat. Elaboració pròpia.

El mètode Lee-Carter, per predir les taxes de mortalitat, utilitza l'anàlisi de components principals per descompondre la matriu edat-temps de les taxes de mortalitat logarítmica central en una combinació lineal de paràmetres d'edat i temps i el paràmetre temporal s'utilitza en la predicció. Es proposen dos

models, un per la població masculina i l'altre per la femenina. El model estimat pels homes explica un 88,5% de la variació mentre que el de les dones explica un 87,3%.

Els següents gràfics presenten l'estimació dels paràmetres a_x , b_x i k_t del model pels homes i per les dones. El paràmetre a_x mostra el patró d'edat de les taxes de mortalitat logarítmica mitjana al llarg dels anys de 0 a 100 anys, el paràmetre b_x reflecteix el canvi relatiu en la taxa de mortalitat logarítmica a cada edat i el paràmetre k_t representa el conjunt de puntuacions de components principals per any t i mesura el nivell general de les taxes de mortalitat logarítmica.

Gràfic 6.33. Estimació dels paràmetres del model Lee-Carter pels homes.

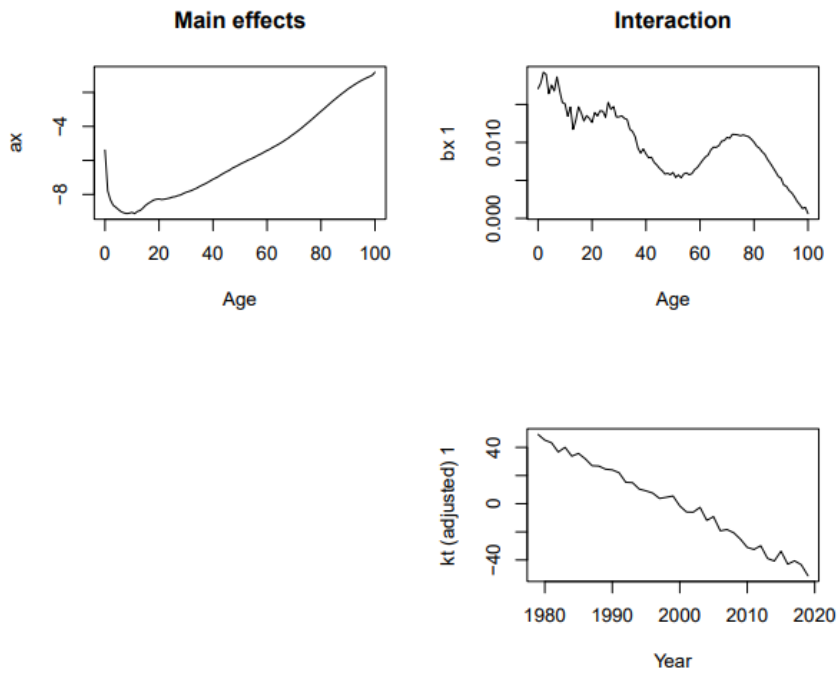


Font: HMD, taules de mortalitat. Elaboració pròpia.

Per la població masculina, pel paràmetre a_x s'observa que les taxes de mortalitat disminueixen des dels 0 anys fins passats els 10 anys, seguidament presenta un fort creixement fins als 18 anys, aproximadament, i aleshores continua creixent però de manera més moderada fins als 100 anys. El paràmetre b_x decreix amb l'augment de les edats i presenta dos màxims a les edats de 17 (0,0175) i 73 anys (0,0078). El paràmetre k_t disminueix per tot el període d'estudi. Es pot concloure que la mortalitat augmenta amb l'edat i disminueix amb el pas dels anys de calendari.

El model explicat per la població femenina presenta característiques molt semblants al dels homes. Pel paràmetre a_x el creixement entre les edats de 10 a 18 anys és menys pronunciat que el dels homes. El paràmetre b_x també presenta dos màxims però a les edats de 23 (0,0142) i 72 anys (0,0111). Finalment, el paràmetre k_t presenta les mateixes característiques que en els homes, decreix amb el pas dels anys.

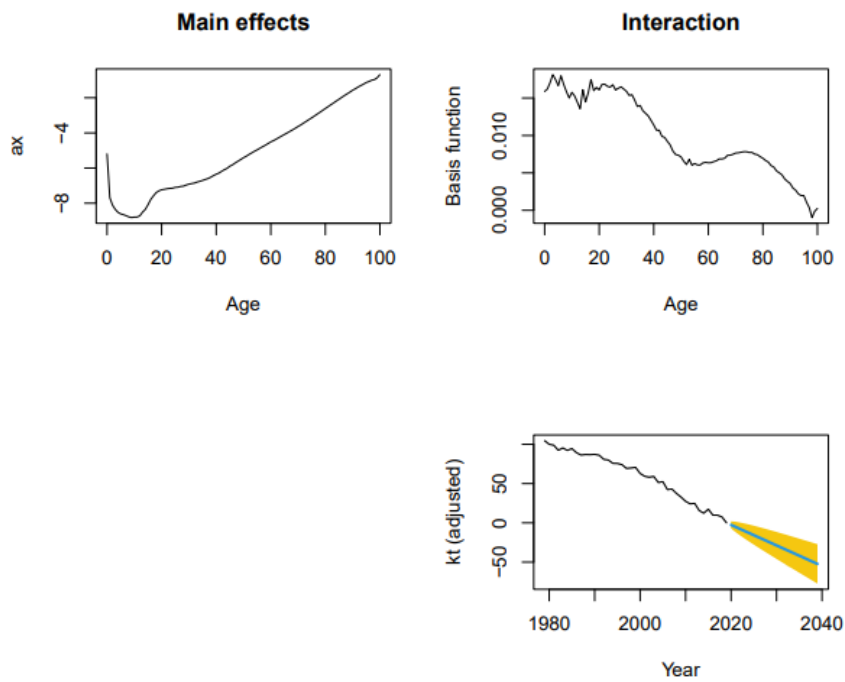
Gràfic 6.34. Estimació dels paràmetres del model Lee-Carter per les dones.



Font: HMD, taules de mortalitat. Elaboració pròpia.

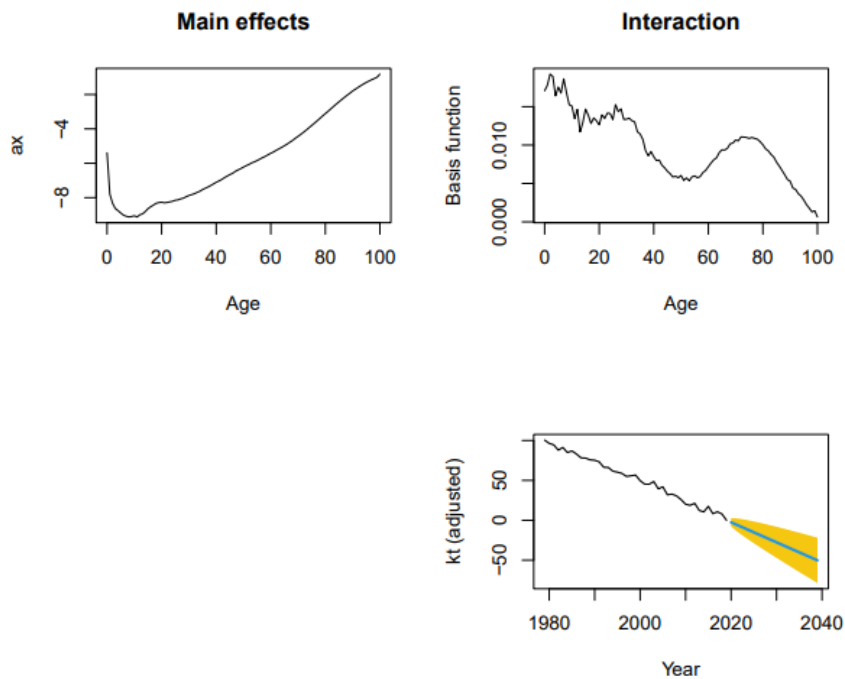
A continuació es presenten les prediccions segons els models anteriors, per un horitzó de 20 anys, en homes i dones.

Gràfic 6.35. Predicció dels paràmetres del model Lee-Carter pels homes de 2020 fins a 2040.



Font: HMD, taules de mortalitat. Elaboració pròpia.

Gràfic 6.36. Predicció dels paràmetres del model Lee-Carter per les dones de 2020 fins a 2040.

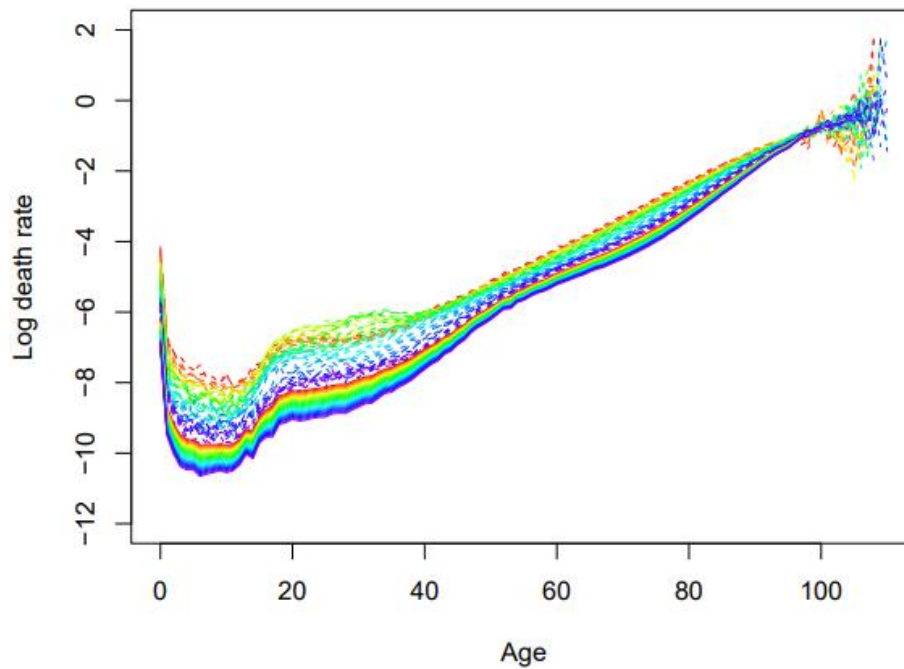


Font: HMD, taules de mortalitat. Elaboració pròpia.

Es pot contemplar com pels anys predits de 2020 fins a 2040, tant pel model dels homes com pel de les dones, el paràmetre k_t continua decreixent amb el pas dels anys, seguint les tendències corresponents observades pels models estimats pel període d'estudi de 1979 a 2019.

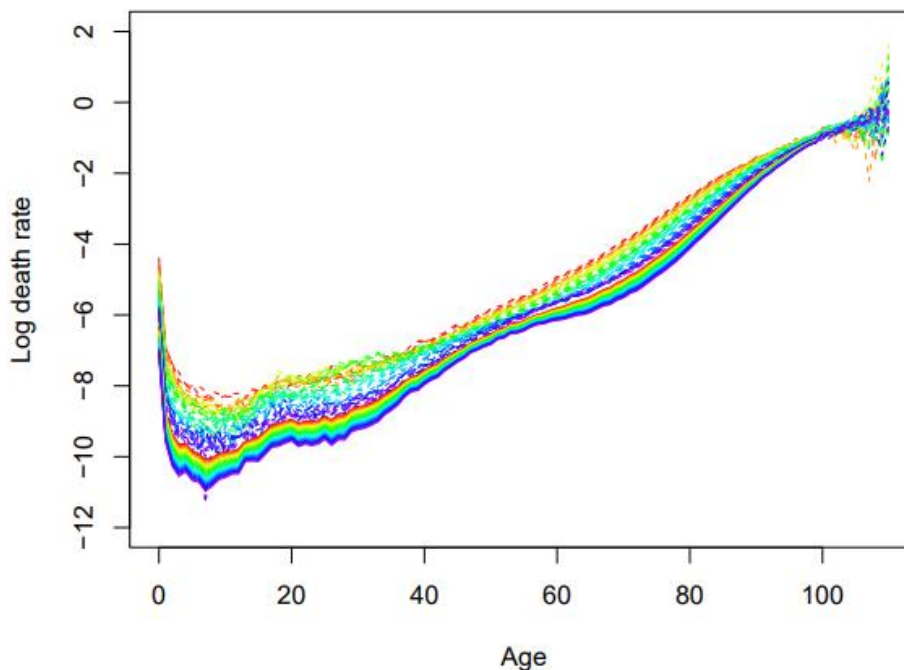
Seguidament, es mostren dos gràfics amb els logaritmes de les taxes específiques de mortalitat per a la població masculina i femenina a Espanya pel període comprés de 1979 a 2019 i les mateixes taxes predites pel model pel període de 2020 a 2040 per les edats de 0 a 110 anys i més.

Gràfic 6.37. Taxes específiques de mortalitat masculines pel període de 1979 a 2040.



Font: HMD, taules de mortalitat. Elaboració pròpia.

Gràfic 6.38. Taxes específiques de mortalitat femenines pel període de 1979 a 2040.

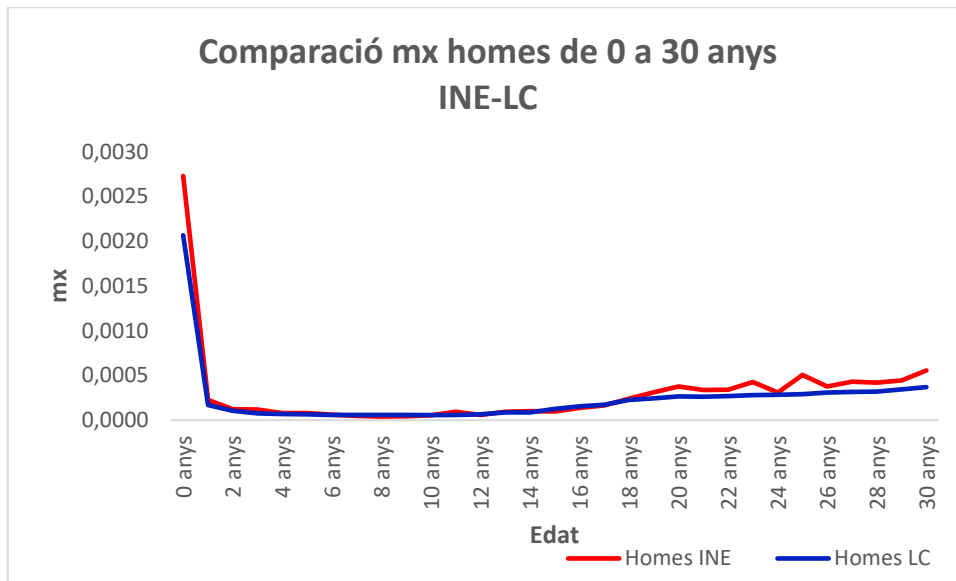


Font: HMD, taules de mortalitat. Elaboració pròpia.

Amb ambdues representacions gràfiques s'evidencia que les taxes específiques de mortalitat augmenten amb l'increment de l'edat i que aquestes també són menors a mesura que passen els anys.

Finalment, es realitza una comparativa de les taxes específiques de mortalitat de l'INE amb les taxes estimades pel model de Lee-Carter per la població masculina i femenina a Espanya de l'any 2020.

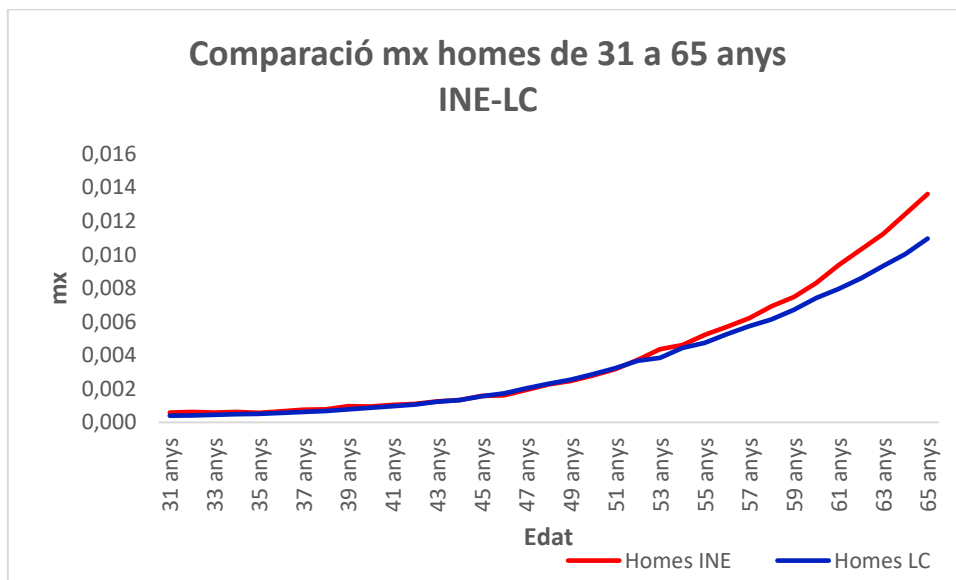
Gràfic 6.39. Taxes específiques de mortalitat de 0 a 30 anys masculines INE i Lee-Carter any 2020.



Font: INE i HMD, taules de mortalitat. Elaboració pròpia.

Per a la població masculina la taxa de mortalitat de l'INE als 0 anys és més elevada que l'estimada pel model. Després, fins als 18 anys, les taxes del model estimat de Lee-Carter tenen el mateix comportament que les de l'INE, però a partir dels 19 anys les dades estimades es mantenen més estables i són inferiors respecte a les de l'INE.

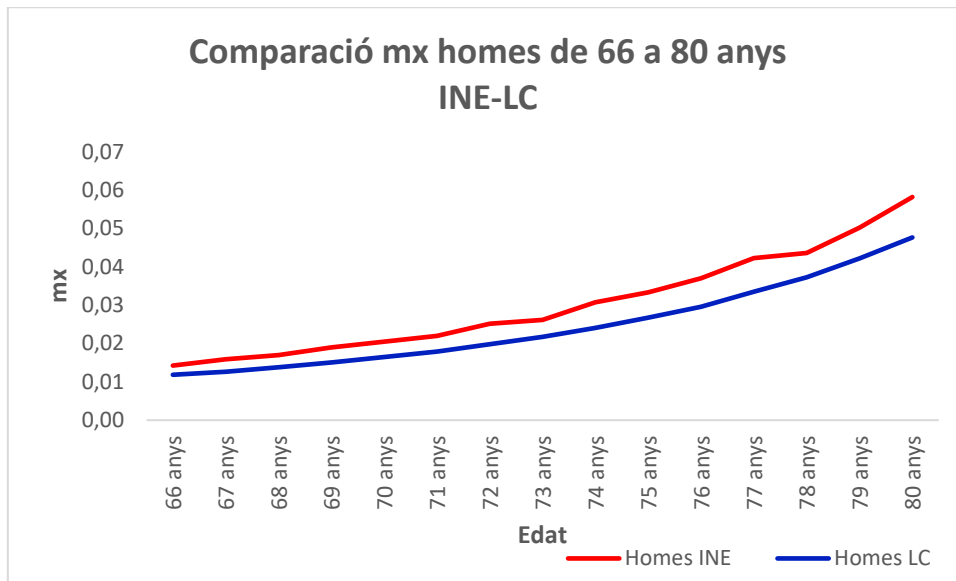
Gràfic 6.40. Taxes específiques de mortalitat de 31 a 65 anys masculines INE i Lee-Carter any 2020.



Font: INE i HMD, taules de mortalitat. Elaboració pròpia.

Fins als 55 anys, les taxes de mortalitat de l'INE i les del model presenten valors força semblants, però a partir d'aquesta edat la mortalitat observada a Espanya és superior a l'estimada amb Lee-Carter.

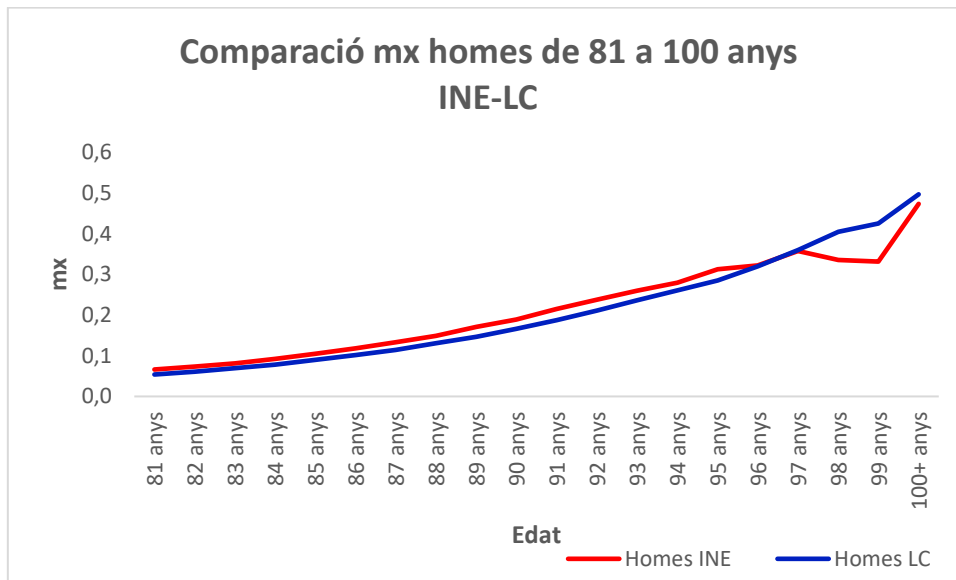
Gràfic 6.41. Taxes específiques de mortalitat de 66 a 80 anys masculines INE i Lee-Carter any 2020.



Font: INE i HMD, taules de mortalitat. Elaboració pròpia.

Dels 66 als 80 anys les dues sèries de dades es comporten de manera similar pel que fa al seu creixement, però amb valors més alts per l'INE.

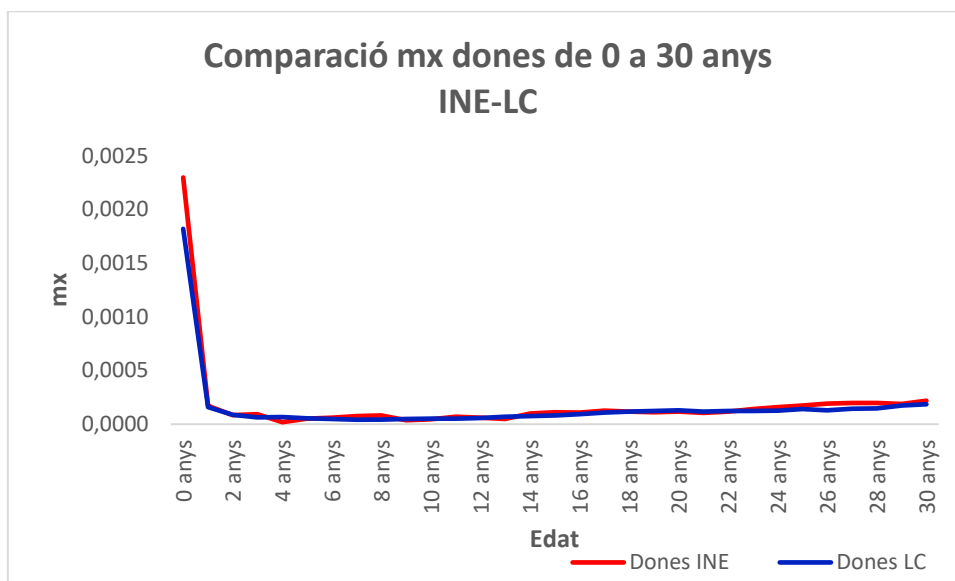
Gràfic 6.42. Taxes específiques de mortalitat de 81 a 100 anys i més masculines INE i Lee-Carter any 2020.



Font: INE i HMD, taules de mortalitat. Elaboració pròpia.

A partir dels 80 anys les dues sèries segueixen la mateixa evolució amb l'edat, encara que es pot veure que fins als 95 anys les taxes de l'INE són més altes. Als 96 anys ambdues corbes s'igualen i és als 98 anys fins als 100 anys i més que el model segueix la seva tendència ascendent i presenta aleshores taxes més elevades que les de l'INE.

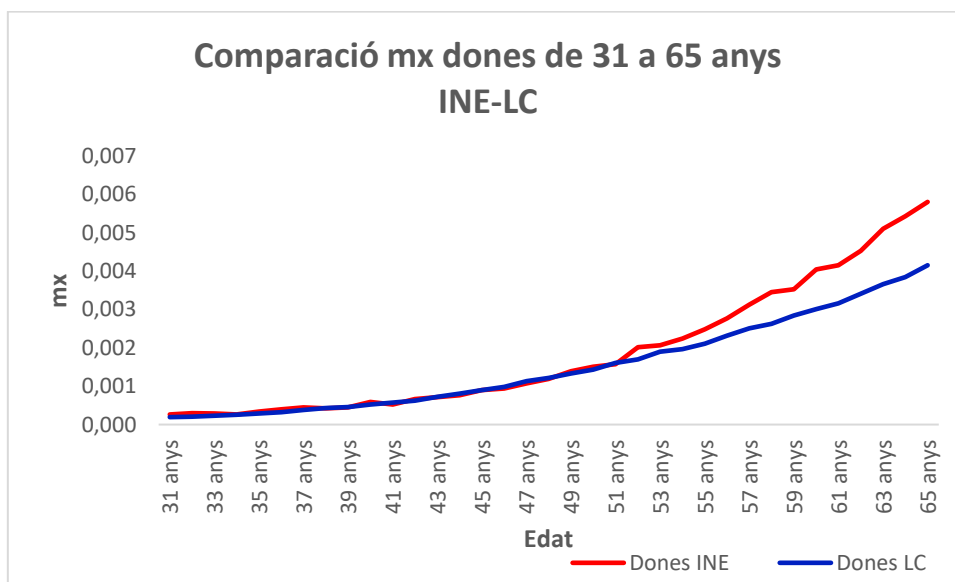
Gràfic 6.43. Taxes específiques de mortalitat de 0 a 30 anys femenines INE i Lee-Carter any 2020.



Font: INE i HMD, taules de mortalitat. Elaboració pròpia.

Pel que fa a la població femenina, als 0 anys, de la mateixa manera que la població masculina, l'INE presenta una taxa de mortalitat major que la del model de Lee-Carter, però ara des del primer any de vida fins als 30 anys les dues corbes presenten taxes molt similars i estables.

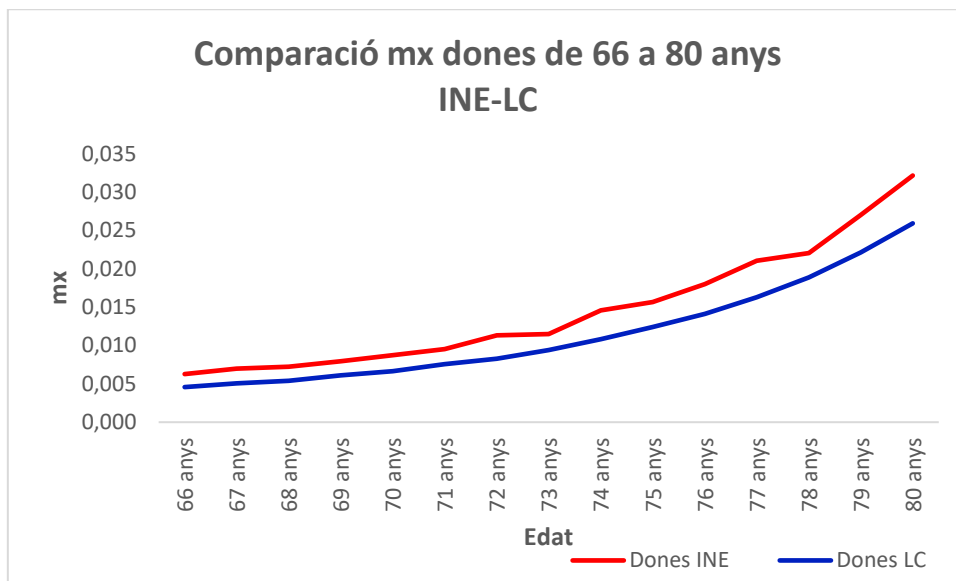
Gràfic 6.44. Taxes específiques de mortalitat de 31 a 65 anys femenines INE i Lee-Carter any 2020.



Font: INE i HMD, taules de mortalitat. Elaboració pròpia.

De la mateixa manera que la població masculina, l'INE comença a presentar taxes més elevades que les predites pel model en aquest rang d'edat, però ho fa de manera més prematura als 52 anys.

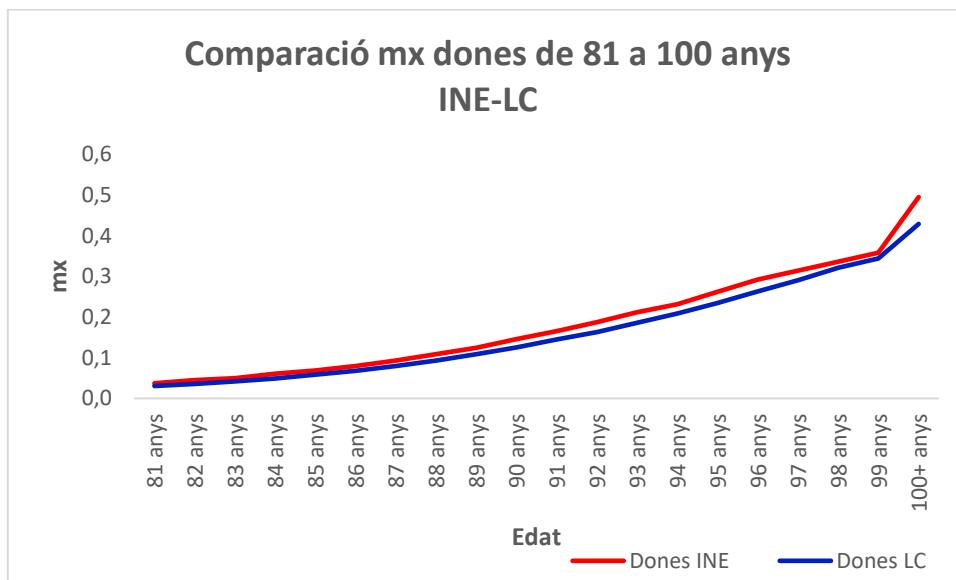
Gràfic 6.45. Taxes específiques de mortalitat de 66 a 80 anys femenines INE i Lee-Carter any 2020.



Font: INE i HMD, taules de mortalitat. Elaboració pròpia.

Igual que en el cas dels homes, per les dones entre 66 i 80 anys s'obtenen unes taxes més baixes amb Lee-Carter, però l'evolució amb l'edat és semblant a la de l'INE.

Gràfic 6.46. Taxes específiques de mortalitat de 81 a 100 anys i més femenines INE i Lee-Carter any 2020.



Font: INE i HMD, taules de mortalitat. Elaboració pròpia.

A diferència de la població masculina, les taxes continuen sent més elevades per l'INE fins a l'última edat d'estudi.

6.7. Taula de mortalitat dinàmica (PER2020) vs taula base any 2012

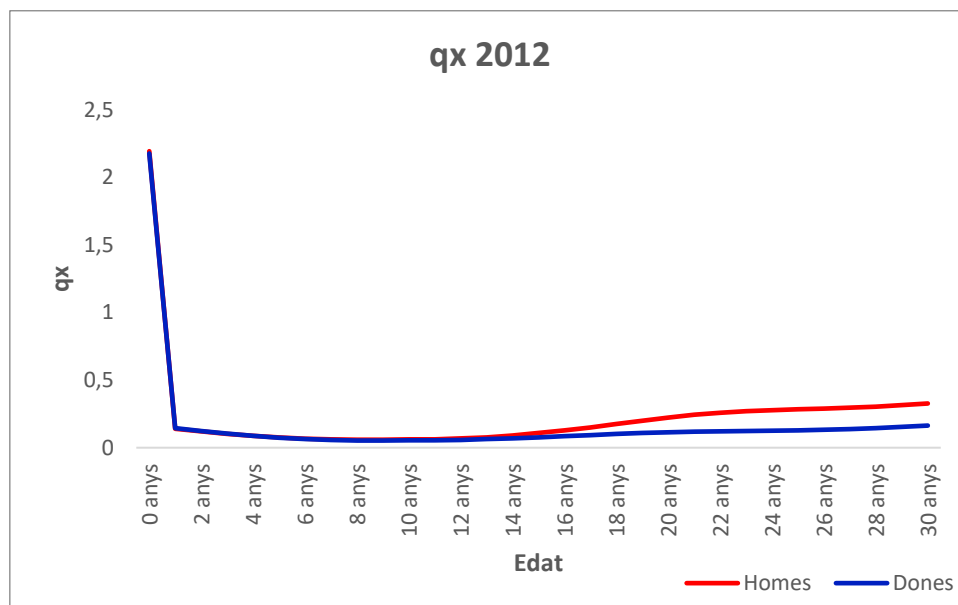
En el capítol 3 del treball s'han estudiat les taules dinàmiques que utilitzen les entitats asseguradores a Espanya, agafant una taula base i aplicant uns factors de millora, segons el sexe i l'edat, que permeten obtenir taules de moment i també taules generacionals.

Cal indicar que es fan servir diferents tipus de taules, depenent de si es tracta d'operacions d'assegurances de supervivència (suposen per l'assegurador una exposició substancial al risc de longevitat), de vida-risc (suposen per l'assegurador una exposició substancial al risc de mortalitat), assegurances individuals o col·lectives, etc.

A continuació es fa una comparació per les taules PER2020 Individuals de 2º Ordre, a partir de la taula base de l'any 2012 i la taula generacional que s'obtidria pels nascuts el 2012. La variable que es compara és la probabilitat de morir a l'edat x , q_x , per edats anuals des de 0 fins a 120, per homes i per dones.

En la *Resolución de 17 de diciembre de 2020, de la Dirección General de Seguros y Fondos de Pensiones, relativa a las tablas de mortalidad y supervivencia a utilizar por las entidades aseguradoras y reaseguradoras* (BOE,2020) es publiquen els valors per aquesta variable q_x , en tant per mil, de la taula base de l'any 2012 així com els factors de millora que s'han d'aplicar per construir les taules per altres anys de calendari o bé per generacions i estan adjuntats en l'Annex d'aquest treball (corresponen a taules individuals de segon ordre per aplicar a les assegurances de supervivència individuals).

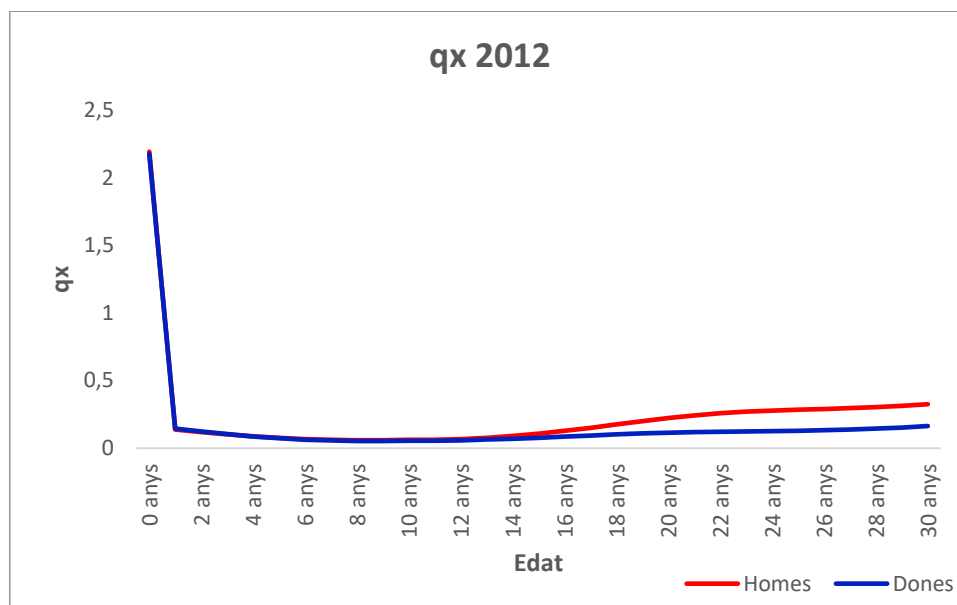
Gràfic 6.47. Probabilitat de mort de 0 a 30 anys masculines i femenines any base 2012.



Font: BOE, Resolución de 17 de diciembre de 2020, de la Dirección General de Seguros y Fondos de Pensiones, relativa a las tablas de mortalidad y supervivencia a utilizar por las entidades aseguradoras y reaseguradoras. Elaboració pròpia.

Segons la taula base de l'any 2012, s'observen diferències en la mortalitat masculina i femenina a partir dels 16 anys, fins aquella edat les probabilitats prenen valors molt similars.

Gràfic 6.48. Probabilitat de mort de 31 a 65 anys masculines i femenines any base 2012.

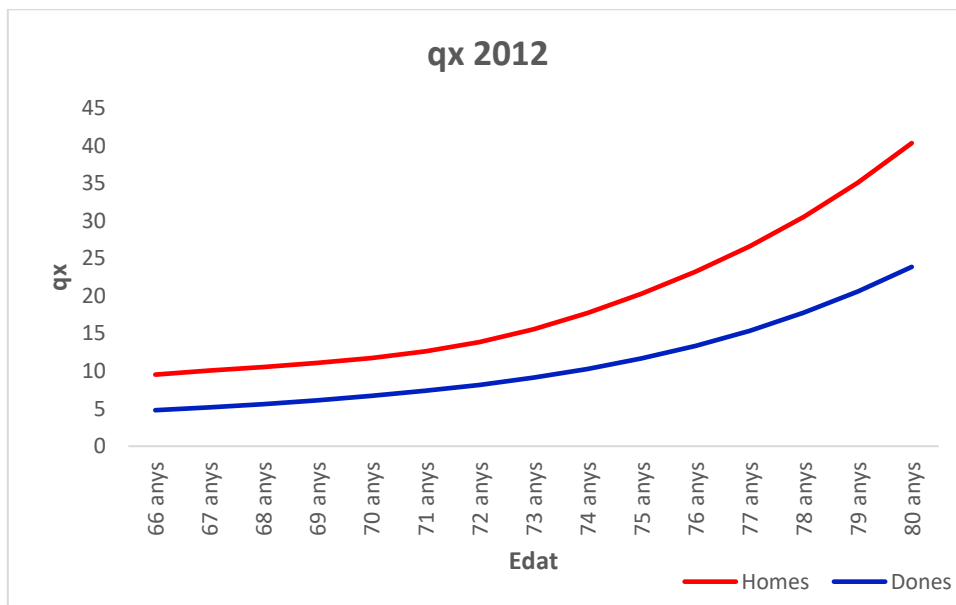


Font: BOE, Resolución de 17 de diciembre de 2020, de la Dirección General de Seguros y Fondos de Pensiones, relativa a las tablas de mortalidad y supervivencia a utilizar por las entidades aseguradoras y reaseguradoras. Elaboració pròpia.

Es pot veure que a partir dels 40 anys les probabilitats masculines tenen un creixement més ràpid amb l'edat que les probabilitats femenines i als 65 anys el valor pels homes arriba al 8,9 per mil, doblant al de les dones, que és d'un 4,2 per mil.

L'evolució creixent de la mortalitat en homes i dones amb l'edat és semblant a partir dels 66 anys, encara que de mica en mica es va eixamplant la bretxa entre ambdós sexes.

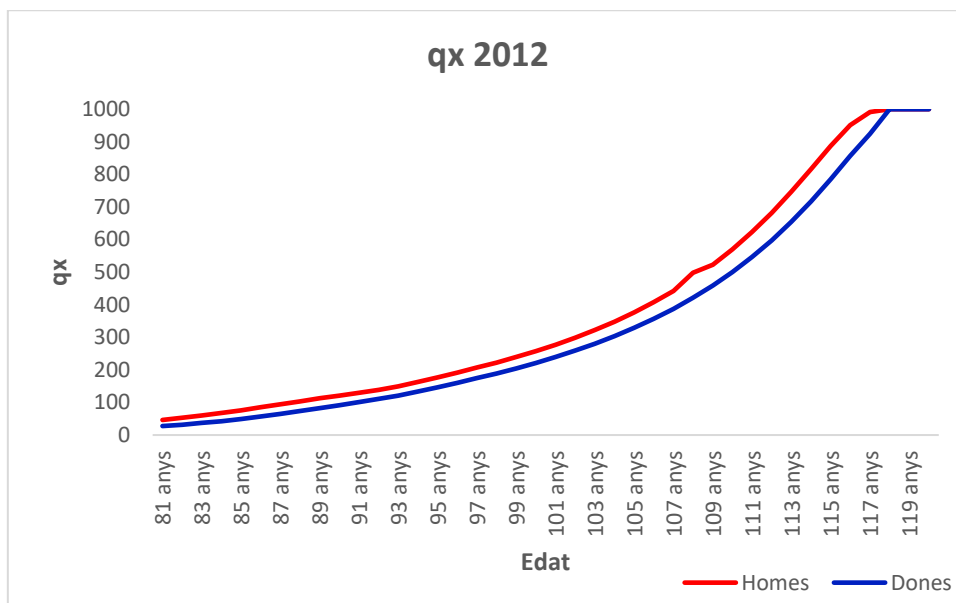
Gràfic 6.49. Probabilitat de mort de 66 a 80 anys masculines i femenines any base 2012.



Font: BOE, Resolución de 17 de diciembre de 2020, de la Dirección General de Seguros y Fondos de Pensiones, relativa a las tablas de mortalidad y supervivencia a utilizar por las entidades aseguradoras y reaseguradoras. Elaboració pròpia.

A partir dels 80 anys creix la probabilitat de morir seguint una tendència similar en homes i dones, segons es veu en el gràfic següent.

Gràfic 6.50. Probabilitat de mort de 81 a 120 anys masculines i femenines any base 2012.



Font: BOE, Resolución de 17 de diciembre de 2020, de la Dirección General de Seguros y Fondos de Pensiones, relativa a las tablas de mortalidad y supervivencia a utilizar por las entidades aseguradoras y reaseguradoras. Elaboració pròpia.

Per obtenir les probabilitats de morir, ja sigui en diferents anys de calendari o per diferents generacions, s'apliquen uns factors de millora, que són diferents segons el sexe i segons els trams d'edat.

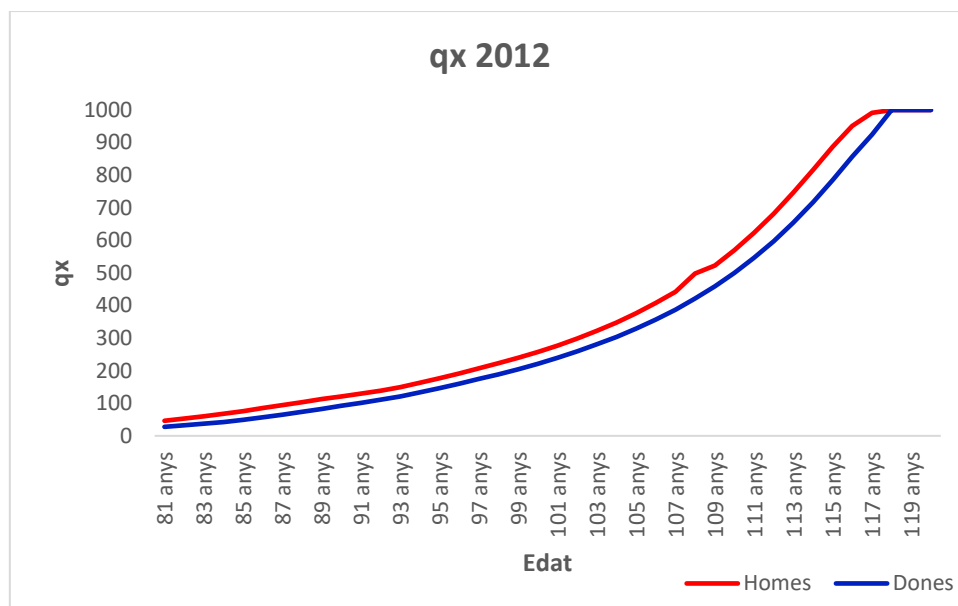
En el següent gràfic es representen aquests factors de millora, λ , per homes i dones des dels 0 als 100 anys.

En el cas dels homes, el factor de millora que s'aplica és igual a 0,035 des de l'edat 0 fins als 41 anys, després disminueix lleugerament fins a arribar a 0,0166 als 63 anys, torna a créixer fins a 0,21 als 75 anys i a partir d'allà va disminuint amb l'edat.

Per les dones, en canvi, comença la sèrie amb el mateix valor que els homes, 0,035 i es manté així fins als 7 anys, després disminueix fins a arribar al valor de 0,0131 als 56 anys. A partir d'aquella edat augmenta fins a 0,0272 als 77 anys, per tornar a decreixer fins a l'última edat considerada.

Comparant entre homes i dones es pot veure com entre els 7 anys i els 62 anys el factor de millora de les dones està per sota del dels homes, mentre que a partir dels 62 anys es dona la situació inversa.

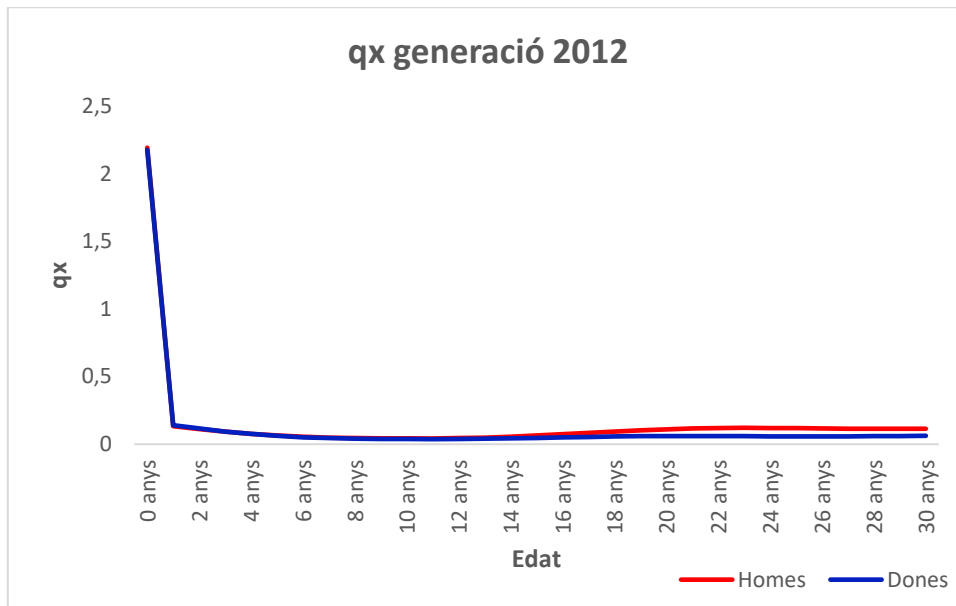
Gràfic 6.51. Factors de millora masculins i femenins.



Font: BOE, Resolución de 17 de diciembre de 2020, de la Dirección General de Seguros y Fondos de Pensiones, relativa a las tablas de mortalidad y supervivencia a utilizar por las entidades aseguradoras y reaseguradoras. Elaboració pròpia.

A continuació es mostren els gràfics amb les probabilitats de mort per homes i dones segons la taula construïda pels nascuts l'any 2012, aplicant els factors de millora en la mortalitat.

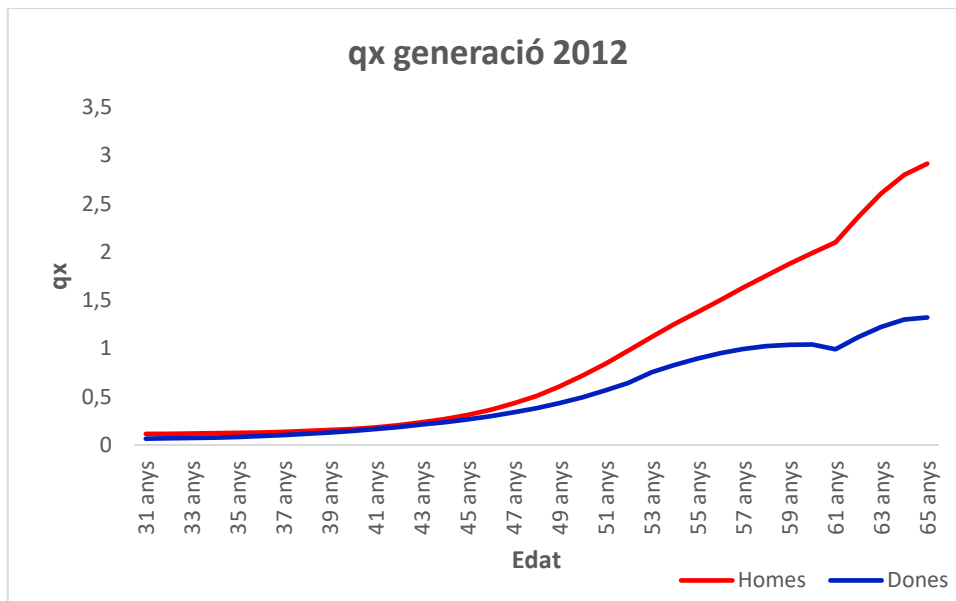
Gràfic 6.52. Probabilitat de mort de 0 a 30 anys masculines i femenines generació 2012.



Font: BOE, Resolución de 17 de diciembre de 2020, de la Dirección General de Seguros y Fondos de Pensiones, relativa a las tablas de mortalidad y supervivencia a utilizar por las entidades aseguradoras y reaseguradoras. Elaboració pròpia.

Segons les dades generacionals, ambdues sèries presenten valors molt semblants, i a partir dels 20 anys s'observaria que les probabilitats masculines són lleugerament superiors a les femenines fins als 30 anys.

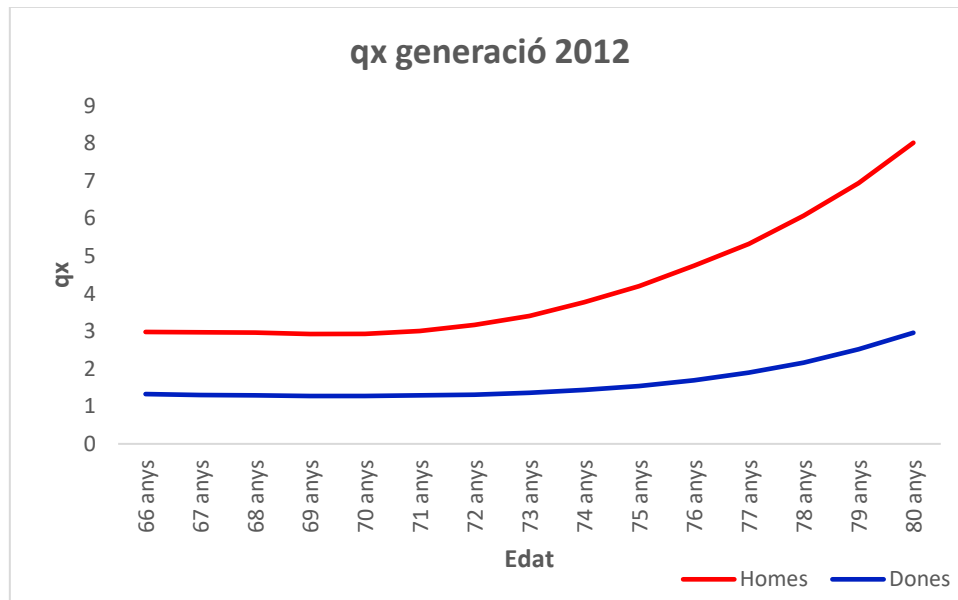
Gràfic 6.53. Probabilitat de mort de 31 a 65 anys masculines i femenines generació 2012.



Font: BOE, Resolución de 17 de diciembre de 2020, de la Dirección General de Seguros y Fondos de Pensiones, relativa a las tablas de mortalidad y supervivencia a utilizar por las entidades aseguradoras y reaseguradoras. Elaboració pròpia.

Entre els 31 i els 45 anys les probabilitats masculines i femenines són molt similars, a partir dels 45 anys les probabilitats en els homes creixen a un major ritme que en les dones i augmenta la bretxa entre ambdós sexes.

Gràfic 6.54. Probabilitat de mort de 66 a 80 anys masculines i femenines generació 2012.

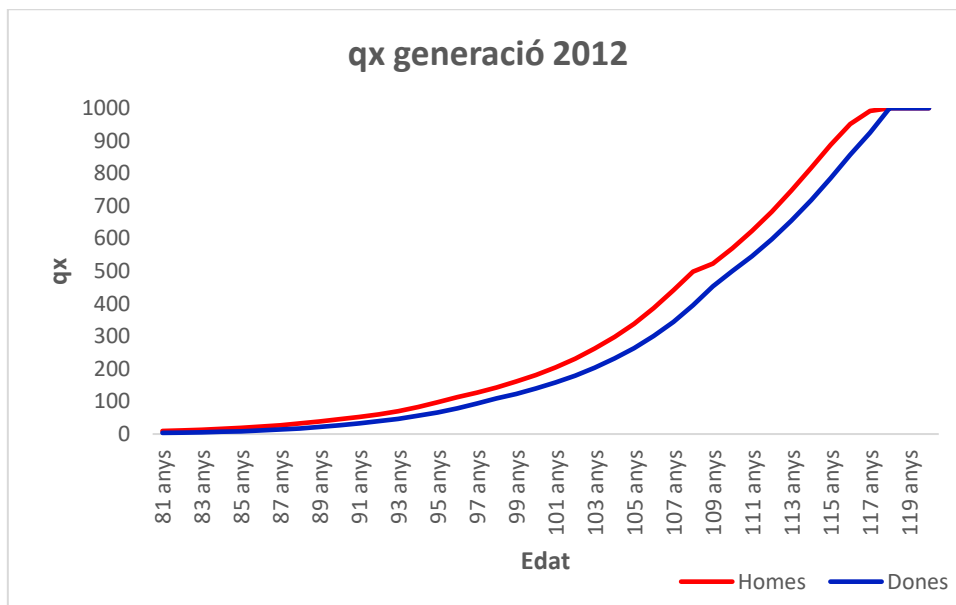


Font: BOE, Resolución de 17 de diciembre de 2020, de la Dirección General de Seguros y Fondos de Pensiones, relativa a las tablas de mortalidad y supervivencia a utilizar por las entidades aseguradoras y reaseguradoras. Elaboració pròpia.

Dels 66 als 80 anys també es pot veure com es manté la diferència entre homes i dones, que s'accentua a partir dels 75 anys, quan la probabilitat de morir pels homes creix més que per les dones.

En les últimes edats considerades, tant les probabilitats de morir per les dones com pels homes creixen de manera similar.

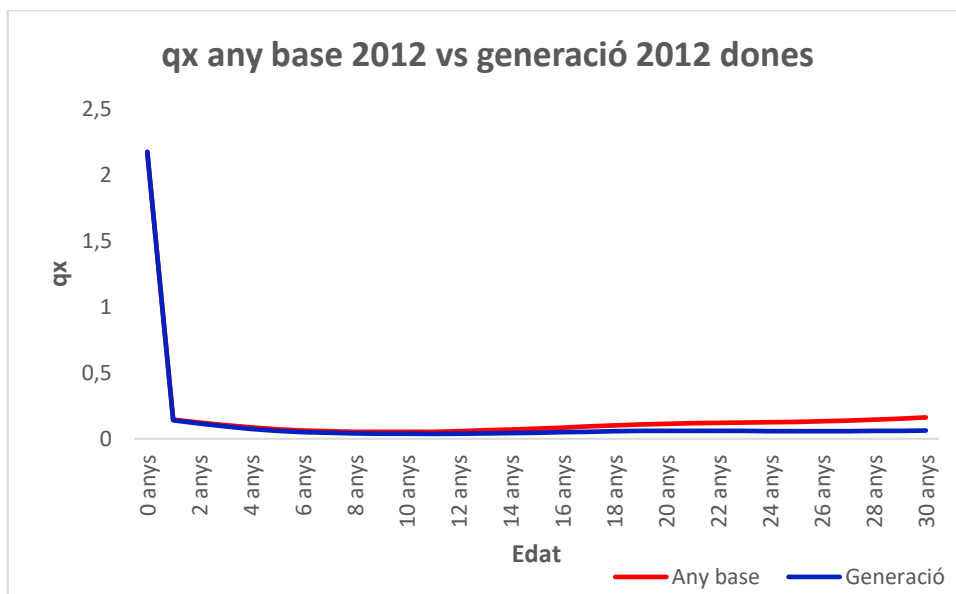
Gràfic 6.55. Probabilitat de mort de 81 a 120 anys masculines i femenines generació 2012.



Font: BOE, Resolución de 17 de diciembre de 2020, de la Dirección General de Seguros y Fondos de Pensiones, relativa a las tablas de mortalidad y supervivencia a utilizar por las entidades aseguradoras y reaseguradoras. Elaboració pròpia.

Finalment, per separat per cada sexe, es comparen les probabilitats de la taula base de l'any 2012 amb les probabilitats de la taula per la generació de l'any 2012.

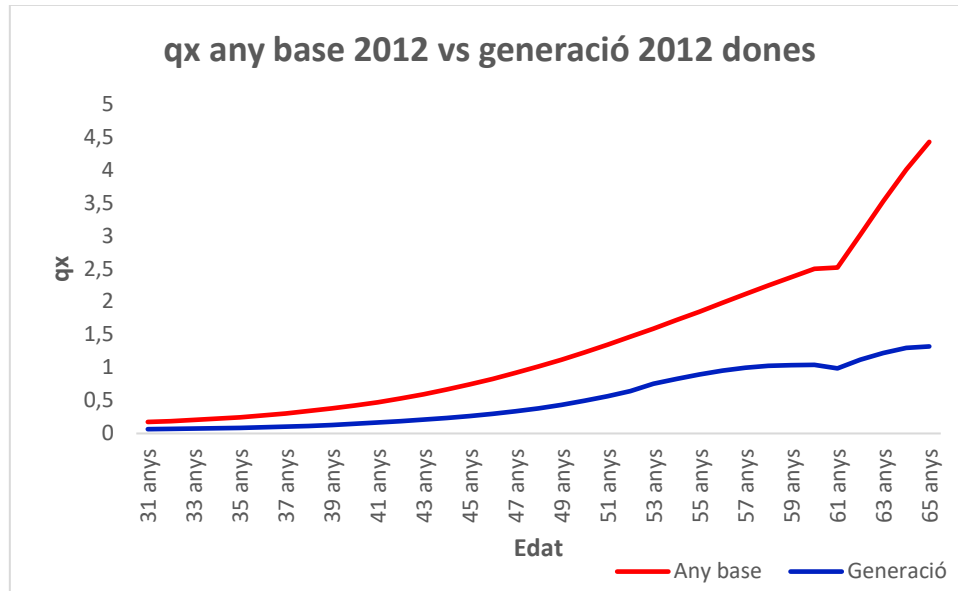
Gràfic 6.56. Probabilitat de mort de 0 a 30 anys femenines any base 2012 i generació 2012.



Font: BOE, Resolución de 17 de diciembre de 2020, de la Dirección General de Seguros y Fondos de Pensiones, relativa a las tablas de mortalidad y supervivencia a utilizar por las entidades aseguradoras y reaseguradoras. Elaboració pròpia.

Fins als 20 anys en el gràfic no s'aprecien diferències en les dones entre la mortalitat de la taula base i la mortalitat millorada, a partir d'aquella edat es veu com les dades de generació són inferiors a les de l'any base.

Gràfic 6.57. Probabilitat de mort de 31 a 65 anys femenines any base 2012 i generació 2012.

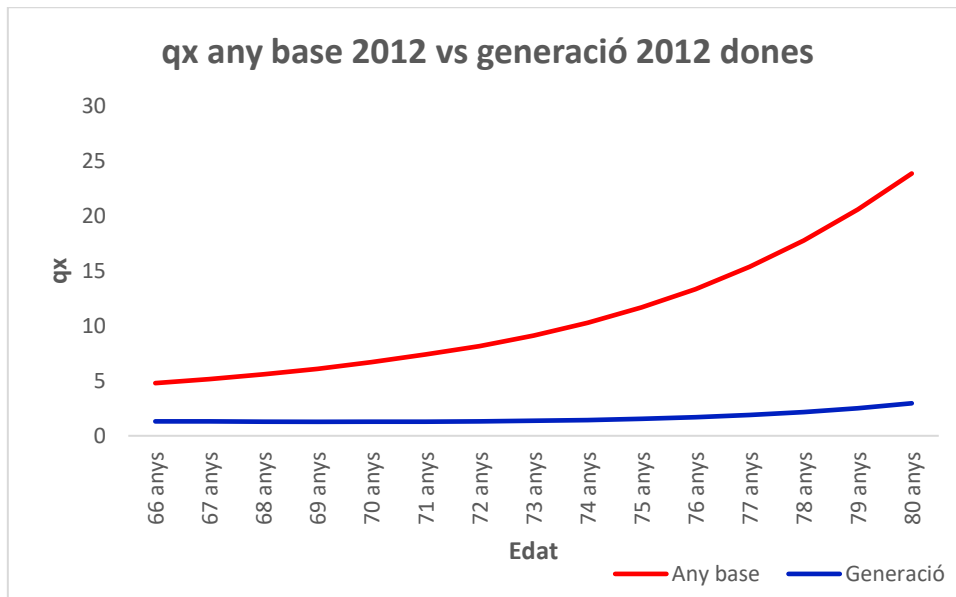


Font: BOE, Resolució de 17 de diciembre de 2020, de la Dirección General de Seguros y Fondos de Pensiones, relativa a las tablas de mortalidad y supervivencia a utilizar por las entidades aseguradoras y reaseguradoras. Elaboració pròpia.

A mesura que avança l'edat es van diferenciant les probabilitats de la generació de les de l'any base, ja que aquestes últimes creixen més ràpidament, sobretot a partir dels 50 anys, mentre que les generacionals tenen un creixement més suau.

Les probabilitats que s'obtenen per la generació de dones nascudes el 2012 de morir dels 66 als 80 anys són molt més baixes que les de l'any base 2012 i augmenta la bretxa entre ambdues sèries de dades.

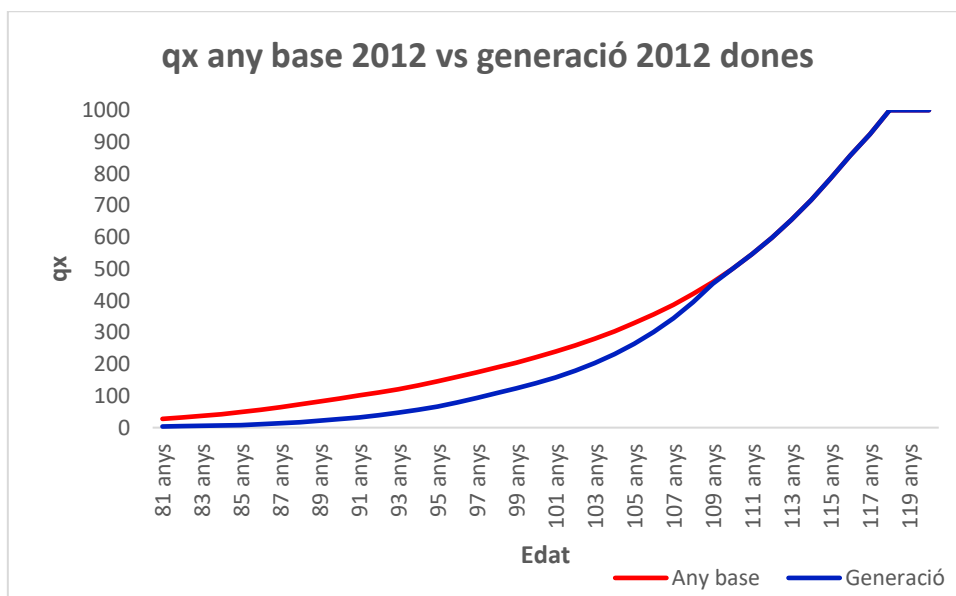
Gràfic 6.58. Probabilitat de mort de 66 a 80 anys femenines any base 2012 i generació 2012.



Font: BOE, Resolución de 17 de diciembre de 2020, de la Dirección General de Seguros y Fondos de Pensiones, relativa a las tablas de mortalidad y supervivencia a utilizar por las entidades aseguradoras y reaseguradoras. Elaboració pròpia.

A partir dels 80 anys els valors assolits per a la generació estan per sota dels de l'any base en les edats inicials i després ja s'igualen.

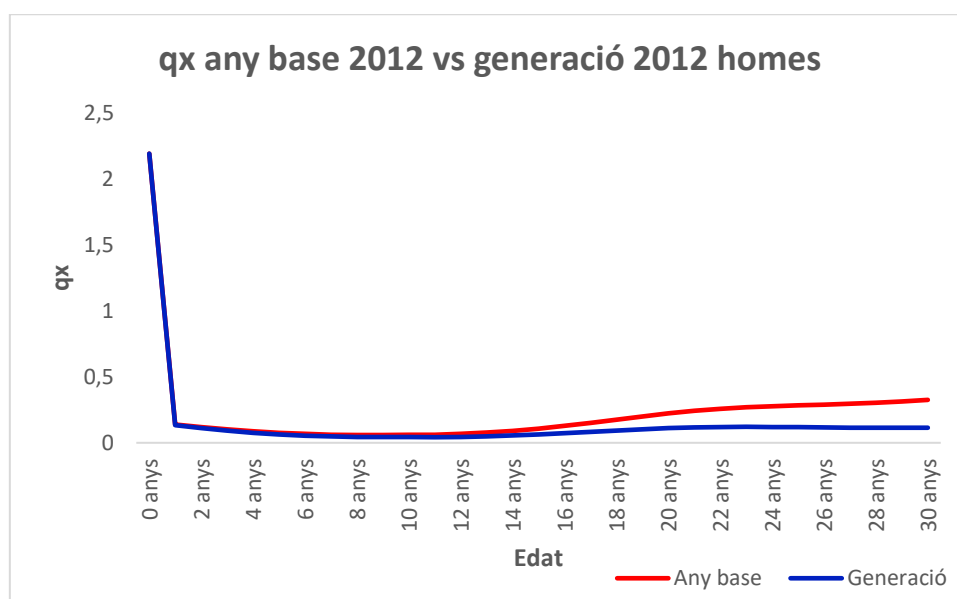
Gràfic 6.59. Probabilitat de mort de 81 a 120 anys femenines any base 2012 i generació 2012.



Font: BOE, Resolución de 17 de diciembre de 2020, de la Dirección General de Seguros y Fondos de Pensiones, relativa a las tablas de mortalidad y supervivencia a utilizar por las entidades aseguradoras y reaseguradoras. Elaboració pròpia.

En el cas dels homes, a partir dels 16 anys i fins als 30 anys es pot veure com les probabilitats de la taula generacional són més baixes que les de la taula base.

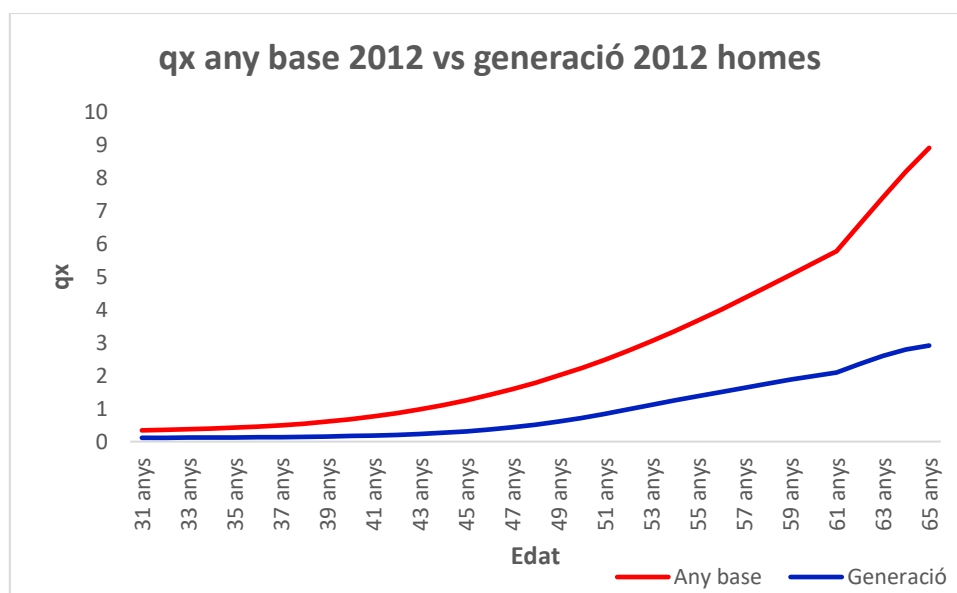
Gràfic 6.60. Probabilitat de mort de 0 a 30 anys masculines any base 2012 i generació 2012.



Font: BOE, Resolución de 17 de diciembre de 2020, de la Dirección General de Seguros y Fondos de Pensiones, relativa a las tablas de mortalidad y supervivencia a utilizar por las entidades aseguradoras y reaseguradoras. Elaboració pròpia.

Entre els 31 i els 65 anys encara s'observa amb més claredat que amb l'aplicació dels factors de millora disminueixen les probabilitats de morir a les diferents edats respecte a les dades inicials de l'any base i la diferència augmenta amb l'edat.

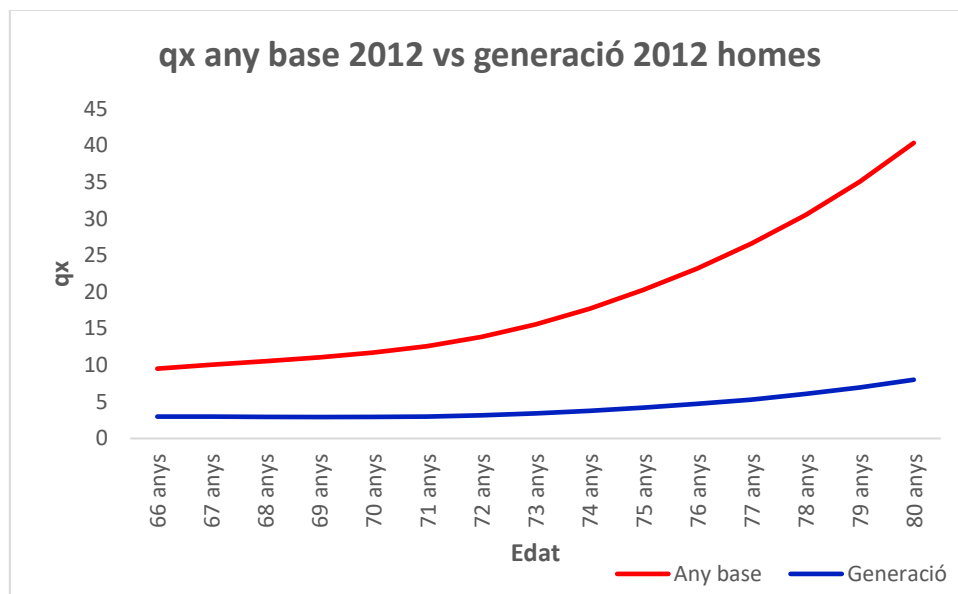
Gràfic 6.61. Probabilitat de mort de 31 a 65 anys masculines any base 2012 i generació 2012.



Font: BOE, Resolución de 17 de diciembre de 2020, de la Dirección General de Seguros y Fondos de Pensiones, relativa a las tablas de mortalidad y supervivencia a utilizar por las entidades aseguradoras y reaseguradoras. Elaboració pròpia.

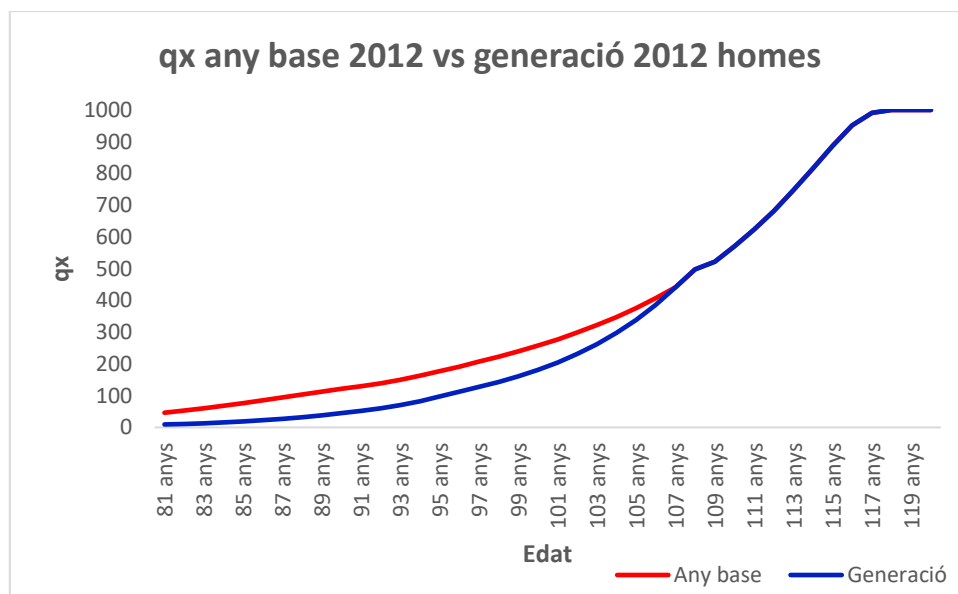
Es produeix la mateixa situació en el següent rang d'edats, dels 66 als 80 anys, les dades relatives a la taula generacional són més estables mentre que les probabilitats de la taula base tenen un fort creixement, sobretot a partir dels 72 anys.

Gràfic 6.62. Probabilitat de mort de 66 a 80 anys masculines any base 2012 i generació 2012.



Font: BOE, Resolució de 17 de diciembre de 2020, de la Dirección General de Seguros y Fondos de Pensiones, relativa a las tablas de mortalidad y supervivencia a utilizar por las entidades aseguradoras y reaseguradoras. Elaboració pròpia.

Gràfic 6.63. Probabilitat de mort de 81 a 120 anys masculines any base 2012 i generació 2012.



Font: BOE, Resolució de 17 de diciembre de 2020, de la Dirección General de Seguros y Fondos de Pensiones, relativa a las tablas de mortalidad y supervivencia a utilizar por las entidades aseguradoras y reaseguradoras. Elaboració pròpia.

En les últimes edats considerades, a partir dels 80 anys, les dues sèries segueixen una evolució similar, però mantenint-se les probabilitats de la taula generacional per sota de les de la taula base fins als 110 anys.

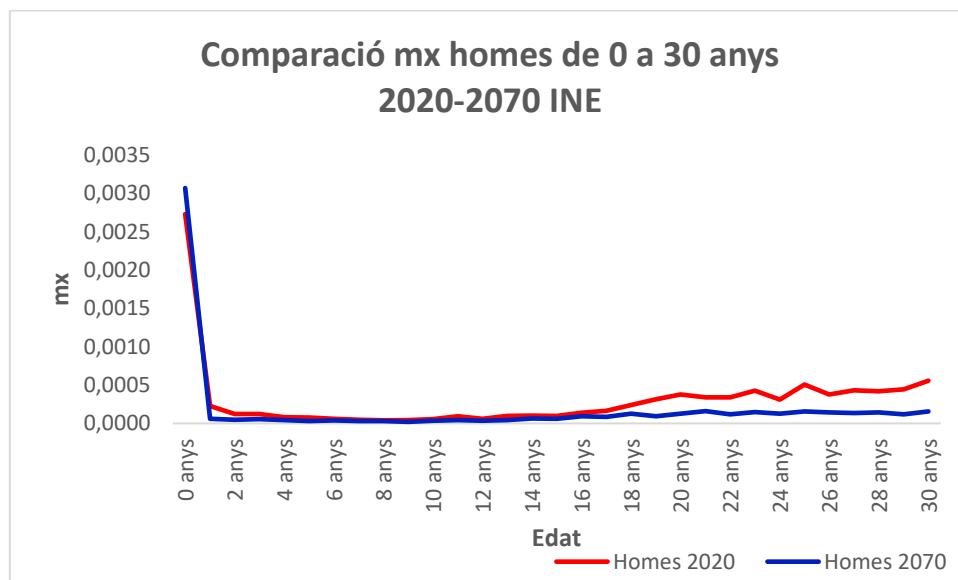
6.8. Taula de mortalitat projectada INE 2020 vs 2070

A continuació es mostren diferents gràfiques on es compara la taula de mortalitat de l'any 2020 de l'INE i la taula de mortalitat projectada de l'any 2070 també realitzada per l'INE, a partir de l'evolució de la mortalitat des de l'any 2020 durant el mig segle vinent.

S'utilitzen les taxes de mortalitat per edats anuals masculines i femenines. Per diferents segments d'edat es comparen, per separat, per cada sexe, les taxes del 2020 i del 2070.

Segons les projeccions, d'aquí a 50 anys la mortalitat en els homes fins als 30 anys tindrà un comportament semblant, amb unes taxes molt baixes, excepte en l'edat de 0 anys, i això suposaria que disminuiran les taxes masculines entre els 16 i els 30 anys respecte a les dades actuals. Si es compara la taxa de mortalitat als 0 anys es pot veure que el 2070 és lleugerament superior que el 2020, amb valors de 0,00307 i 0,00273, respectivament. Cal recordar que en les taules de mortalitat tipus que es fan servir com a base per fer les projeccions les taxes de mortalitat als 0 anys eren més altes que les observades el 2020 (amb la mateixa esperança de vida al naixement).

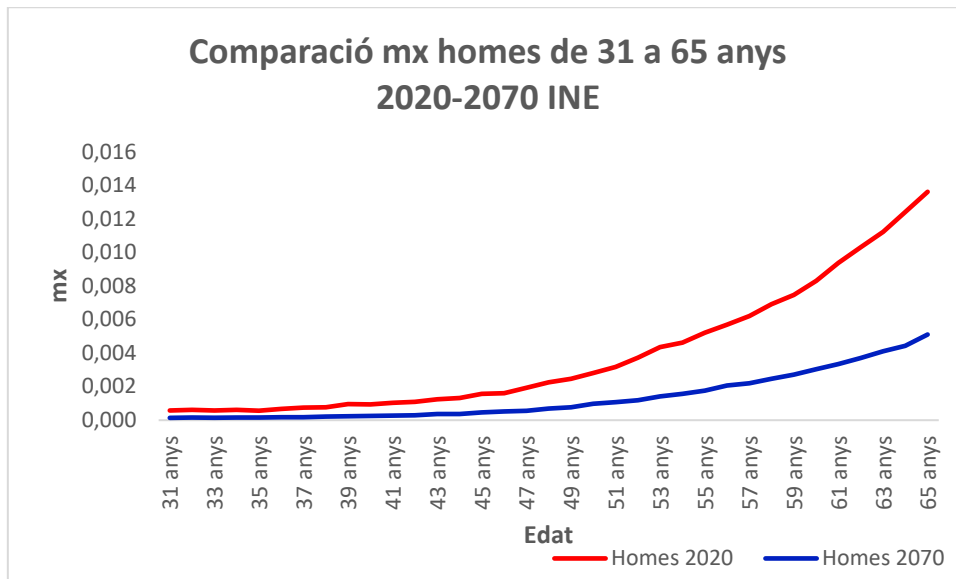
Gràfic 6.64. Taxes específiques de mortalitat de 0 a 30 anys masculines INE any 2020 i any 2070.



Font: INE, taula de mortalitat i projeccions de població. Elaboració pròpia.

Entre els 31 i els 65 anys millorarà la mortalitat pels durant els pròxims 50 anys, el creixement de les taxes a partir dels 45 anys és més suau el 2070 respecte al que s'observa el 2020, quan hi ha un augment més pronunciat amb l'edat.

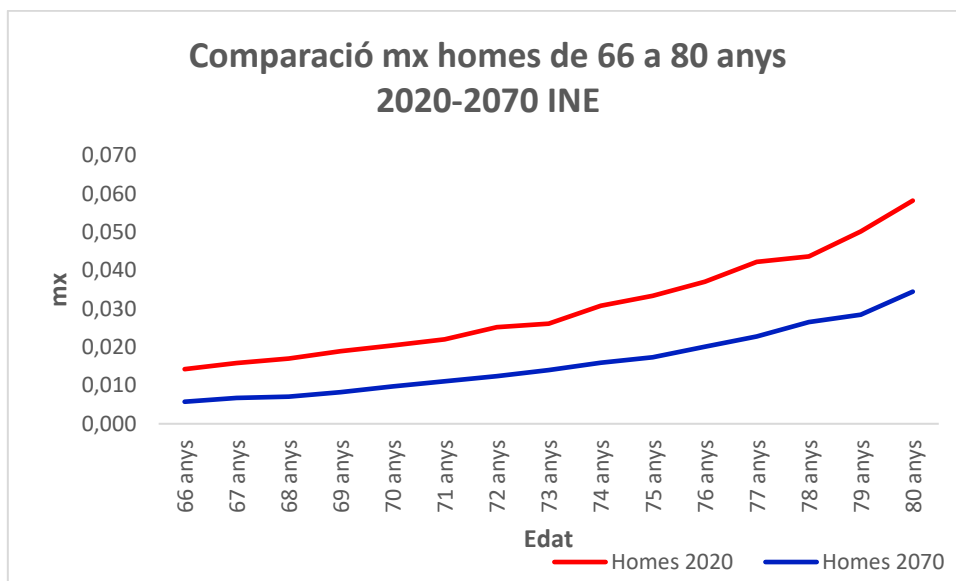
Gràfic 6.65. Taxes específiques de mortalitat de 31 a 65 anys masculines INE any 2020 i any 2070.



Font: INE, taula de mortalitat i projeccions de població. Elaboració pròpia.

Entre els 66 i els 80 anys també es redueix la incidència de la mortalitat i la diferència entre les taxes masculines del 2020 i del 2070 s'eixamplen a partir dels 73 anys.

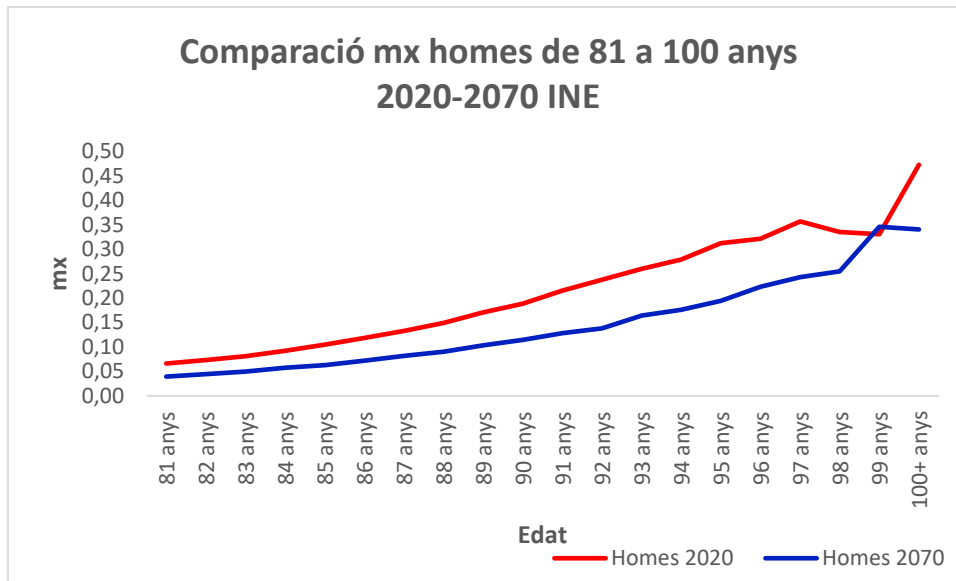
Gràfic 6.66. Taxes específiques de mortalitat de 66 a 80 anys masculines INE any 2020 i any 2070.



Font: INE, taula de mortalitat i projeccions de població. Elaboració pròpia.

De manera similar als rangs d'edat anteriors, a partir dels 80 anys disminueixen les taxes de mortalitat d'aquí a 50 anys, sobretot a partir dels 90 anys.

Gràfic 6.67. Taxes específiques de mortalitat de 81 a 100 anys i més masculines INE any 2020 i any 2070.



Font: INE, taula de mortalitat i projeccions de població. Elaboració pròpia.

Les següents gràfiques mostren la mateixa anàlisi, però per a la població femenina i s'obtenen els resultats en l'evolució de la mortalitat projectada pels 50 anys vivents en comparació amb la situació actual.

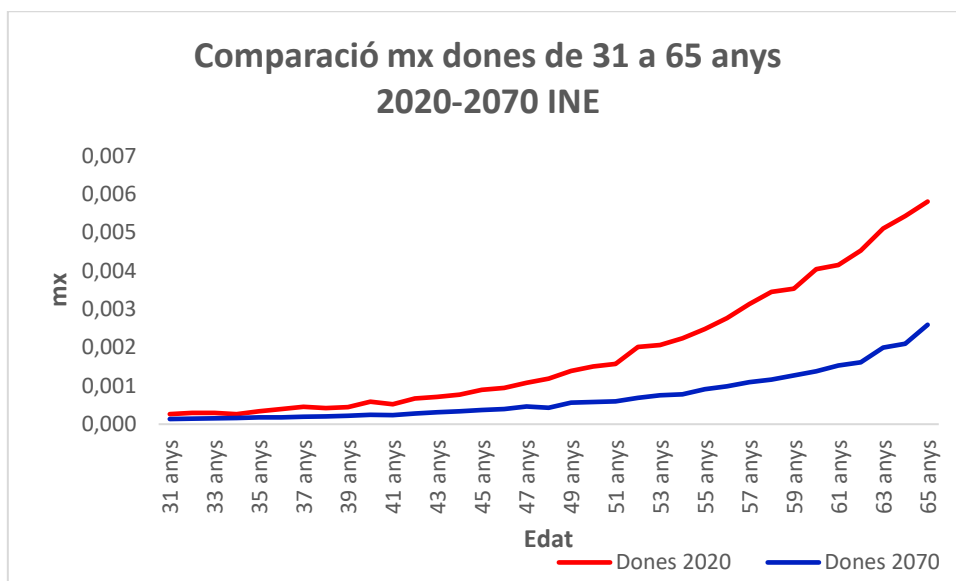
Gràfic 6.68. Taxes específiques de mortalitat de 0 a 30 anys femenines INE any 2020 i any 2070.



Font: INE, taula de mortalitat i projeccions de població. Elaboració pròpia.

Els dos gràfics tenen un comportament molt similar, no s'aprecien gaires diferències entre les taxes de l'any 2020 i les projectades per a l'any 2070. Però, igual que en el cas dels homes, la taxa als 0 anys en les dones és més gran al 2070 (0,00308) que el 2020 (0,023), a causa de les taules tipus que s'apliquen per fer les projeccions.

Gràfic 6.69. Taxes específiques de mortalitat de 31 a 65 anys femenines INE any 2020 i any 2070.

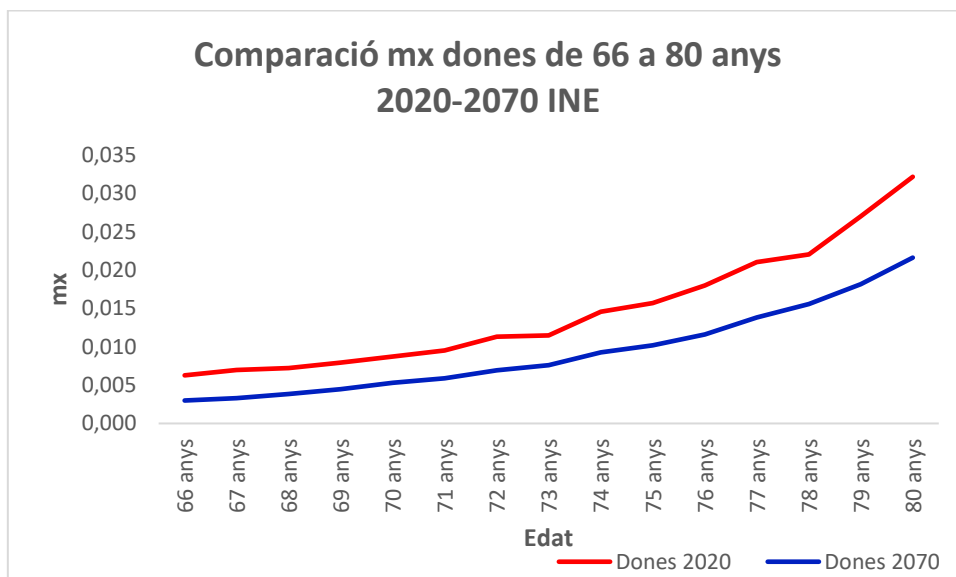


Font: INE, taula de mortalitat i projeccions de població. Elaboració pròpia.

Entre els 31 i els 65 anys les taxes de mortalitat decauen entre 2020 i 2070, però sobretot es veuen les diferències a partir dels 50 anys, ja que el ritme de creixement de la mortalitat amb l'edat és molt superior actualment que el que s'espera d'aquí a mig segle.

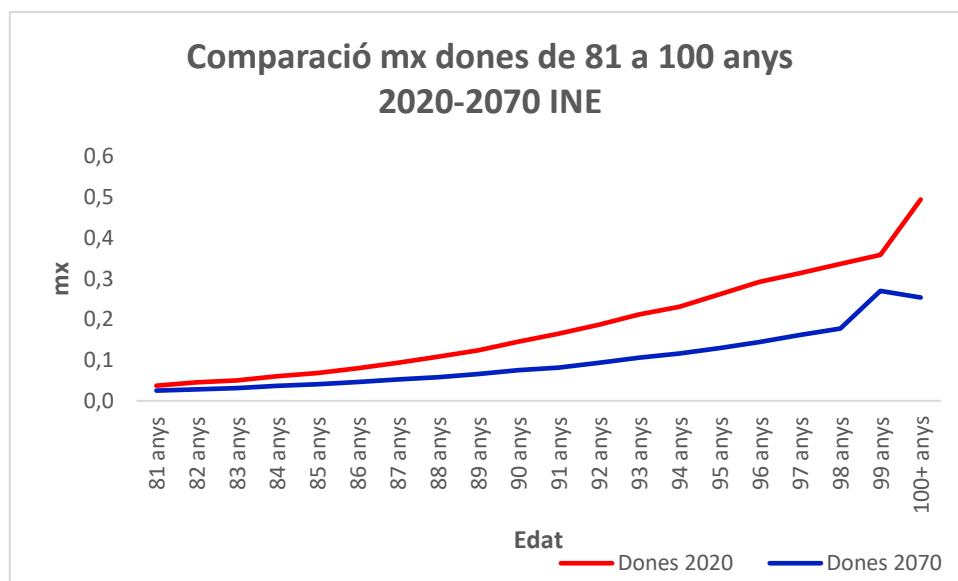
Dels 66 als 80 anys l'evolució de les dues sèries és similar, però en conjunt, les taxes de l'any 2070 seran inferiors a les de l'any 2020.

Gràfic 6.70. Taxes específiques de mortalitat de 66 a 80 anys femenines INE any 2020 i any 2070.



Font: INE, taula de mortalitat i projeccions de població. Elaboració pròpia.

Gràfic 6.71. Taxes específiques de mortalitat de 81 a 100 anys i més femenines INE any 2020 i any 2070.

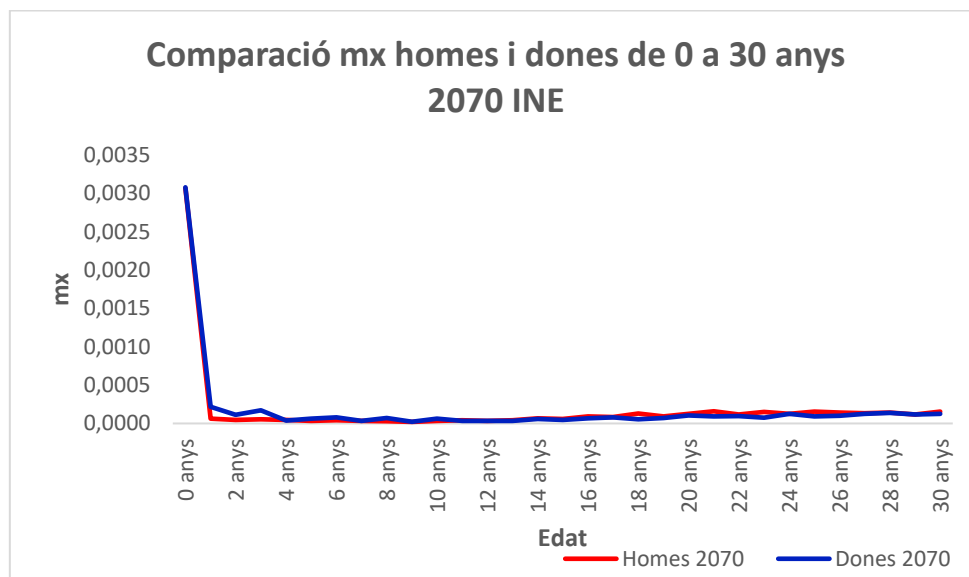


Font: INE, taula de mortalitat i projeccions de població. Elaboració pròpia.

En les últimes edats de la taula la mortalitat en les dones el 2070 té un creixement amb l'edat menys pronunciat que al 2020 i es redueix la mortalitat en totes les edats en els 50 anys vinents.

A continuació, en els següents gràfics es comparen les taxes de mortalitat masculines i femenines el 2070, per diferents segments d'edat, segons els resultats de les projeccions de l'INE.

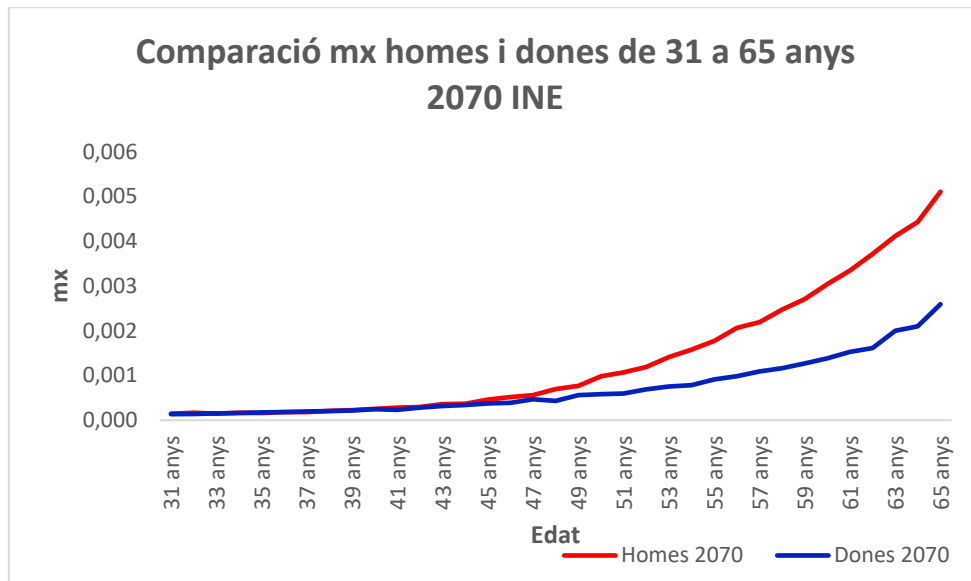
Gràfic 6.72. Taxes específiques de mortalitat de 0 a 30 anys masculines i femenines INE any 2070.



Font: INE, projeccions de població. Elaboració pròpia.

Fins als 30 anys el comportament de la mortalitat en homes i dones és molt semblant i no s'aprecien en el gràfic diferències entre sexes.

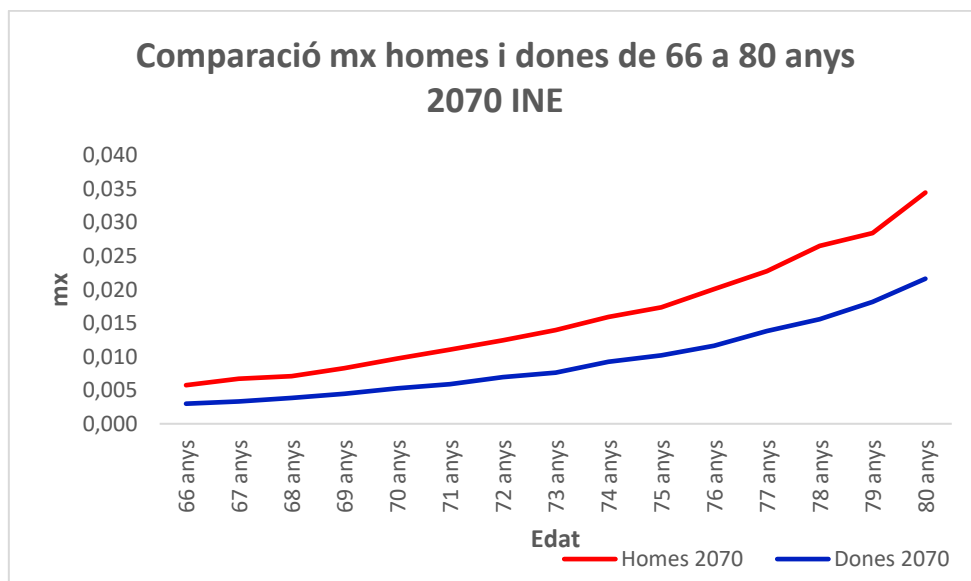
Gràfic 6.73. Taxes específiques de mortalitat de 31 a 65 anys masculines i femenines INE any 2070.



Font: INE, projeccions de població. Elaboració pròpia.

A partir dels 45 anys el creixement de la mortalitat amb l'edat és més ràpid en els homes que en les dones, per tant, la bretxa entre gèneres va en augment fins a arribar als 65 anys.

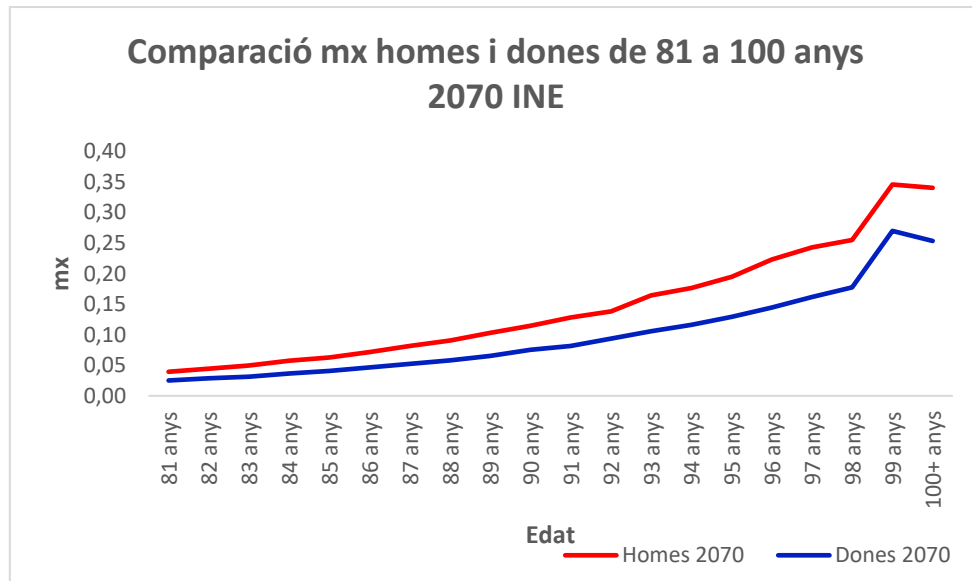
Gràfic 6.74. Taxes específiques de mortalitat de 66 a 80 anys masculines i femenines INE any 2070.



Font: INE, projeccions de població. Elaboració pròpia.

L'evolució de les taxes de mortalitat projectades el 2070 amb l'edat en homes i dones entre els 66 i els 80 anys segueixen un ritme semblant, però amb un creixement lleugerament superior en els homes a partir dels 73 anys.

Gràfic 6.75. Taxes específiques de mortalitat de 81 a 100 anys i més masculines i femenines INE any 2070.



Font: INE, projeccions de població. Elaboració pròpia.

Finalment, a partir dels 81 anys també s'observa el mateix que en els segments d'edat anteriors al 2070. Les taxes masculines són superiors a les femenines i la bretxa entre gènere es va incrementant amb l'edat.

CONCLUSIONS

A l'inici del treball es van marcar cinc objectius: definir i construir taules de mortalitat de moment per a Espanya, analitzar les taules de mortalitat completes i abreujades, estudiar l'elaboració de les taules de mortalitat que tenen en compte la generació i l'evolució temporal de la mortalitat, descriure les taules de mortalitat tipus i les seves aplicacions i, per últim, fer una comparativa dels resultats de diferents taules de mortalitat d'Espanya. Així doncs, un cop realitzat tot l'estudi corresponent es realitza una síntesi dels diferents apartats per tal de cobrir la finalitat d'aquest.

S'han distingit dos tipus de taules de mortalitat, la de moment i la de generació. La taula de mortalitat de moment presenta dades per un període anual i permet obtenir l'esperança de vida al naixement. Els resultats obtinguts de les dades de l'INE, l'Eurostat i l'HMD són pràcticament iguals amb relatives diferències per l'últim grup d'edat. La taula de mortalitat de generació permet estudiar el comportament de la mortalitat d'una generació real. En el cas de l'HMD, s'ha observat el procés de construcció d'una taula de mortalitat per una generació ja extingida. A partir de la taula base de l'any 2012 i uns factors de millora de la mortalitat s'ha estudiat el procediment de construcció d'una taula dinàmica, en aquest cas, de la taula PER2020 per la generació de nascuts el 2012.

Les taules de mortalitat també es poden classificar segons com es consideren les edats. Les taules clàssiques presenten les dades per edats anuals, així publica l'INE aquest tipus de taules pel conjunt d'Espanya. En canvi, per les comunitats autònomes i províncies es presenten les dades per grups plurianuals d'edat i s'anomenen taules abreujades.

També s'ha definit un altre tipus de taula anomenada taula tipus, que es publiquen amb la denominació de taules de Coale-Demeny i taules de les Nacions Unides, que es caracteritzen perquè l'estructura de la mortalitat no corresponen a una població real. En demografia aquestes taules tenen diferents aplicacions, com és el cas de les projeccions de població, tal com ha fet l'INE en el cas d'Espanya des de l'any 2016.

Finalment, s'ha considerat la projecció de la mortalitat, en la qual existeixen una multitud de metodologies per l'estimació de les variables, com la del model de Lee-Carter que utilitza l'anàlisi de components principals per descompondre la matriu edat-temps. També s'han estudiat les projeccions de l'INE, les quals mitjançant una regressió lineal d'una funció logística projecten l'esperança de vida al naixement.

A partir de dades de defuncions i població de l'INE, s'han construït un conjunt de taules de moment completes i abreujades de la població masculina i femenina a Espanya de l'any 2020 aplicant el mètode actuarial. S'ha evidenciat que l'esperança de vida al naixement de les dones per aquest període és aproximadament cinc anys superior a la dels homes i, que la probabilitat de supervivència de les dones també és més alta, per tant, les dones actualment tendeixen a viure més anys que els homes.

Mitjançant el model de Lee-Carter i les dades a Espanya de 1979 a 2019 s'ha obtingut la mortalitat projectada pels anys de 2020 a 2040, concloent que la mortalitat augmenta amb l'increment de l'edat i a la vegada és menor a mesura que passen els anys de calendari.

S'han calculat les probabilitats de morir mitjançant la taula dinàmica PER2020 per la generació d'individus nascuts el 2012. Destaca que els factors de millora són diferents en homes i dones, entre els 7 i els 62 anys el factor de les dones està per sota del dels homes i a partir dels 62 anys és a l'inrevés. Les probabilitats de la generació de nascuts el 2012 aniran disminuint a mesura que s'incrementa l'edat respecte a les probabilitats de la taula de l'any base a causa de l'efecte dels factors de millora.

S'ha realitzat una comparativa de les taules de mortalitat de l'INE de l'any 2020 amb les taules tipus de Coale-Demeny del Sector Est pels homes (amb esperança de vida en néixer de 80 anys) i del sector Oest per les dones (amb esperança de vida en néixer de 85 anys). S'ha conclòs que les taules tipus de Coale-Demeny presenten taxes específiques de mortalitat més elevades en els homes que en les dones, que en els homes les taxes de la taula tipus són inferiors a les de l'INE entre els 31 i els 70 anys i dels 98 als 100 anys i són superiors entre els 72 i 80 anys i, finalment, que en les dones les taxes de la taula tipus són inferiors entre els 45 i 65 anys i a partir dels 86 anys a les de l'INE i superiors entre els 70 i els 80 anys.

A partir de les comparacions de les taules de l'HMD de període de 1910 amb les de generació de 1910 i de les de període de 1910 amb les de període de 2020 s'ha evidenciat que tant pels homes com per les dones les taxes de generació de 1910 són més baixes que les de període, sobretot entre els 65 i els 85 anys. Destaca també que entre el període de 1910 a 2020 disminueix la mortalitat infantil (0 anys), de la infància (d'1 a 4 anys) i la mortalitat entre els 60 i els 90 anys, tant per la població masculina com femenina.

La comparativa entre la taula de mortalitat de l'INE de 2020 i la projecció del model de Lee-Carter de 2020 ha presentat que les taxes de mortalitat de l'INE són superiors a les estimades amb el model de Lee-Carter pels homes als 0 anys, entre els 18 i els 30 anys i a partir dels 55 anys (excepte als 99 i 100 anys) i també per les dones als 0 anys i a partir dels 52 anys.

Finalment, de la comparació entre la taula de l'INE de 2020 i la taula projecta pel 2070 s'ha conclòs que la mortalitat als 0 anys serà superior tant en homes i dones el 2070. En les dones, a partir dels 50 anys s'espera que el creixement de les taxes amb l'edat sigui més suau el 2070 que el 2020. En els homes, s'observa com les taxes entre els 18 i 30 anys decreix el 2070 respecte el 2020 i a partir dels 45 anys l'augment de les taxes amb l'edat el 2070 també s'espera que sigui més moderat que al 2020. S'espera que per l'any 2070 l'esperança de vida al naixement creixi en 4,9 anys pels homes i en 3,8 en dones respecte al 2020, essent les esperances de vida al naixement de 85,8 i 90 anys respectivament. Pel que fa a l'esperança de vida als 65 anys s'estima que aquesta serà de 22,5 anys pels homes i de 26,3 anys per les dones suposant un guany de 3,8 i 3,6 anys respectivament.

BIBLIOGRAFIA

Andreev, E.M.; Kingkade, W.W. (2015). Average age at death in infancy and infant mortality level: Reconsidering the Coale-Demeny formulas at current levels of low mortality. *Demographic Research*, 33, 13, pp. 363-390.

Boletín Oficial del Estado, BOE (2020). *Resolución de 17 de diciembre de 2020, de la Dirección General de Seguros y Fondos de Pensiones, relativa a las tablas de mortalidad y supervivencia a utilizar por las entidades aseguradoras y reaseguradoras.*

Buettner, T. (2002). Approaches and experiences in projecting mortality patterns for the oldest-old. *North American Actuarial Journal*, 6,3, pp. 14-29.

Coale, A.; Demeny, P. (1966). *Regional Model Life Tables and Stable Population*. Princeton University Press.

Coale, A.; Demeny, P. (1983). *Regional model life tables and stable population*. Academic Press. New York.

Coale, A.; Guo, G. (1989). Revised Regional Model Life Tables at very low levels of Mortality. *Population Index*, 55,4, pp. 613-643.

De la Guardia, V. (2022). Tablas biométricas 2020. Estudio metodológico e impacto en la tarificación de los seguros de vida. *Trabajo de final de Máster. Universidad de Barcelona*. http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/191188/1/TFM-CAF_GuardiaCayuela.pdf

Fernández, A. (2021). Tablas actuariales de supervivencia y mortalidad dinámicas con hoja de cálculo. <https://riuma.uma.es/xmlui/bitstream/handle/10630/23265/TASMDHC.pdf?sequence=1>

Instituto Nacional de Estadística, INE (2007). *Metodología empleada en el cálculo de las tablas de mortalidad de la población de España 1992-2005*. https://www.ine.es/daco/daco42/mortalidad/metodo_9205.pdf

Instituto Nacional de Estadística, INE (2013). *Estadísticas del Movimiento Natural de la Población. Metodología*. <https://www.ine.es/metodologia/t20/t2030301.pdf>

Instituto Nacional de Estadística, INE (2016). *Tablas de mortalidad. Metodología*. <https://www.ine.es/metodologia/t20/t2020319a.pdf>

Instituto Nacional de Estadística, INE (2020). *Cifras de población. Metodología*. https://www.ine.es/inebaseDYN/cp30321/docs/metodo_cifras_pobla.pdf

Instituto Nacional de Estadística, INE (2022). *Proyecciones de la población de España 2022-2072. Metodología*. https://www.ine.es/metodologia/t20/metopropob_2022_2072.pdf

Lee, R.D.; Carter, L.R. (1992). Modeling and forecasting U.S. mortality. *Journal of the American Statistical Association*, vol. 87, nº 419, pp. 659-671.

Nacions Unides (1955). Age and sex patterns of mortality. Model life-tables for under-developed countries. *Department of Social Affairs. Population Branch.*

Nacions Unides (1982). Model life-tables for developing countries. *Department of International and Social Affairs. Population Studies, nº 7.*

Nacions Unides (2011). Notes for the Extended Model Life Tables (version 1.3).

https://www.un.org/development/desa/pd/sites/www.un.org.development.desa.pd/files/unpd_2011_mlt_notes.pdf

Renshaw, A.E.; Haberman, S. (2006). A cohort-based extension to the Lee-Carter model for mortality reduction factors. *Insurance: Mathematics and Economics, 38*, pp. 556-570.

Vinuesa, J.; Zamora, F.; Gènova, R.; Serrano, P.; Recaño, J. (1997). *Demografía. Análisis y proyecciones.* Editorial Síntesis. Madrid.

Wilmoth, J.R.; Andreev, K.; Jdanov, D.; Gleijer, D.A. (2021). *Methods protocol for the Human Mortality Database.*

<https://www.mortality.org/File/GetDocument/Public/Docs/MethodsProtocolV6.pdf>

ANNEX

Taula de mortalitat clàssica de la població espanyola total de l'any 2020

Edat	Població per edat	Defuncions per edat	m_x	q_x	p_x	l_x	d_x	L_x	T_x	e_x
0 anys	350891	890	0,00254	0,00217	0,99783	100.000	217	99.892	8.225.848	82,26
1 anys	371130	76	0,00020	0,00020	0,99980	99.783	20	99.773	8.125.956	81,44
2 anys	393687	43	0,00011	0,00011	0,99989	99.763	11	99.757	8.026.183	80,45
3 anys	418457	47	0,00011	0,00011	0,99989	99.752	11	99.746	7.926.426	79,46
4 anys	435960	22	0,00005	0,00005	0,99995	99.741	5	99.738	7.826.680	78,47
5 anys	445370	31	0,00007	0,00007	0,99993	99.736	7	99.732	7.726.942	77,47
6 anys	446551	30	0,00007	0,00007	0,99993	99.729	7	99.725	7.627.209	76,48
7 anys	456166	29	0,00006	0,00006	0,99994	99.722	6	99.719	7.527.484	75,48
8 anys	476873	29	0,00006	0,00006	0,99994	99.716	6	99.713	7.427.765	74,49
9 anys	487940	20	0,00004	0,00004	0,99996	99.710	4	99.708	7.328.053	73,49
10 anys	495478	26	0,00005	0,00005	0,99995	99.705	5	99.703	7.228.345	72,50
11 anys	513689	44	0,00009	0,00009	0,99991	99.700	9	99.696	7.128.642	71,50
12 anys	517973	31	0,00006	0,00006	0,99994	99.692	6	99.689	7.028.947	70,51
13 anys	508037	38	0,00007	0,00007	0,99993	99.686	7	99.682	6.929.258	69,51
14 anys	502314	50	0,00010	0,00010	0,99990	99.678	10	99.673	6.829.576	68,52
15 anys	495897	54	0,00011	0,00011	0,99989	99.668	11	99.663	6.729.903	67,52
16 anys	490677	62	0,00013	0,00013	0,99987	99.657	13	99.651	6.630.240	66,53
17 anys	480011	70	0,00015	0,00015	0,99985	99.645	15	99.638	6.530.588	65,54
18 anys	474693	88	0,00019	0,00019	0,99981	99.630	18	99.621	6.430.951	64,55
19 anys	479271	105	0,00022	0,00022	0,99978	99.612	22	99.601	6.331.330	63,56
20 anys	479087	125	0,00026	0,00026	0,99974	99.590	26	99.577	6.231.729	62,57
21 anys	471820	108	0,00023	0,00023	0,99977	99.564	23	99.553	6.132.152	61,59
22 anys	471343	116	0,00025	0,00025	0,99975	99.541	24	99.529	6.032.599	60,60
23 anys	475303	143	0,00030	0,00030	0,99970	99.517	30	99.502	5.933.070	59,62
24 anys	476656	117	0,00025	0,00025	0,99975	99.487	24	99.475	5.833.568	58,64
25 anys	482582	169	0,00035	0,00035	0,99965	99.462	35	99.445	5.734.093	57,65
26 anys	496556	145	0,00029	0,00029	0,99971	99.428	29	99.413	5.634.648	56,67
27 anys	514213	166	0,00032	0,00032	0,99968	99.399	32	99.383	5.535.235	55,69
28 anys	521408	171	0,00033	0,00033	0,99967	99.367	33	99.350	5.435.853	54,71
29 anys	524513	172	0,00033	0,00033	0,99967	99.334	33	99.318	5.336.502	53,72
30 anys	532875	216	0,00041	0,00041	0,99959	99.301	40	99.281	5.237.185	52,74
31 anys	541946	236	0,00044	0,00044	0,99956	99.261	43	99.240	5.137.903	51,76
32 anys	550329	260	0,00047	0,00047	0,99953	99.218	47	99.194	5.038.664	50,78
33 anys	560646	252	0,00045	0,00045	0,99955	99.171	45	99.149	4.939.469	49,81
34 anys	577286	260	0,00045	0,00045	0,99955	99.126	45	99.104	4.840.321	48,83
35 anys	598515	276	0,00046	0,00046	0,99954	99.082	46	99.059	4.741.216	47,85
36 anys	619875	334	0,00054	0,00054	0,99946	99.036	53	99.009	4.642.157	46,87
37 anys	648186	396	0,00061	0,00061	0,99939	98.983	60	98.953	4.543.148	45,90
38 anys	681566	414	0,00061	0,00061	0,99939	98.922	60	98.892	4.444.195	44,93
39 anys	713819	515	0,00072	0,00072	0,99928	98.862	71	98.827	4.345.303	43,95
40 anys	742080	577	0,00078	0,00078	0,99922	98.791	77	98.753	4.246.476	42,98
41 anys	770352	612	0,00079	0,00079	0,99921	98.714	78	98.675	4.147.724	42,02
42 anys	792906	704	0,00089	0,00089	0,99911	98.636	88	98.592	4.049.049	41,05
43 anys	805546	801	0,00099	0,00099	0,99901	98.548	98	98.499	3.950.457	40,09
44 anys	809763	862	0,00106	0,00106	0,99894	98.450	105	98.398	3.851.957	39,13
45 anys	803733	1.006	0,00125	0,00125	0,99875	98.346	123	98.284	3.753.559	38,17
46 anys	791116	1.021	0,00129	0,00129	0,99871	98.223	127	98.159	3.655.275	37,21
47 anys	779560	1.190	0,00153	0,00153	0,99847	98.096	150	98.021	3.557.116	36,26
48 anys	771492	1.341	0,00174	0,00174	0,99826	97.946	170	97.861	3.459.095	35,32
49 anys	759561	1.487	0,00196	0,00196	0,99804	97.776	191	97.681	3.361.234	34,38
50 anys	749840	1.633	0,00218	0,00218	0,99782	97.585	212	97.479	3.263.553	33,44
51 anys	742194	1.773	0,00239	0,00239	0,99761	97.373	232	97.256	3.166.074	32,52
52 anys	740177	2.142	0,00289	0,00289	0,99711	97.140	281	97.000	3.068.818	31,59
53 anys	732210	2.364	0,00323	0,00322	0,99678	96.860	312	96.703	2.971.818	30,68
54 anys	719153	2.477	0,00344	0,00344	0,99656	96.547	332	96.381	2.875.114	29,78
55 anys	719317	2.780	0,00386	0,00386	0,99614	96.215	371	96.030	2.778.733	28,88

56 anys	704878	2.986	0,00424	0,00423	0,99577	95.844	405	95.642	2.682.703	27,99
57 anys	674552	3.150	0,00467	0,00466	0,99534	95.439	445	95.217	2.587.062	27,11
58 anys	653624	3.391	0,00519	0,00517	0,99483	94.994	492	94.749	2.491.845	26,23
59 anys	645531	3.540	0,00548	0,00547	0,99453	94.503	517	94.245	2.397.096	25,37
60 anys	636033	3.924	0,00617	0,00615	0,99385	93.986	578	93.697	2.302.851	24,50
61 anys	617528	4.162	0,00674	0,00672	0,99328	93.408	627	93.094	2.209.154	23,65
62 anys	600659	4.442	0,00740	0,00737	0,99263	92.781	684	92.439	2.116.060	22,81
63 anys	571528	4.636	0,00811	0,00808	0,99192	92.097	744	91.725	2.023.621	21,97
64 anys	541370	4.803	0,00887	0,00883	0,99117	91.353	807	90.950	1.931.896	21,15
65 anys	518661	4.984	0,00961	0,00956	0,99044	90.546	866	90.113	1.840.947	20,33
66 anys	504161	5.116	0,01015	0,01010	0,98990	89.680	905	89.227	1.750.834	19,52
67 anys	500412	5.659	0,01131	0,01125	0,98875	88.775	998	88.276	1.661.606	18,72
68 anys	480461	5.737	0,01194	0,01187	0,98813	87.776	1.042	87.255	1.573.331	17,92
69 anys	456432	6.040	0,01323	0,01315	0,98685	86.735	1.140	86.164	1.486.075	17,13
70 anys	456251	6.535	0,01432	0,01422	0,98578	85.594	1.217	84.986	1.399.911	16,36
71 anys	470782	7.279	0,01546	0,01534	0,98466	84.377	1.295	83.730	1.314.925	15,58
72 anys	455910	8.128	0,01783	0,01767	0,98233	83.082	1.468	82.348	1.231.195	14,82
73 anys	420658	7.718	0,01835	0,01818	0,98182	81.614	1.484	80.872	1.148.847	14,08
74 anys	414418	9.156	0,02209	0,02185	0,97815	80.131	1.751	79.255	1.067.974	13,33
75 anys	407069	9.691	0,02381	0,02353	0,97647	78.380	1.844	77.458	988.719	12,61
76 anys	386908	10.344	0,02674	0,02638	0,97362	76.535	2.019	75.526	911.262	11,91
77 anys	351034	10.762	0,03066	0,03020	0,96980	74.516	2.250	73.391	835.736	11,22
78 anys	305775	9.710	0,03176	0,03126	0,96874	72.266	2.259	71.137	762.345	10,55
79 anys	317510	11.868	0,03738	0,03669	0,96331	70.007	2.569	68.723	691.208	9,87
80 anys	283877	12.343	0,04348	0,04255	0,95745	67.439	2.870	66.004	622.485	9,23
81 anys	232325	11.544	0,04969	0,04848	0,95152	64.569	3.131	63.003	556.481	8,62
82 anys	251133	14.350	0,05714	0,05555	0,94445	61.438	3.413	59.732	493.478	8,03
83 anys	265563	16.762	0,06312	0,06119	0,93881	58.025	3.550	56.250	433.746	7,48
84 anys	259019	19.046	0,07353	0,07092	0,92908	54.475	3.864	52.543	377.497	6,93
85 anys	237657	19.809	0,08335	0,08002	0,91998	50.611	4.050	48.586	324.954	6,42
86 anys	221513	21.188	0,09565	0,09129	0,90871	46.561	4.250	44.436	276.368	5,94
87 anys	203782	22.259	0,10923	0,10357	0,89643	42.311	4.382	40.120	231.931	5,48
88 anys	177880	22.231	0,12498	0,11763	0,88237	37.929	4.461	35.698	191.812	5,06
89 anys	153376	21.907	0,14283	0,13331	0,86669	33.467	4.462	31.236	156.114	4,66
90 anys	130115	21.152	0,16256	0,15034	0,84966	29.006	4.361	26.825	124.877	4,31
91 anys	106442	19.673	0,18482	0,16919	0,83081	24.645	4.170	22.560	98.052	3,98
92 anys	85380	17.666	0,20691	0,18751	0,81249	20.475	3.839	18.556	75.492	3,69
93 anys	67017	15.504	0,23134	0,20736	0,79264	16.636	3.450	14.911	56.936	3,42
94 anys	52576	13.189	0,25086	0,22290	0,77710	13.186	2.939	11.717	42.025	3,19
95 anys	39685	11.245	0,28336	0,24819	0,75181	10.247	2.543	8.975	30.309	2,96
96 anys	29394	9.080	0,30891	0,26758	0,73242	7.704	2.061	6.673	21.333	2,77
97 anys	21156	7.072	0,33428	0,28641	0,71359	5.642	1.616	4.834	14.660	2,60
98 anys	14614	5.038	0,34474	0,29405	0,70595	4.026	1.184	3.434	9.825	2,44
99 anys	9754	3.512	0,36006	0,30513	0,69487	2.842	867	2.409	6.391	2,25
100 anys +	12700	6.299	0,49598	1,00000	0,00000	1.975	1.975	3.982	3.982	2,02

Font: INE, moviment natural de la població i xifres de població. Elaboració pròpia.

Taula de mortalitat clàssica de la població espanyola masculina de l'any 2020

Edat	Població per edat	Defuncions per edat	m_x	q_x	p_x	l_x	d_x	L_x	T_x	e_x
0 anys	180200	496	0,00275	0,00242	0,99758	100.000	242	99.879	7.949.622	79,50
1 anys	190748	45	0,00024	0,00024	0,99976	99.758	24	99.746	7.849.743	78,69
2 anys	202506	27	0,00013	0,00013	0,99987	99.734	13	99.728	7.749.997	77,71
3 anys	215258	27	0,00013	0,00013	0,99987	99.721	13	99.715	7.650.269	76,72
4 anys	224214	18	0,00008	0,00008	0,99992	99.708	8	99.704	7.550.554	75,73
5 anys	229557	19	0,00008	0,00008	0,99992	99.700	8	99.696	7.450.850	74,73
6 anys	230226	16	0,00007	0,00007	0,99993	99.692	7	99.689	7.351.153	73,74
7 anys	235055	11	0,00005	0,00005	0,99995	99.685	5	99.683	7.251.465	72,74
8 anys	245890	10	0,00004	0,00004	0,99996	99.681	4	99.679	7.151.782	71,75
9 anys	251570	11	0,00004	0,00004	0,99996	99.677	4	99.674	7.052.103	70,75
10 anys	255820	15	0,00006	0,00006	0,99994	99.672	6	99.669	6.952.429	69,75
11 anys	265471	26	0,00010	0,00010	0,99990	99.666	10	99.661	6.852.759	68,76
12 anys	267450	16	0,00006	0,00006	0,99994	99.657	6	99.654	6.753.098	67,76
13 anys	262257	26	0,00010	0,00010	0,99990	99.651	10	99.646	6.653.444	66,77
14 anys	258910	26	0,00010	0,00010	0,99990	99.641	10	99.636	6.553.799	65,77
15 anys	255574	26	0,00010	0,00010	0,99990	99.631	10	99.626	6.454.163	64,78
16 anys	252965	35	0,00014	0,00014	0,99986	99.621	14	99.614	6.354.537	63,79
17 anys	247993	41	0,00017	0,00017	0,99983	99.607	16	99.599	6.254.923	62,80
18 anys	245845	61	0,00025	0,00025	0,99975	99.590	25	99.578	6.155.325	61,81
19 anys	248458	79	0,00032	0,00032	0,99968	99.566	32	99.550	6.055.747	60,82
20 anys	247608	98	0,00040	0,00040	0,99960	99.534	39	99.514	5.956.197	59,84
21 anys	243072	84	0,00035	0,00035	0,99965	99.495	34	99.477	5.856.683	58,86
22 anys	241923	88	0,00036	0,00036	0,99964	99.460	36	99.442	5.757.205	57,88
23 anys	242029	109	0,00045	0,00045	0,99955	99.424	45	99.402	5.657.763	56,91
24 anys	242436	79	0,00033	0,00033	0,99967	99.379	32	99.363	5.558.361	55,93
25 anys	245520	127	0,00052	0,00052	0,99948	99.347	51	99.321	5.458.998	54,95
26 anys	251993	97	0,00038	0,00038	0,99962	99.296	38	99.276	5.359.677	53,98
27 anys	260331	115	0,00044	0,00044	0,99956	99.257	44	99.235	5.260.401	53,00
28 anys	263846	119	0,00045	0,00045	0,99955	99.214	45	99.191	5.161.165	52,02
29 anys	264761	122	0,00046	0,00046	0,99954	99.169	46	99.146	5.061.974	51,04
30 anys	267910	157	0,00059	0,00059	0,99941	99.123	58	99.094	4.962.828	50,07
31 anys	271741	165	0,00061	0,00061	0,99939	99.065	60	99.035	4.863.734	49,10
32 anys	275061	179	0,00065	0,00065	0,99935	99.005	64	98.973	4.764.699	48,13
33 anys	279085	169	0,00061	0,00061	0,99939	98.940	60	98.911	4.665.726	47,16
34 anys	286924	178	0,00062	0,00062	0,99938	98.881	61	98.850	4.566.816	46,19
35 anys	297465	172	0,00058	0,00058	0,99942	98.819	57	98.791	4.467.966	45,21
36 anys	307772	210	0,00068	0,00068	0,99932	98.762	67	98.728	4.369.175	44,24
37 anys	322038	248	0,00077	0,00077	0,99923	98.695	76	98.657	4.270.447	43,27
38 anys	339457	268	0,00079	0,00079	0,99921	98.619	78	98.580	4.171.790	42,30
39 anys	356250	352	0,00099	0,00099	0,99901	98.541	97	98.492	4.073.210	41,34
40 anys	370901	359	0,00097	0,00097	0,99903	98.444	95	98.396	3.974.718	40,38
41 anys	386246	408	0,00106	0,00106	0,99894	98.348	104	98.296	3.876.322	39,41
42 anys	399411	440	0,00110	0,00110	0,99890	98.245	108	98.190	3.778.025	38,46
43 anys	406375	513	0,00126	0,00126	0,99874	98.136	124	98.074	3.679.835	37,50
44 anys	408689	553	0,00135	0,00135	0,99865	98.013	133	97.946	3.581.760	36,54
45 anys	405746	645	0,00159	0,00159	0,99841	97.880	155	97.802	3.483.814	35,59
46 anys	399214	650	0,00163	0,00163	0,99837	97.725	159	97.645	3.386.012	34,65
47 anys	393513	772	0,00196	0,00196	0,99804	97.566	191	97.470	3.288.367	33,70
48 anys	388733	885	0,00228	0,00227	0,99773	97.374	221	97.264	3.190.897	32,77
49 anys	381904	960	0,00251	0,00251	0,99749	97.153	244	97.031	3.093.633	31,84
50 anys	376189	1.068	0,00284	0,00283	0,99717	96.909	275	96.772	2.996.602	30,92
51 anys	371381	1.185	0,00319	0,00319	0,99681	96.634	308	96.480	2.899.830	30,01
52 anys	369240	1.393	0,00377	0,00377	0,99623	96.326	363	96.145	2.803.350	29,10
53 anys	364513	1.602	0,00439	0,00439	0,99561	95.964	421	95.753	2.707.205	28,21
54 anys	356917	1.661	0,00465	0,00464	0,99536	95.543	444	95.321	2.611.452	27,33
55 anys	355689	1.870	0,00526	0,00524	0,99476	95.099	499	94.850	2.516.130	26,46
56 anys	348116	1.995	0,00573	0,00571	0,99429	94.601	541	94.330	2.421.280	25,59
57 anys	332183	2.073	0,00624	0,00622	0,99378	94.060	585	93.767	2.326.950	24,74
58 anys	320687	2.236	0,00697	0,00695	0,99305	93.475	649	93.150	2.233.183	23,89

59 anys	316045	2.373	0,00751	0,00748	0,99252	92.825	694	92.478	2.140.032	23,05
60 anys	310731	2.602	0,00837	0,00834	0,99166	92.131	768	91.747	2.047.554	22,22
61 anys	300834	2.835	0,00942	0,00938	0,99062	91.363	857	90.934	1.955.807	21,41
62 anys	291554	3.032	0,01040	0,01035	0,98965	90.506	936	90.038	1.864.873	20,61
63 anys	276298	3.124	0,01131	0,01124	0,98876	89.569	1.007	89.066	1.774.835	19,82
64 anys	260661	3.267	0,01253	0,01246	0,98754	88.562	1.103	88.011	1.685.769	19,03
65 anys	248547	3.410	0,01372	0,01363	0,98637	87.459	1.192	86.863	1.597.759	18,27
66 anys	240894	3.457	0,01435	0,01425	0,98575	86.268	1.229	85.653	1.510.895	17,51
67 anys	239141	3.824	0,01599	0,01586	0,98414	85.038	1.349	84.364	1.425.242	16,76
68 anys	228726	3.909	0,01709	0,01695	0,98305	83.689	1.418	82.980	1.340.878	16,02
69 anys	215738	4.120	0,01910	0,01892	0,98108	82.271	1.556	81.493	1.257.898	15,29
70 anys	213827	4.407	0,02061	0,02040	0,97960	80.715	1.647	79.892	1.176.405	14,57
71 anys	219080	4.862	0,02219	0,02195	0,97805	79.068	1.735	78.201	1.096.513	13,87
72 anys	211182	5.344	0,02531	0,02499	0,97501	77.333	1.932	76.367	1.018.312	13,17
73 anys	193083	5.090	0,02636	0,02602	0,97398	75.400	1.962	74.419	941.946	12,49
74 anys	188322	5.839	0,03101	0,03053	0,96947	73.439	2.242	72.317	867.526	11,81
75 anys	183763	6.173	0,03359	0,03304	0,96696	71.196	2.352	70.020	795.209	11,17
76 anys	173334	6.479	0,03738	0,03669	0,96331	68.844	2.526	67.581	725.188	10,53
77 anys	156002	6.640	0,04256	0,04168	0,95832	66.318	2.764	64.936	657.607	9,92
78 anys	134567	5.923	0,04402	0,04307	0,95693	63.554	2.737	62.186	592.671	9,33
79 anys	137411	6.968	0,05071	0,04946	0,95054	60.817	3.008	59.313	530.485	8,72
80 anys	120354	7.057	0,05864	0,05697	0,94303	57.809	3.293	56.163	471.172	8,15
81 anys	96105	6.432	0,06693	0,06476	0,93524	54.516	3.530	52.751	415.009	7,61
82 anys	102361	7.590	0,07415	0,07150	0,92850	50.986	3.645	49.163	362.258	7,11
83 anys	105615	8.718	0,08255	0,07927	0,92073	47.340	3.753	45.464	313.095	6,61
84 anys	101070	9.414	0,09314	0,08900	0,91100	43.588	3.879	41.648	267.631	6,14
85 anys	91263	9.715	0,10645	0,10107	0,89893	39.708	4.013	37.702	225.983	5,69
86 anys	82888	9.978	0,12038	0,11355	0,88645	35.695	4.053	33.668	188.282	5,27
87 anys	74399	10.051	0,13510	0,12655	0,87345	31.642	4.004	29.640	154.613	4,89
88 anys	63516	9.633	0,15166	0,14097	0,85903	27.638	3.896	25.690	124.973	4,52
89 anys	52736	9.179	0,17406	0,16012	0,83988	23.742	3.802	21.841	99.284	4,18
90 anys	42928	8.265	0,19253	0,17562	0,82438	19.940	3.502	18.189	77.443	3,88
91 anys	34022	7.484	0,21998	0,19818	0,80182	16.438	3.258	14.809	59.254	3,60
92 anys	26203	6.377	0,24337	0,21697	0,78303	13.180	2.860	11.751	44.445	3,37
93 anys	19665	5.245	0,26672	0,23533	0,76467	10.321	2.429	9.106	32.694	3,17
94 anys	14792	4.235	0,28630	0,25045	0,74955	7.892	1.977	6.904	23.588	2,99
95 anys	10739	3.437	0,32005	0,27590	0,72410	5.915	1.632	5.099	16.684	2,82
96 anys	7766	2.565	0,33029	0,28347	0,71653	4.283	1.214	3.676	11.585	2,70
97 anys	5384	1.976	0,36701	0,31011	0,68989	3.069	952	2.593	7.909	2,58
98 anys	3560	1.217	0,34185	0,29195	0,70805	2.117	618	1.808	5.315	2,51
99 anys	2369	794	0,33516	0,28706	0,71294	1.499	430	1.284	3.507	2,34
100 anys +	2473	1.189	0,48079	1,00000	0,00000	1.069	1.069	2.223	2.223	2,08

Font: INE, moviment natural de la població i xifres de població. Elaboració pròpia.

Taula de mortalitat clàssica de la població espanyola femenina de l'any 2020

Edat	Població per edat	Defuncions per edat	m_x	q_x	p_x	l_x	d_x	L_x	T_x	e_x
0 anys	170691	394	0,00231	0,00190	0,99810	100.000	190	99.905	8.501.377	85,01
1 anys	180382	31	0,00017	0,00017	0,99983	99.810	17	99.801	8.401.472	84,17
2 anys	191181	16	0,00008	0,00008	0,99992	99.793	8	99.788	8.301.671	83,19
3 anys	203199	20	0,00010	0,00010	0,99990	99.784	10	99.779	8.201.882	82,20
4 anys	211745	4	0,00002	0,00002	0,99998	99.774	2	99.774	8.102.103	81,20
5 anys	215813	12	0,00006	0,00006	0,99994	99.773	6	99.770	8.002.329	80,21
6 anys	216325	14	0,00006	0,00006	0,99994	99.767	6	99.764	7.902.559	79,21
7 anys	221112	18	0,00008	0,00008	0,99992	99.761	8	99.757	7.802.796	78,22
8 anys	230982	19	0,00008	0,00008	0,99992	99.752	8	99.748	7.703.039	77,22
9 anys	236371	9	0,00004	0,00004	0,99996	99.744	4	99.742	7.603.291	76,23
10 anys	239658	11	0,00005	0,00005	0,99995	99.740	5	99.738	7.503.548	75,23
11 anys	248218	18	0,00007	0,00007	0,99993	99.736	7	99.732	7.403.810	74,23
12 anys	250522	15	0,00006	0,00006	0,99994	99.729	6	99.726	7.304.078	73,24
13 anys	245780	12	0,00005	0,00005	0,99995	99.723	5	99.720	7.204.352	72,24
14 anys	243404	24	0,00010	0,00010	0,99990	99.718	10	99.713	7.104.632	71,25
15 anys	240324	28	0,00012	0,00012	0,99988	99.708	12	99.702	7.004.919	70,25
16 anys	237712	27	0,00011	0,00011	0,99989	99.696	11	99.691	6.905.217	69,26
17 anys	232018	29	0,00012	0,00012	0,99988	99.685	12	99.679	6.805.526	68,27
18 anys	228848	27	0,00012	0,00012	0,99988	99.673	12	99.667	6.705.848	67,28
19 anys	230813	26	0,00011	0,00011	0,99989	99.661	11	99.655	6.606.181	66,29
20 anys	231479	27	0,00012	0,00012	0,99988	99.650	12	99.644	6.506.526	65,29
21 anys	228748	24	0,00010	0,00010	0,99990	99.638	10	99.633	6.406.882	64,30
22 anys	229420	28	0,00012	0,00012	0,99988	99.628	12	99.621	6.307.249	63,31
23 anys	233274	34	0,00015	0,00015	0,99985	99.615	15	99.608	6.207.628	62,32
24 anys	234220	38	0,00016	0,00016	0,99984	99.601	16	99.593	6.108.020	61,32
25 anys	237062	42	0,00018	0,00018	0,99982	99.585	18	99.576	6.008.427	60,33
26 anys	244563	48	0,00020	0,00020	0,99980	99.567	20	99.557	5.908.851	59,35
27 anys	253882	51	0,00020	0,00020	0,99980	99.547	20	99.537	5.809.294	58,36
28 anys	257562	52	0,00020	0,00020	0,99980	99.527	20	99.517	5.709.756	57,37
29 anys	259752	50	0,00019	0,00019	0,99981	99.507	19	99.498	5.610.239	56,38
30 anys	264965	59	0,00022	0,00022	0,99978	99.488	22	99.477	5.510.741	55,39
31 anys	270205	71	0,00026	0,00026	0,99974	99.466	26	99.453	5.411.264	54,40
32 anys	275268	81	0,00029	0,00029	0,99971	99.440	29	99.425	5.311.811	53,42
33 anys	281561	83	0,00029	0,00029	0,99971	99.411	29	99.396	5.212.386	52,43
34 anys	290362	82	0,00028	0,00028	0,99972	99.381	28	99.367	5.112.989	51,45
35 anys	301050	104	0,00035	0,00035	0,99965	99.353	34	99.336	5.013.622	50,46
36 anys	312103	124	0,00040	0,00040	0,99960	99.319	39	99.299	4.914.286	49,48
37 anys	326148	148	0,00045	0,00045	0,99955	99.280	45	99.257	4.814.987	48,50
38 anys	342109	146	0,00043	0,00043	0,99957	99.235	42	99.213	4.715.730	47,52
39 anys	357569	163	0,00046	0,00046	0,99954	99.192	45	99.170	4.616.516	46,54
40 anys	371179	218	0,00059	0,00059	0,99941	99.147	58	99.118	4.517.347	45,56
41 anys	384107	204	0,00053	0,00053	0,99947	99.089	53	99.062	4.418.229	44,59
42 anys	393494	264	0,00067	0,00067	0,99933	99.036	66	99.003	4.319.166	43,61
43 anys	399171	288	0,00072	0,00072	0,99928	98.970	71	98.934	4.220.163	42,64
44 anys	401075	309	0,00077	0,00077	0,99923	98.898	76	98.860	4.121.229	41,67
45 anys	397988	361	0,00091	0,00091	0,99909	98.822	90	98.777	4.022.369	40,70
46 anys	391902	371	0,00095	0,00095	0,99905	98.733	93	98.686	3.923.592	39,74
47 anys	386048	418	0,00108	0,00108	0,99892	98.639	107	98.586	3.824.906	38,78
48 anys	382759	456	0,00119	0,00119	0,99881	98.532	117	98.474	3.726.320	37,82
49 anys	377657	527	0,00140	0,00139	0,99861	98.415	137	98.346	3.627.846	36,86
50 anys	373651	565	0,00151	0,00151	0,99849	98.278	148	98.204	3.529.500	35,91
51 anys	370812	588	0,00159	0,00158	0,99842	98.129	155	98.052	3.431.296	34,97
52 anys	370937	749	0,00202	0,00202	0,99798	97.974	198	97.875	3.333.244	34,02
53 anys	367697	762	0,00207	0,00207	0,99793	97.776	202	97.675	3.235.369	33,09
54 anys	362236	816	0,00225	0,00225	0,99775	97.574	220	97.464	3.137.694	32,16
55 anys	363628	910	0,00250	0,00250	0,99750	97.354	243	97.233	3.040.230	31,23
56 anys	356762	991	0,00278	0,00277	0,99723	97.111	269	96.976	2.942.997	30,31
57 anys	342369	1.077	0,00315	0,00314	0,99686	96.842	304	96.690	2.846.021	29,39
58 anys	332937	1.155	0,00347	0,00346	0,99654	96.537	334	96.370	2.749.332	28,48

59 anys	329486	1.167	0,00354	0,00354	0,99646	96.203	340	96.033	2.652.961	27,58
60 anys	325302	1.322	0,00406	0,00406	0,99594	95.863	389	95.669	2.556.928	26,67
61 anys	316694	1.327	0,00419	0,00418	0,99582	95.474	399	95.275	2.461.260	25,78
62 anys	309105	1.410	0,00456	0,00455	0,99545	95.075	433	94.859	2.365.985	24,89
63 anys	295230	1.512	0,00512	0,00511	0,99489	94.642	483	94.401	2.271.127	24,00
64 anys	280708	1.536	0,00547	0,00546	0,99454	94.159	514	93.902	2.176.726	23,12
65 anys	270114	1.574	0,00583	0,00581	0,99419	93.645	544	93.373	2.082.824	22,24
66 anys	263267	1.659	0,00630	0,00628	0,99372	93.101	585	92.808	1.989.451	21,37
67 anys	261271	1.835	0,00702	0,00700	0,99300	92.516	647	92.192	1.896.643	20,50
68 anys	251735	1.828	0,00726	0,00724	0,99276	91.869	665	91.536	1.804.450	19,64
69 anys	240694	1.920	0,00798	0,00795	0,99205	91.204	725	90.842	1.712.914	18,78
70 anys	242423	2.128	0,00878	0,00874	0,99126	90.479	791	90.084	1.622.073	17,93
71 anys	251702	2.417	0,00960	0,00956	0,99044	89.688	857	89.260	1.531.989	17,08
72 anys	244728	2.784	0,01138	0,01131	0,98869	88.831	1.005	88.329	1.442.729	16,24
73 anys	227576	2.628	0,01155	0,01148	0,98852	87.826	1.008	87.322	1.354.400	15,42
74 anys	226096	3.317	0,01467	0,01456	0,98544	86.818	1.264	86.186	1.267.078	14,59
75 anys	223306	3.518	0,01575	0,01563	0,98437	85.554	1.337	84.885	1.180.892	13,80
76 anys	213573	3.865	0,01810	0,01793	0,98207	84.216	1.510	83.461	1.096.007	13,01
77 anys	195032	4.122	0,02113	0,02091	0,97909	82.706	1.730	81.841	1.012.546	12,24
78 anys	171208	3.787	0,02212	0,02188	0,97812	80.976	1.772	80.091	930.704	11,49
79 anys	180099	4.900	0,02721	0,02684	0,97316	79.205	2.126	78.142	850.614	10,74
80 anys	163523	5.286	0,03233	0,03181	0,96819	77.079	2.452	75.853	772.472	10,02
81 anys	136219	5.112	0,03753	0,03684	0,96316	74.627	2.749	73.252	696.619	9,33
82 anys	148772	6.760	0,04544	0,04443	0,95557	71.878	3.193	70.281	623.367	8,67
83 anys	159948	8.044	0,05029	0,04906	0,95094	68.684	3.369	67.000	553.086	8,05
84 anys	157948	9.632	0,06098	0,05918	0,94082	65.315	3.865	63.382	486.087	7,44
85 anys	146394	10.094	0,06895	0,06665	0,93335	61.450	4.096	59.402	422.704	6,88
86 anys	138625	11.210	0,08087	0,07772	0,92228	57.354	4.458	55.125	363.303	6,33
87 anys	129383	12.208	0,09436	0,09010	0,90990	52.896	4.766	50.513	308.178	5,83
88 anys	114363	12.598	0,11016	0,10441	0,89559	48.130	5.025	45.617	257.665	5,35
89 anys	100639	12.728	0,12647	0,11895	0,88105	43.105	5.127	40.541	212.047	4,92
90 anys	87186	12.887	0,14781	0,13764	0,86236	37.977	5.227	35.364	171.506	4,52
91 anys	72420	12.189	0,16831	0,15525	0,84475	32.750	5.084	30.208	136.142	4,16
92 anys	59176	11.289	0,19077	0,17416	0,82584	27.666	4.818	25.257	105.934	3,83
93 anys	47351	10.259	0,21666	0,19548	0,80452	22.848	4.466	20.615	80.677	3,53
94 anys	37784	8.954	0,23698	0,21187	0,78813	18.381	3.895	16.434	60.063	3,27
95 anys	28946	7.808	0,26974	0,23769	0,76231	14.487	3.443	12.765	43.629	3,01
96 anys	21628	6.515	0,30123	0,26180	0,73820	11.044	2.891	9.598	30.863	2,79
97 anys	15772	5.096	0,32310	0,27817	0,72183	8.152	2.268	7.018	21.266	2,61
98 anys	11054	3.821	0,34567	0,29473	0,70527	5.885	1.734	5.017	14.247	2,42
99 anys	7385	2.718	0,36804	0,31084	0,68916	4.150	1.290	3.505	9.230	2,22
100 anys +	10227	5.110	0,49966	1,00000	0,00000	2.860	2.860	5.724	5.724	2,00

Font: INE, moviment natural de la població i xifres de població. Elaboració pròpia.

Taula PER2020 Individual de 2º Ordre

Edat	Dones		Homes	
	q _x Base 2012 en tant per mil	λ Factor de millora	q _x Base 2012 en tant per mil	λ Factor de millora
0 anys	2,176	0,035	2,193	0,035
1 anys	0,145	0,035	0,139	0,035
2 anys	0,124	0,035	0,12	0,035
3 anys	0,104	0,035	0,103	0,035
4 anys	0,087	0,035	0,088	0,035
5 anys	0,073	0,035	0,076	0,035
6 anys	0,063	0,035	0,067	0,035
7 anys	0,057	0,035	0,062	0,035
8 anys	0,053	0,0345	0,059	0,035
9 anys	0,053	0,0341	0,059	0,035
10 anys	0,054	0,0338	0,062	0,035
11 anys	0,054	0,0338	0,062	0,035
12 anys	0,058	0,0337	0,068	0,035
13 anys	0,064	0,0336	0,077	0,035
14 anys	0,07	0,0335	0,091	0,035
15 anys	0,077	0,0334	0,108	0,035
16 anys	0,085	0,0331	0,128	0,035
17 anys	0,093	0,0328	0,15	0,035
18 anys	0,102	0,0325	0,175	0,035
19 anys	0,109	0,0323	0,2	0,035
20 anys	0,114	0,032	0,223	0,035
21 anys	0,118	0,0319	0,243	0,035
22 anys	0,121	0,0319	0,258	0,035
23 anys	0,123	0,0319	0,27	0,035
24 anys	0,126	0,0319	0,278	0,035
25 anys	0,129	0,0319	0,284	0,035
26 anys	0,133	0,032	0,29	0,035
27 anys	0,138	0,0321	0,297	0,035
28 anys	0,145	0,0321	0,304	0,035
29 anys	0,153	0,0321	0,314	0,035
30 anys	0,163	0,032	0,326	0,035
31 anys	0,175	0,0319	0,34	0,035
32 anys	0,188	0,0318	0,357	0,035
33 anys	0,204	0,0315	0,376	0,035
34 anys	0,223	0,0312	0,398	0,035
35 anys	0,246	0,0308	0,425	0,035
36 anys	0,273	0,0301	0,457	0,035
37 anys	0,304	0,0294	0,496	0,035
38 anys	0,34	0,0285	0,544	0,035
39 anys	0,38	0,0276	0,604	0,035
40 anys	0,425	0,0267	0,676	0,035
41 anys	0,475	0,0258	0,762	0,035
42 anys	0,532	0,025	0,861	0,0342
43 anys	0,596	0,0242	0,976	0,0332
44 anys	0,666	0,0236	1,105	0,0322
45 anys	0,744	0,0229	1,251	0,0309
46 anys	0,828	0,0221	1,413	0,0295
47 anys	0,918	0,0213	1,592	0,0279
48 anys	1,016	0,0204	1,788	0,0262
49 anys	1,12	0,0193	2,003	0,0244
50 anys	1,23	0,0182	2,235	0,0227
51 anys	1,346	0,017	2,486	0,0212
52 anys	1,466	0,0159	2,755	0,0199
53 anys	1,591	0,0141	3,042	0,0189
54 anys	1,719	0,0135	3,345	0,0182
55 anys	1,849	0,0132	3,665	0,0178

56 anys	1,981	0,0131	4	0,0175
57 anys	2,113	0,0132	4,347	0,0172
58 anys	2,243	0,0135	4,702	0,017
59 anys	2,371	0,014	5,058	0,0168
60 anys	2,496	0,0146	5,416	0,0167
61 anys	2,517	0,0153	5,777	0,0166
62 anys	3,013	0,016	6,601	0,0166
63 anys	3,521	0,0168	7,409	0,0166
64 anys	4,003	0,0176	8,194	0,0168
65 anys	4,423	0,0186	8,911	0,0172
66 anys	4,794	0,0195	9,531	0,0176
67 anys	5,163	0,0206	10,061	0,0182
68 anys	5,595	0,0216	10,552	0,0187
69 anys	6,103	0,0227	11,079	0,0193
70 anys	6,705	0,0237	11,719	0,0198
71 anys	7,391	0,0246	12,612	0,0202
72 anys	8,174	0,0254	13,868	0,0205
73 anys	9,128	0,0261	15,567	0,0208
74 anys	10,289	0,0266	17,722	0,0209
75 anys	11,681	0,027	20,28	0,021
76 anys	13,355	0,0272	23,241	0,0209
77 anys	15,375	0,0272	26,612	0,0209
78 anys	17,783	0,027	30,523	0,0207
79 anys	20,596	0,0266	35,082	0,0205
80 anys	23,873	0,0261	40,352	0,0202
81 anys	27,628	0,0253	46,257	0,0197
82 anys	31,957	0,0243	52,812	0,0191
83 anys	36,894	0,0232	59,989	0,0184
84 anys	42,555	0,022	67,722	0,0175
85 anys	48,881	0,0208	75,897	0,0166
86 anys	56,522	0,0193	85,035	0,0155
87 anys	64,811	0,0179	94,307	0,0143
88 anys	73,475	0,0164	103,542	0,0132
89 anys	82,485	0,0151	112,562	0,0121
90 anys	91,872	0,0137	121,212	0,011
91 anys	101,476	0,0125	129,436	0,01
92 anys	111,038	0,0113	138,647	0,009
93 anys	120,595	0,0102	149,525	0,0081
94 anys	133,252	0,0092	162,974	0,0072
95 anys	146,35	0,0083	176,804	0,0063
96 anys	159,909	0,0073	191,284	0,0055
97 anys	174,49	0,0064	206,909	0,005
98 anys	188,997	0,0056	222,516	0,0045
99 anys	204,589	0,0051	239,354	0,004
100 anys	221,386	0,0046	257,569	0,0035
101 anys	239,526	0,0041	277,328	0,003
102 anys	259,17	0,0036	298,825	0,0025
103 anys	280,499	0,0031	322,287	0,002
104 anys	303,728	0,0026	347,976	0,0015
105 anys	329,103	0,0021	376,199	0,001
106 anys	356,912	0,0016	407,314	0,0005
107 anys	387,487	0,0011	441,738	0
108 anys	421,216	0,0006	497,951	0
109 anys	458,543	0,0001	522,492	0
110 anys	499,97	0	569,95	0
111 anys	546,05	0	622,906	0
112 anys	597,342	0	681,811	0
113 anys	654,331	0	746,686	0
114 anys	717,207	0	816,458	0
115 anys	785,402	0	887,536	0
116 anys	856,585	0	951,161	0
117 anys	924,679	0	991,409	0
118 anys	1000	0	1000	0

119 anys	1000	0	1000	0
120 anys	1000	0	1000	0

Font: BOE, Resolución de 17 de diciembre de 2020, de la Dirección General de Seguros y Fondos de Pensiones, relativa a las tablas de mortalidad y supervivencia a utilizar por las entidades aseguradoras y reaseguradoras.

Codi d'R per ajustar el model de Lee-Carter

```
library(demography)

setwd("path")

data <- read.demogdata("Mx_1x1.txt", "Exposures_1x1.txt", type = "mortality", label = "Spain", skip =
0, popskip = 0)

lc.male <- lca(data, series = "male")

forecast.lc.male <- forecast(lc.male, h = 20)

plot(data, series = "male")

plot(lc.male)

plot(forecast.lc.male, plot.type = "component")

plot(data, series = "male", ylim = c(-12,2), lty = 2)

lines(forecast.lc.male)

lcnone.male <- lca(data, series = "male", adjust = "none")

plot(lcnone.male$kt, ylab = "kt", ylim = c(-70,70), xlab = "")

lines(lc.male$kt, lty = 2)

legend("topright", lty=1:2, legend = c("LCnone", "LC"))

lc.female <- lca(data, series = "female")

forecast.lc.female <- forecast(lc.female, h = 20)

plot(data, series = "female")

plot(lc.female)

plot(forecast.lc.female, plot.type = "component")

plot(data, series = "female", ylim = c(-12,2), lty = 2)

lines(forecast.lc.female)

lcnone.female <- lca(data, series = "female", adjust = "none")

plot(lcnone.female$kt, ylab = "kt", ylim = c(-70,70), xlab = "")

lines(lc.female$kt, lty = 2)

legend("topright", lty=1:2, legend = c("LCnone", "LC"))
```