Tarificación de las contingencias de enfermedad grave –cáncer e infarto de miocardio– y su efecto en Solvencia II

Alejandro García Crespo

Universitat de Barcelona
Edicions

cátedra ICEA-UB
de seguros y fondos de pensiones
Universitat de Barcelona

© Edicions de la Universitat de Barcelona
Adolf Florensa, s/n
08028 Barcelona
Tel.: 934 035 430
Fax: 934 035 531
www.publicacions.ub.edu
comercial.edicions@ub.edu

© Alejandro García Crespo

Tutores:
M. Mercè Claramunt Bielsa y Joan Gil Trafí

Dirección académica del programa TiPE:
Eva Boj del Val

Dirección científica del programa TiPE:
M. Mercè Claramunt

Coordinación de la colección Textos TiPE:
Xavier Varea Soler

ISBN 978-84-9168-198-4

Este documento está sujeto a la licencia de Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada de Creative Commons, cuyo texto está disponible en: http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/.

ÍNDICE

Prólogo de Javier Varea 5

Resumen 7

1. Introducción 9

2. Las enfermedades graves 11
2.1. El cáncer 12
2.1.1. Las etapas del cáncer 13
2.1.2. Técnicas de detección del cáncer 14
2.1.3. Tratamientos contra el cáncer 14
2.2. El infarto de miocardio 16
2.2.1. Técnicas de diagnóstico del infarto de miocardio 16
2.2.2. Tratamientos contra el infarto de miocardio 17

3. Metodología para el cálculo de las tasas de incidencia 19
3.1. El método ratio incidencia-mortalidad 20
3.2. Las aproximaciones bayesianas para el cálculo de la incidencia 21
3.3. El modelo y software MIAMOD 22
3.3.1. Los modelos lineales generalizados 23
3.3.2. Los modelos edad-período-cohorte 24
3.3.3. El modelo de Verdecchia et al. (1989) 25
3.3.4. MIAMOD 29
3.4. Los modelos de supervivencia relativa y cómo implementarlos para calcular la incidencia 31
3.4.1. Cálculo de la supervivencia observada 32
3.4.2. Cálculo de la supervivencia esperada: Ederer I, Ederer II y Hakulinen 33

4. Estimación de las tasas de incidencia del cáncer y del infarto de miocardio en España 37
4.1. Los datos 37
4.1.1. Evolución de la población y de los fallecimientos 38
4.1.2. Evolución de las neoplasias malignas 41
4.1.3. Evolución del infarto de miocardio 43
4.1.4. La supervivencia relativa 45
4.1.5. La incidencia en el infarto de miocardio 46

4.2. El modelo realizado 48
4.2.1. La incidencia del cáncer de colon en Gerona: 2003-2007 49
4.2.2. La incidencia del cáncer en la población española 53
4.2.3. El modelo para la incidencia del infarto de miocardio 72

5. Las tasas de incidencia 75
5.1. Comprobación de las tasas de incidencia 85
5.2. Tarificación con las tasas de cáncer 87
5.2.1. Probabilidades dependientes e independientes 87
5.2.2. Hipótesis utilizadas 89
5.2.3. Seguro de vida riesgo con garantías de fallecimiento y enfermedad grave excluyentes 90

6. El efecto en Solvencia II 93
6.1. El cálculo de los parámetros específicos en el subriesgo de morbilidad 95
6.2. Ejemplo práctico: cartera de seguros de vida-riesgo 96

7. Conclusiones/Resumen 99

8. Futuras líneas de investigación 103

Referencias 105

Anexo 109
A. Los modelos de incidencia del cáncer de colon 111
B. Likelihood Ratio Statistic de los modelos estimados de cáncer para la población española 123
C. Comparativa numérica fallecimientos 129
D. Comparativa de modelo para infarto de miocardio con probabilidad real 135
E. Tasas por edad 139

Sobre el autor y los tutores 145

Prólogo

La Cátedra ICEA-UB de Seguros y Fondos de Pensiones, que la Asociación ICEA y la Universidad de Barcelona inauguraron el mes de noviembre del año 2015, ha dado numerosos frutos académicos en su corta vida y promete seguir dándolos, aportando a la sociedad sus conclusiones. Uno de estos ha sido la puesta en marcha del programa TiPE (Trabajo de Investigación para Profesionales de Empresas), cuyo objetivo es que profesionales del sector de las finanzas y los seguros puedan llevar a cabo un trabajo de investigación en una temática que les resulte de gran interés y esté vinculada a su entorno profesional, contando con la tutorización de investigadores de la UB especializados en la materia seleccionada.

Además de al autor de este trabajo, quiero hacer extensivo mi agradecimiento, como director de la Cátedra ICEA-UB, a Jesús María García Martínez, ideólogo de este programa, sin cuyo entusiasmo por la formación y enorme inquietud investigadora nunca hubiéramos podido empezar esta experiencia.

En cierto modo, nuestro objetivo en formación, que se inició al traer a Barcelona la oferta que ICEA ya tiene a disponibilidad del sector en otras ciudades, alcanza su máxima expresión con el programa TiPE, en el que formamos para la investigación aplicada. La importancia que le damos a la formación es indiscutible y lo avalan nuestros años de experiencia. La Universidad de Barcelona es una de las primeras universidades españolas y la única institución en Cataluña que desde hace más de sesenta años ofrece formación universitaria en el ámbito actuarial y de los seguros, siendo a su vez un referente internacional de la investigación en este ámbito. Por su parte ICEA, siendo la primera Asociación de Entidades de Seguros del Estado, desde 1963 presta sus servicios de formación, investigación y consultoría al sector. Por tanto, las dos instituciones de mayor trayectoria en sus respectivos ámbitos se han unido para marcarse tres ambiciosos objetivos: facilitar la formación, promover la investigación y potenciar la transferencia. Esta trayectoria, unida a la labor científica de la Cátedra, permite aportar la perspectiva más actual y vanguardista del sector.

Desde la dirección de la Cátedra tengo como objetivo principal la transferencia, porque pretendo que sea un instrumento esencial para el sector asegurador. Cumpliremos nuestro ideario si finalmente conseguimos que la Cátedra se vea como el referente para los agentes con los que colabora y que estos la juzguen como la mejor herramienta para poder responder a aquellas cuestiones de trascendencia en su actividad. Esta es la misión de la Cátedra ICEA-UB de Seguros y Fondos de Pensiones: constituirse como la piedra angular del sector. Para ello, debemos apostar primero por la formación, la llave a todas las puer-

tas del progreso en este y todos los sectores. Así, otorgando al sector asegurador el lugar que le corresponde, podrá disfrutar del papel relevante de la economía del país.

Con el objetivo de dar mayor difusión a los trabajos desarrollados en el programa TiPE, iniciamos esta colección de textos de investigación, que pretende ser un escaparate de investigación aplicada fruto de las voluntades de colaboración conjunta entre la Universidad, ICEA y las entidades del sector asegurador.

No quiero finalizar sin dejar por escrito el agradecimiento a VidaCaixa, que en varias ocasiones he transmitido oralmente, por la confianza depositada no solo en la UB, sino también en el proyecto que hemos comenzado. También quiero dar las gracias a la Dra. M. Mercè Claramunt y al Dr. Joan Gil, por su compromiso e implicación en la tutorización del presente trabajo; y por último, al personal del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI) de la Biblioteca de Economía y Empresa de la UB, especialmente a Francesca Carbonell, por abrir las puertas de sus cursos a los participantes del programa TiPE.

Barcelona, 18 de enero de 2019

Javier Varea
Director de la cátedra ICEA-UB

Resumen

Estimar la incidencia de las enfermedades graves –cáncer e infarto de miocardio– para la población española ha sido siempre una tarea complicada por la dificultad de encontrar datos.

En este trabajo se han estimado tasas de incidencia de la enfermedad grave –cáncer– para la población española, a partir de datos de fallecimientos y supervivencia relativa publicados por el Instituto Nacional de Estadística de España y utilizando el software MIAMOD, y las tasas de incidencia de la enfermedad grave –infarto de miocardio–, a partir de las altas hospitalarias publicadas por el Instituto Nacional de Estadística de España especificando un modelo lineal generalizado.

A su vez, se ha realizado un ejemplo práctico de tarificación de un producto de vida-riesgo con cobertura de cáncer y se ha analizado el impacto que tendría en el capital de solvencia requerido (SCR) el hecho de utilizar las tasas de enfermedad grave –cáncer– calculadas en vez de la fórmula estándar.

1. Introducción

El seguro de vida-riesgo es una de las ramas que se está potenciando en los últimos años a causa de la necesidad creciente de los españoles de cubrirse frente a cualquier contratiempo que les pueda suceder y, también, de dejar cubiertos a sus familiares. Es por ello por lo que las compañías aseguradoras incluyen coberturas adicionales a las de fallecimiento e invalidez que permitan dejar un capital a los herederos en caso de que suceda cualquier contratiempo.

Para poder incluir estas nuevas garantías, la aseguradora debe poder tarificarlas, es decir, poner precio a este aumento de seguridad, lo cual normalmente se realiza a partir de unas tasas que recogen la probabilidad de un individuo cualquiera de enfermar, esto es, la incidencia de esa enfermedad en el colectivo asegurado.

En este estudio se pretende estimar los datos de incidencia de las enfermedades graves de cáncer e infarto de miocardio para poder construir unas tasas que permitan tarificar dichas contingencias para la población española.

El presente trabajo está dividido en los siguientes capítulos:

En el capítulo 2 del trabajo se analizará la definición de enfermedad grave, así como las enfermedades graves cáncer e infarto de miocardio. Este apartado pretende ser un resumen de la definición de dichas enfermedades, los principales métodos que existen para detectarlas y las técnicas más utilizadas para su tratamiento y curación.

En el capítulo 3 del trabajo se analiza la metodología utilizada para el cálculo de la incidencia de las enfermedades graves. Este capítulo se divide en varias partes:

En la primera se analizan los principales métodos y modelos utilizados para calcular la incidencia: el método ratio incidencia-mortalidad, el método *back calculation* basado en un modelo bayesiano y el programa informático MIAMOD.

Dentro de este último apartado, se han añadido varios subapartados con el objetivo de entender qué es, en qué se basa y cómo funciona el programa MIAMOD. Es por ello porque se realiza una pequeña explicación de los modelos Generalized Linear Model (GLM) y Age-Period-Cohort (APC model), seguido de un análisis del modelo de Verdecchia et al. (1989)[44] en el que se basa el programa MIAMOD y de un resumen del artículo *MIAMOD: a computer package to estimate chronic disease morbidity using mortality and survival data* [6], en el cual se indica la metodología utilizada por el programa MIAMOD para el cálculo de esas tasas de incidencia a partir del modelo del Verdecchia et al.

Por último, en el capítulo 3 también se explican los principales modelos de supervivencia relativa, los cuales son necesarios para calcular la supervivencia relativa de las enfermedades graves cuyo input necesita el programa MIAMOD para calcular la incidencia.

En el capítulo 4 se analizan los datos utilizados para calcular la incidencia, indicando de dónde se han obtenido, y se realiza un análisis descriptivo de ellos, mostrando su evolución a lo largo de los períodos observados.

En este apartado también se presenta la metodología empleada para estimar y elegir los modelos utilizados para calcular la incidencia de las enfermedades graves de cáncer e infarto de miocardio para la población española, se analizan los modelos escogidos y se muestran las tasas de incidencia obtenidas por dichos modelos.

En el capítulo 5 se transforman las tasas del capítulo 4, de manera que se puedan utilizar las tasas de incidencia obtenidas para tarificar un seguro con cobertura de cáncer.

En este capítulo también se buscan artículos o estudios previos en los cuales se estiman los nuevos casos de cáncer que ha habido o habrá en España para compararlos con los nuevos casos calculados a partir de las tasas estimadas en este trabajo. Además, se realiza un ejemplo práctico de tarificación que permite ver la aportación práctica del cálculo de este trabajo a la hora de aplicarse al negocio del seguro.

A raíz de la entrada en vigor de la normativa europea Solvencia II, las entidades aseguradoras deben reservar un capital denominado capital de solvencia requerido (SCR por sus siglas en inglés) que se determina como aquel capital necesario para que la entidad pueda hacer frente al pago de sus obligaciones frente a sus asegurados y tomadores que se deriven de los próximos doce meses con una probabilidad del 99,5 %. En el capítulo 6 se analiza el efecto que causaría el hecho de utilizar las tasas estimadas en el capítulo 4 para calcular este SCR.

Por último, se añade la bibliografía consultada y un anexo en el que se encuentran los gráficos y cuadros que, por motivo de espacio, no se han podido añadir en el cuerpo del trabajo.

2. Las enfermedades graves

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define una enfermedad como «una alteración o desviación del estado fisiológico en una o varias partes del cuerpo, por causas en general conocidas, manifestadas por síntomas y unos signos característicos, y cuya evolución es más o menos previsible». Pero ¿cuándo se considera que una enfermedad puede estar catalogada como grave?

El término *enfermedad grave* es un concepto jurídico que está abierto a interpretación. Solo hace falta realizar una búsqueda por internet para observar que no existe una definición clara de qué significa. Los tribunales superiores de justicia tampoco dejan claro el significado de este concepto, como se puede observar en la sentencia de 14 de enero de 1997 en Cataluña, la cual decía que «no existe un concepto definido de enfermedad grave, sino que, en función de la trascendencia de la dolencia o enfermedad y en relación con las circunstancias, se podrá considerar como grave o no» [23].

Por tanto, no existe una definición oficial del concepto enfermedad grave. Sin embargo, existen diversos derechos que el Estado español otorga a los trabajadores en el caso de que algún familiar esté afectado por una enfermedad de este tipo.

Así, el artículo 9, Supuestos excepcionales de liquidez, del Real Decreto 304/2004, de 20 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento de planes y fondos de pensiones,[1] indica que existe la posibilidad de hacer efectivos los derechos consolidados en los planes de pensiones en los supuestos de enfermedad grave o desempleo de larga duración [36] y define, a sus efectos, la consideración de enfermedad grave de dos maneras diferentes, siempre que estén acreditadas por un médico de la Seguridad Social:

a) *«Cualquier dolencia o lesión que incapacite temporalmente para la ocupación o actividad habitual de la persona durante un período continuado mínimo de tres meses y que requiera intervención clínica de cirugía mayor o tratamiento en un centro hospitalario.»*

b) *«Cualquier dolencia o lesión con secuelas permanentes que limiten parcialmente o impidan totalmente la ocupación o actividad habitual de la persona afectada, o la incapaciten para la realización de cualquier ocupación o actividad, requiera o no, en este caso, asistencia de otras personas para las actividades más esenciales de la vida humana.»*

[1] En 2018 se ha realizado una modificación de este decreto [38].

Además, el Estado en su Real Decreto 1148/2011, de 29 de julio, para la aplicación y desarrollo, en el sistema de la Seguridad Social, de la prestación económica por cuidado de menores afectados por cáncer u otra enfermedad grave [37] establece una lista de 109 enfermedades catalogadas como graves por la Seguridad Social a fin de poder reclamar esta prestación económica [24].

En el ámbito privado, las aseguradoras parecen tener un consenso sobre qué enfermedades se consideran graves a efectos de cobrar la prestación asegurada. La gran mayoría establecen cáncer, infarto de miocardio, puente aortocoronario, Alzheimer, Parkinson y esclerosis múltiple como enfermedades graves, entre otras.

El presente documento se centrará en las enfermedades graves de cáncer e infarto de miocardio.

2.1. El cáncer

La OMS define el cáncer como «un proceso de crecimiento y diseminación incontrolados de células que puede aparecer prácticamente en cualquier lugar del cuerpo y donde el tumor suele invadir el tejido circundante y puede provocar metástasis en puntos distantes del organismo».

Actualmente el cáncer es una de las principales causas de morbilidad y mortalidad en el mundo y se prevé que el número de nuevos casos aumente aproximadamente en un 70 % en los próximos veinte años [26].

Existen diferentes alteraciones de las células que pueden ser benignas o premalignas (hiperplasia, metaplasia, displasia) o malignas (carcinoma, sarcoma, leucemia, linfoma) [21]. A las primeras se les denomina neoplasias benignas y a las segundas, neoplasias malignas.

Según el Diccionario de Cáncer del Instituto Nacional del Cáncer [46], las definiciones de las alteraciones mencionadas son:

- Hiperplasia: aumento del número de células en un órgano o tejido. Aunque de por sí no son cancerosas, pueden volverse.
- Metaplasia: cambio en la forma que toman algunas células que, por lo general, no es normal en las células del tejido al que pertenecen.
- Displasia: desarrollo anormal del tejido debido a un crecimiento de células alteradas. Puede convertirse en cáncer si se deja evolucionar sin tratamiento. En este grupo se consideran los tumores premalignos o precancerosos.

- Carcinoma: tumor maligno que se origina en la piel o en la capa que revisten o cubren los órganos internos. Aproximadamente el 80 % de los tumores cancerosos son carcinomas [21].
- Sarcoma: tipo de cáncer que empieza en el hueso o en los tejidos blandos del cuerpo, como el cartílago, la grasa, los músculos, los vasos sanguíneos, el tejido fibroso u otro tejido conjuntivo o de sostén.
- Leucemia: cáncer que empieza en los tejidos que forman la sangre, como la médula ósea, y hace que se produzcan grandes cantidades de glóbulos anormales y que estos entren en el torrente sanguíneo. Las personas con leucemia presentan un aumento notable en los niveles de glóbulos blancos o leucocitos.
- Linfoma: cáncer que empieza en las células del sistema inmunitario y que afecta a un grupo de glóbulos blancos llamados linfocitos.

  Los dos tipos principales de linfomas son la enfermedad de Hodgkin y el linfoma no Hodgkin.

2.1.1. Las etapas del cáncer

Existen cuatro etapas en las que se puede dividir la enfermedad. La duración del proceso que va desde las primeras mutaciones de las células hasta la etapa final depende del tipo de cáncer, pudiendo oscilar desde un mes hasta varias décadas. Además, en el caso de los menores, dado que sus células son más inmaduras y se dividen y multiplican con mayor rapidez, este proceso es mucho más rápido que en los adultos [21].

En el primer estadio, denominado *fase de inducción* se generan los cambios celulares que producen que se multipliquen las células descontroladamente y las dotan de capacidad de invasión. Esta etapa puede durar muchos años y no se puede detectar ni produce sintomatología.

En la segunda fase, denominada *in situ*, aparece una lesión cancerosa microscópica ubicada en el tejido donde se ha originado. Puede durar varios años, en función del tipo de cáncer, y no muestra tampoco síntomas o molestias. No obstante, en esta etapa se pueden diagnosticar precozmente algunos tipos de cáncer, como son el de mama o colon mediante técnicas de detección precoz.

En la tercera etapa, denominada *invasión local*, esta lesión cancerosa se empieza a extender fuera del tejido donde se ha originado, invadiendo tejidos u órganos adyacentes. Pueden aparecer síntomas en función del tipo de cáncer, de su crecimiento y de su localización.

La última fase se denomina *metástasis* y se produce cuando la enfermedad se disemina fuera de su lugar de origen. La sintomatología que presenta el paciente depende del tipo de tumor, de su localización y de la extensión de las metástasis.

2.1.2. Técnicas de detección del cáncer

Entre las técnicas de detección del cáncer destacan las pruebas analíticas, las pruebas de imagen y el estudio de tejidos.

Las pruebas analíticas se basan en examinar componentes de diferentes partes del organismo, como son la sangre, el líquido cefalorraquídeo, el líquido pleural, las heces, el exudado nasofaríngeo o la orina. Se solicitan en función de los síntomas que un individuo presenta o según la sospecha diagnóstica del médico.

Conjuntamente con estas pruebas se pueden determinar los marcadores tumorales, que son sustancias que generalmente se determinan en la sangre. El hecho de encontrarse por encima de lo considerado normal indica la presencia de algún tumor maligno. Sin embargo, es necesario complementar esta prueba con alguna de las mencionadas anteriormente para que no se dé un falso positivo.

Las pruebas de imagen son aquellas que permiten obtener imágenes del interior del cuerpo, como pueden ser la radiografía, la radiografía de contraste, la tomografía computerizada (TC o escáner), la resonancia magnética nuclear (RMN), la gammagrafía, la ecografía o la endoscopia.

Si a raíz de los resultados de las diferentes pruebas analíticas y por imagen se sospecha la existencia de una lesión maligna, es necesario confirmar o descartar que se trate de un cáncer mediante un análisis de tejidos (citología o biopsia), de modo que se conozca el órgano donde está asentado el tumor y el tipo de célula que lo forma. En el caso de que se tome una muestra de células se denomina citología y en el caso de que se tome una muestra de tejido se denomina biopsia.

2.1.3. Tratamientos contra el cáncer

Los tratamientos contra el cáncer son variados en función del tipo de cáncer, tumor (tipo, localización y tamaño) y fase en la que se encuentre y de la edad y estado de salud del paciente, pero destacan tres: cirugía, radioterapia y quimioterapia.

La cirugía consiste en extirpar lesiones que pueden llegar a ser malignas con el tiempo (cirugía preventiva), extirpar el tumor maligno con tejido sano alrededor para curar el cáncer (cirugía curativa) y/o restaurar la apariencia y la función de un órgano después de haber realizado una cirugía curativa (cirugía reparadora). En determinados casos también se puede realizar cirugía para tratar alguna complicación que pueda causar un tumor y disminuir los síntomas que ocasione (cirugía paliativa).

La radioterapia consiste en aplicar altas dosis de radiación al tumor para eliminarlo o disminuir su tamaño. Esta técnica destruye las células cancerosas o hace lento su crecimiento dañando su ADN. Cuando dicho ADN está dañado por completo, las células dejan de dividirse y mueren, deshaciéndose y siendo desechadas posteriormente.

La radiación se puede aplicar de forma externa, es decir, administrar radiaciones desde el exterior mediante unos equipos que generan la radiación, o de forma interna, es decir, colocar la fuente de radiación, sólida (braquiterapia) o líquida (radioterapia sistémica) dentro del cuerpo.

El tipo de radioterapia que hay que aplicar depende de muchos factores y puede combinarse con una cirugía posterior.

La quimioterapia consiste en destruir las células que componen el tumor para reducir o eliminar la enfermedad mediante una gran variedad de fármacos, denominados fármacos antineoplásicos o quimioterápicos.

El tratamiento se administra en forma de ciclos, los cuales consisten en administrar los fármacos durante uno o varios días, a los que les sigue un tiempo variable de descanso y puede administrarse en forma de pastillas o de manera intravenosa.

La duración del tratamiento y sus efectos secundarios dependen de varios factores, como son el tipo de tumor, la respuesta del tumor al tratamiento y el tipo de quimioterapia empleada.

Otros métodos que pueden utilizarse para el tratamiento de varios tipos de cáncer son la *hormonoterapia*, que consiste en utilizar determinadas hormonas para detener o disminuir el crecimiento del tumor y que se emplea en aquellos tipos de cáncer que crecen por el estímulo de alguna hormona (hormonodependientes) como son el cáncer de mama o el de próstata, la *inmunoterapia*, que consiste en utilizar el sistema inmunitario para destruir las células tumorales, ya sea estimulando el propio sistema inmune o introduciendo en el organismo sustancias elaboradas en un laboratorio capaces de controlar la enfermedad, o la *crioterapia*, que consiste en utilizar nitrógeno líquido para destruir el tumor mediante frío.

2.2. El infarto de miocardio

El infarto de miocardio es una enfermedad categorizada por la OMS dentro de las «enfermedades cardiovasculares» (ECV) y que consiste en la muerte de células del músculo cardíaco (necrosis) a causa de un insuficiente aporte de riego sanguíneo por la circulación coronaria (isquemia prolongada).

El infarto de miocardio es un proceso que tarda, por lo menos, de cinco a seis semanas [42].

Según el INE, las enfermedades del sistema circulatorio son la primera causa de muerte en 2016 (29,2 % del total de fallecimientos), con una tasa de 257,9 fallecidos por cada 100.000 habitantes [27], y dentro de este grupo las isquémicas del corazón son las que mayor número de defunciones ocasionan. Sin embargo, se detecta una disminución de fallecimientos debidos a esta causa a lo largo de los años.

Los factores de riesgo en la aparición de un infarto de miocardio incluyen, entre otros, la hipertensión arterial, el colesterol alto, el tabaquismo, la diabetes, la obesidad, el sedentarismo, la edad avanzada y el estrés.

2.2.1. Técnicas de diagnóstico del infarto de miocardio

Las prueba más utilizadas para diagnosticar el infarto son el electrocardiograma, el análisis de sangre, la prueba de esfuerzo, el cateterismo cardíaco y la coronariografía.

El electrocardiograma se basa en representar gráficamente las fuerzas eléctricas que trabajan sobre el corazón durante su ciclo de bombeo y llenado. Mediante esta prueba se puede medir el ritmo y la regularidad de los latidos, el tamaño y posición de las aurículas y ventrículos y cualquier daño que sufra el corazón.

Realizando un análisis de sangre se puede determinar si existe necrosis en el corazón y su extensión mediante la medición de determinadas enzimas que se liberan en el torrente sanguíneo a causa de la necrosis producida durante el infarto.

El cateterismo cardíaco es un procedimiento por el cual se introduce unos catéteres hasta el corazón para observar y valorar su anatomía, cómo funciona, medir presiones de las cavidades cardíacas y saber si hay alguna válvula alterada. Además, mediante este procedimiento se puede ver si existen defectos congénitos en el corazón, medir concentraciones de oxígeno en diferentes partes de este órgano y obtener muestras de tejido cardíaco. Este procedimiento es muy invasivo.

Por su parte, la coronariografía es una técnica complementaria al cateterismo cardíaco y que consiste en inyectar un contraste en el sistema circulatorio para observar mediante rayos X las arterias coronarias. Gracias a este procedimiento se puede observar si existen obstrucciones o estrecheces en las arterias coronarias, su localización exacta, el número de arterias afectadas y la severidad de las lesiones.

2.2.2. Tratamientos contra el infarto de miocardio

El tratamiento de esta enfermedad depende de cómo está la anatomía coronaria y de la capacidad de bombeo del corazón. Si se produce un infarto con elevación del ST, es decir, un infarto causado por la formación de un trombo sobre una placa rota de arteriosclerosis (endurecimiento de arterias de mediano y gran calibre) que ocluye la circulación coronaria del músculo cardíaco, el tratamiento consiste en intentar reabrir la circulación de sangre eliminando el trombo mediante fármacos antiagregantes (evitan la unión de las plaquetas entre sí), como puede ser la aspirina, o fármacos anticoagulantes (reducen la formación del trombo), como la heparina. También se pueden utilizar fármacos que reduzcan la necesidad de oxígeno del músculo cardíaco, como la nitroglicerina, betabloqueantes (hacen que el corazón funcione más lentamente) e inhibidores de la enzima convertidora de angiotensina (IECA) que disminuyen la presión sanguínea.

En pocos casos se debe recurrir a la cirugía de derivación, la cual consiste en realizar un puente en la arteria ocluida con otros vasos donde circulará la sangre y, así, restablecer el flujo de sangre hacia el corazón.

3. Metodología para el cálculo de las tasas de incidencia

La dificultad de encontrar datos sobre tasas de incidencia de las enfermedades graves de cáncer e infarto de miocardio para el conjunto de la población española constituye un grave obstáculo para poder construir un modelo que genere una tabla de tarificación de enfermedades. Esto hace necesario que en primer lugar se hayan de estimar los datos de incidencia para posteriormente generar dicho modelo.[1]

En la literatura se utilizan varios métodos de cálculo de las tasas de incidencia de enfermedades. Autores como Galcerán et al. (2017) [11] o Moreno et al. (2001) [31] o, a nivel internacional, los proyectos EUCAN [16] y GLOBOCAN [18] calculan la incidencia del cáncer utilizando el método ratio incidencia-mortalidad, el cual extrapola la incidencia desconocida en una zona a partir de la relación entre la incidencia y la mortalidad en las zonas con incidencia conocida. Los datos de las zonas con incidencia conocida los recopilan publicaciones de entidades como la International Agency for Research on Cancer (IARC).

El problema de este método es que se supone que la razón entre la incidencia y la mortalidad es una cantidad constante una vez considerados el sexo, la edad, el período y la región, y que utilizan la relación entre la mortalidad y la incidencia en función de la supervivencia asumiendo que dicha supervivencia es similar en los territorios analizados y sin variaciones en el tiempo [31].

Un segundo grupo de autores utilizan el software denominado MIAMOD, que incorpora un modelo que calcula la incidencia de una enfermedad grave en una población a partir de su mortalidad y supervivencia, relacionando la mortalidad específica por enfermedad grave con la probabilidad de diagnosticar esa enfermedad (incidencia) y con la probabilidad de sobrevivir después de este diagnóstico. Es el caso de autores como Giampaoli et al. (2001) [13], Bernal et al. (2011) [2], Del Ser et al. (2012) [9] o Sánchez et al. (2010) [40].

Este software es muy utilizado en Europa y en Estados Unidos, principalmente a la hora de calcular la incidencia por cáncer, y solo requiere los datos de mortalidad de la región, tanto por cualquier causa como por causa específica, y establecer una función de supervivencia. Los datos de mortalidad suelen ser fáciles de encontrar en fuentes oficiales, mientras que la función de superviven-

[1] Existen datos reales sobre incidencia del cáncer para varias provincias de España (Albacete, Asturias, Baleares, Canarias, Ciudad Real, Cuenca, Gerona, Granada, La Rioja, Murcia, Navarra, País Vasco y Tarragona), pero no del conjunto de la población.

cia se puede obtener fácilmente de proyectos como EUROCARE (European Cancer Registry).

Existe también un tercer grupo de autores que utilizan una *back-calculation* basada es una aproximación bayesiana, que estima la incidencia específica por edad y por año de observación con la mortalidad específica. Es el caso de autores como Mezzetti et al. (1999) [30] o Ventura et al. (2014) [43].

Después de valorar los diferentes métodos mencionados, en este trabajo se ha decidido utilizar el programa MIAMOD para calcular la incidencia de la enfermedad grave de cáncer, ya que es un método bastante utilizado para realizar proyecciones de incidencia de cáncer para la población española. Los datos necesarios se pueden obtener fácilmente y, dado que este método genera un modelo mediante el cual se estima la incidencia, se puede comprobar que las estimaciones del modelo son coherentes con la realidad antes de aplicar las proyecciones calculadas por el modelo.

En el caso de la enfermedad grave infarto de miocardio, su incidencia se puede aproximar también mediante el programa MIAMOD. Sin embargo, el hecho de no existir ningún estúdio como el EUROCARE-5 en el que se haya calculado previamente la supervivencia relativa de dicha enfermedad grave en la población española hace que previamente se deba estimar un modelo que prediga la supervivencia relativa del infarto.

3.1. El método ratio incidencia-mortalidad

El método ratio incidencia-mortalidad (*Mortality to Incidence Ratio*, MIR) es un método simple que permite obtener ratios de incidencia de una población en la que no se dispone de datos de incidencia pero de la que sí sobre su mortalidad.

Partiendo de datos de incidencia de una enfermedad y de mortalidad de una población α y de los datos de mortalidad de una población β se calcula la incidencia de dicha enfermedad en la población β.

En el caso de la enfermedad grave de cáncer, organismos como la International Agency for Research on Cancer publican este ratio, con lo que solamente se ha de multiplicar por la mortalidad de la población observada para obtener la incidencia [35].

Una vez obtenida la incidencia, se modeliza, generalmente, con un modelo lineal o un GLM para realizar predicciones.

3.2. Las aproximaciones bayesianas para el cálculo de la incidencia

Alternativamente al método incidencia-mortalidad y al programa MIAMOD, se puede estimar la incidencia de alguna enfermedad grave mediante un modelo bayesiano de *back-calculation*.

El método de *back-calculation* se basa en calcular el número de casos de incidencia a partir del número de fallecidos mediante la ecuación de convolución siguiente [30]:

$$M(x) = \int_0^{\infty} I(x-t)f(x-t,t)dt \qquad (1)$$

donde $M(x)$ es el número de fallecimientos (*mortality count*) en el momento t por la enfermedad grave en cuestión, $I(x-t)$ es el número de casos de incidencia en el momento $(x-t)$ y $f(x-t,t)$ es la probabilidad para una persona afectada por esa enfermedad en el momento $(x-t)$ de que fallezca exactamente en el momento x, es decir, la probabilidad de que fallezca en el momento x un individuo que enfermó en el momento $x-t$.

De esta manera, se intenta estimar el número de casos incidentes de una enfermedad grave dado el patrón de defunciones por dicha enfermedad, utilizando los datos de mortalidad por causa específica y estimando la distribución de supervivencia desde la incidencia de la enfermedad grave hasta la defunción por dicha enfermedad.

A partir de este supuesto, la forma de estimar la incidencia depende del enfoque y método que cada autor utilice. Así, el enfoque más clásico es el de utilizar una aproximación bayesiana (Hierarchical Bayesian Model) al considerar que la incidencia y la mortalidad son dos variables aleatorias.

Para la modelización de la supervivencia conviene mencionar los modelos de curación (*cure models*), los cuales pueden ser paramétricos, no paramétricos o mixtos.

Estos modelos de curación permiten estimar la probabilidad de que un individuo afectado por una enfermedad grave se cure de dicha enfermedad, lo cual permite introducir en el modelo la posibilidad de que una persona afectada por una enfermedad deje de pertenecer al colectivo de enfermos mediante la función de supervivencia.

3.3. El modelo y software MIAMOD

El Mortality Incidence Analysis MODel (MIAMOD) es un software estadístico que permite determinar la incidencia y prevalencia de una enfermedad crónica degenerativa a partir de su mortalidad asociada y de su supervivencia, muy utilizado en el análisis epidemiológico, principalmente en la enfermedad grave de cáncer. Además, este modelo permite hacer una predicción de la mortalidad y de la morbilidad futura y, asimismo, generar tablas de vida (life tables) [6].

Este software estadístico se basa en el modelo presentado por Verdecchia et al. (1989) [44], el cual asume que las enfermedades crónicas degenerativas son irreversibles, es decir, que una vez que el individuo contrae la enfermedad no existe recuperación y, por tanto, permanece enfermo hasta su fallecimiento.

Así, aplicar el modelo MIAMOD para el cálculo de la incidencia de las enfermedades graves implica considerar la hipótesis de que un individuo no puede tener más de un siniestro para la misma enfermedad, ya que seguiría enfermo hasta su fallecimiento.

En la realidad existe la posibilidad de que una persona sufra más de un infarto o de que una persona vuelva a ser ingresada por un cáncer que superó años atrás. Sin embargo, dado que en el presente trabajo se presume que el seguro contratado solo cubrirá la primera contingencia que suceda, esta hipótesis se considera adecuada a la hora de calcular la incidencia. Además, existen controles, exámenes médicos o cuestionarios que los asegurados han de rellenar como paso previo a la contratación del seguro, por lo que se asume que en el caso de que un asegurado haya cobrado una contingencia de enfermedad grave este no podrá contratar ningún seguro más con dicha contingencia.

En este capítulo se realiza, en primer lugar, una pequeña descripción de los modelos utilizados en el software estadístico MIAMOD (Modelos lineales generalizados y modelos edad-período-cohorte), seguido de un análisis del modelo de Verdecchia et al. [44], en el que se describen las principales ideas que se extraen del artículo y de las cuales parte el software MIAMOD, y del proceso de estimación de dicho modelo que realiza este software.

Por último, dado que el modelo de Verdecchia parte de la necesidad de disponer de datos sobre la supervivencia relativa de la enfermedad grave en cuestión para obtener los datos de incidencia, en este capítulo se explican los principales métodos de cálculo de la supervivencia relativa.

3.3.1. Los modelos lineales generalizados

Los modelos lineales generalizados, en inglés *Generalized Linear Models* (GLM), es un tipo de modelo de regresión utilizado en aquellos casos en que la variable dependiente o de respuesta no sigue una distribución Normal y, por tanto, no se puede interpolar una recta entre ellos que se ajuste correctamente.

Estos modelos fueron popularizados por McCullagh y Nelder (1989) [29] y en ellos se supone que la variable de respuesta Y_i sigue una función de la familia exponencial con media μ_i, la cual se supone que es alguna función lineal de las variables explicativas x_i [19].

Un GLM está formado por tres componentes:

- Componente aleatoria: indica la función de distribución de la variable de respuesta Y.
- Componente sitemática: indica la combinación lineal de las variables explicativas $x_1, x_2, \ldots, x_k$ a la hora de crear el predictor lineal ($\beta_0 + \beta_1 x_1 + \cdots + \beta_k x_k$).
- Función enlace (*link function*): indica cómo el valor esperado de la variable de respuesta se relaciona con el predictor lineal.

Este tipo de modelos asumen las siguientes hipótesis [19]:

- $Y_1, Y_2, \ldots, Y_n$ se distribuyen independientemente.
- Se asume que Y_i sigue una distribución de la familia exponencial.
- Aunque en el modelo GLM no se asume una relación lineal entre la variable dependiente y las variables independientes, sí se asume una relación lineal entre las variables explicativas y la variable respuesta transformada en términos de la función enlace.
- No es obligatorio que la varianza sea homogénea.
- Los errores han de ser independientes, aunque no es obligatorio que se distribuyan normalmente.

Los modelos GLM más utilizados son:

Cuadro 1. *Modelos GLM más utilizados*

Modelo	**Ligadura**	**Función enlace**	$\mu_i = g^{-1}(\eta_i)$	**Rango de** Y_i	$V(Y_i\|\eta_i)$
Normal	Identidad	μ_i	η_i	$(-\infty, +\infty)$	ϕ
Binomial	Logit	$ln(\frac{\mu_i}{1-\mu_i})$	$\frac{exp(\eta_i)}{1+exp(\eta_i)}$	$\frac{0,1,2,\ldots,n_i}{n_i}$	$\frac{\mu_i(1-\mu_i)}{n_i}$
Binomial	Probit	$\Phi^{-1}(\mu_i)$	$\Phi(\eta_i)$	$\frac{0,1,2,\ldots,n_i}{n_i}$	$\frac{\mu_i(1-\mu_i)}{n_i}$
Poisson	Log	$ln(\mu_i)$	$exp(\eta_i)$	$0, 1, 2, \ldots$	μ_i
Gamma	Inverse	μ_i^{-1}	η_i^{-1}	$(0, \infty)$	$\phi\mu_i^2$

Fuente: Elaboración propia.

3.3.2. Los modelos edad-período-cohorte

Los modelos edad-período-cohorte, *age-period-cohort* (APC) en inglés, son modelos muy utilizados en la epidemiología, ya que permiten separar las influencias asociadas al proceso de envejecimiento de las influencias asociadas a la fecha de observación de esos sujetos y de las influencias asociadas a su fecha de nacimiento [3].

Esto permite que se puedan estudiar efectos como el nivel de educación, eventos económicos como recesiones, guerras, etc., diferentes en función de la edad del individuo o del período de observación, que de otra manera no se tendrían en cuenta, puesto que se considerarían iguales para todos los colectivos.

Existen diferentes tipos de modelos APC en función del efecto de la edad, el período y la cohorte que se le ajuste. Así, también existen modelos APC en los que solo hay uno o dos de los tres factores.

La fórmula básica del modelo describe el logaritmo de la mortalidad de forma aditiva:

$$\mu_{i,k} = \alpha_i + \beta_j + \gamma_{i+j-1} + \delta_{i,k} \tag{2}$$

donde i indica la cohorte, j indica la edad, $i + j - 1$ indica el período y $\delta_{i,k}$ es el término de error idiosincrático.

De este modo, según la fórmula (2), se da una relación lineal perfecta entre los tres efectos.

Esto presenta un problema de identificación implícito en estos modelos, que imposibilita observar la variación independiente de estas variables condicionales y hace que las técnicas de regresión lineal estándar no las puedan separar [3].

Sin embargo, se han ideado métodos para eliminar este problema de identificación [25]:

- *Constrained Coefficients GLM Estimator* (CGLIM): mediante este método se imponen restricciones adicionales en una de las categorías de, al menos, un predictor para estimar simultáneamente el período de edad y el efecto de la cohorte. Así, asumiendo que algunas categorías de grupos de edad, cohortes o períodos de tiempo tienen efectos idénticos sobre la variable dependiente es posible estimar el efecto independiente del período de edad y la cohorte.
- Aproximación de variables proxy: se utilizan una o más variables proxy como sustitutas de los coeficientes de la edad, período o cohorte.
- Enfoque de transformación paramétrica no lineal (algebraica): se define una función paramétrica no lineal de una de las variables de edad, período o cohorte para que su relación con las demás no sea lineal.
- Método del estimador intrínseco.
- *Median Polish Analysis*: mediante este método se extrae la no linealidad en los efectos de la edad y el período, y divide la varianza no lineal en un efecto cohorte y un error aleatorio, de manera que evalúa la interacción entre la edad y el período que está más allá de lo que podría esperar de sus influencias aditivas.

3.3.3. El modelo de Verdecchia et al. (1989)

En esta subsección se introducen las principales características del modelo propuesto por Verdecchia et al. (1989) [44].

Partiendo de la hipótesis de que existen únicamente dos estados en los que los individuos pueden estar, saludables o enfermos de una enfermedad grave específica, se tienen los siguientes conceptos:

- $\gamma(x)$: tasa de fallecimiento por la enfermedad grave específica para una edad x,
- $\alpha(x)$: tasa de fallecimiento por cualquier causa para una edad x,

- $\beta(x, y)$: tasa de fallecimiento por la enfermedad grave específica para una edad x para un individuo que ha enfermado a la edad y,
- $\delta(x, y)$: tasa de fallecimiento por cualquier causa para una edad x para un individuo que ha enfermado a la edad y.

Gráficamente:

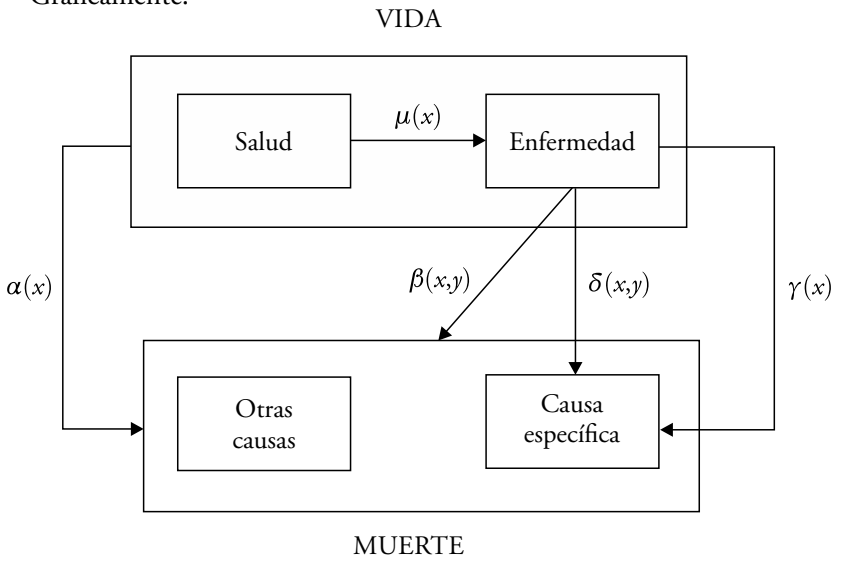

Figura 1. *Estados posibles de los individuos*
Fuente: Verdecchia et al. (1989) [44].

Mediante este modelo se pretende estimar $\mu(x)$ como una función de las transiciones anteriores, considerando todas ellas conocidas.

Así, la probabilidad de supervivencia $S(x)$ para una cohorte viene dada como:

$$S(x) = exp[-\int_0^x \alpha(u)du]. \tag{3}$$

Definiendo $v(x)$ como la probabilidad de estar enfermo a la edad x, la cual está condicionada porque el individuo haya sobrevivido hasta dicha edad, la función de densidad de mortalidad para una causa específica, $\gamma(x)$ será:

$$\gamma(x) = \int_0^x S(\tau)[1 - v(\tau)]\mu(\tau)\delta(x, \tau)exp[-\int_\tau^x \beta(u, \tau)du]d\tau. \tag{4}$$

La expresión (4) indica que la tasa de fallecimiento por causa específica se obtiene como la integral sobre todas las edades de la probabilidad de un individuo de llegar vivo a una edad τ sin que esté enfermo a dicha edad, multiplicado por la probabilidad de enfermar a la edad τ, multiplicado por la probabilidad de que un individuo que haya enfermado en la edad τ fallezca a la edad x y multiplicado por la probabilidad de un individuo que haya enfermado a la edad τ de no fallecer por causa específica desde el momento que enferma hasta la edad x.

Sustituyendo (3) en (4) y reordenando, se obtiene la tasa de fallecimiento por causa específica para una cohorte de edad x:

$$\gamma(x) = \int_0^x [1 - v(\tau)]\mu(\tau)\delta(x,\tau)exp\{-\int_\tau^x [\beta(u,\tau) - \alpha(u)du]d\tau\}. \quad (5)$$

Así, se considera que esa tasa de mortalidad específica se obtiene como la integral sobre todas las edades hasta x de la probabilidad de un individuo de no estar enfermo en una edad τ, multiplicado por la probabilidad de enfermar a la edad τ, multiplicado por la probabilidad de fallecimiento por causa específica de una persona de edad x que haya enfermado a la edad τ y multiplicada por la probabilidad de sobrevivir al riesgo de muerte adicional para los enfermos entre las edades τ y x.

De la misma manera, se puede obtener la probabilidad de estar enfermo para un individuo de edad x como:

$$v(x) = \int_0^x S(\tau)[1 - v(\tau)]\mu(\tau)exp[-\int_\tau^x \beta(u,\tau)du]d\tau. \quad (6)$$

donde, sustituyendo la probabilidad de supervivencia $S(x)$ de la ecuación (3):

$$v(x) = \int_0^x [1 - v(\tau)]\mu(\tau)exp\{-\int_\tau^x [\beta(u,\tau) - \alpha(u)]du\}d\tau, \quad (7)$$

de este modo, la ecuación (7) proporciona la probabilidad de enfermar por causa específica, para un individuo de edad x, como la integral de todas las edades hasta x de la probabilidad de un individuo de no estar enfermo en la edad τ multiplicado por la probabilidad de enfermar a esa edad τ y multiplicado por la probabilidad de sobrevivir al riesgo de muerte adicional para los enfermos entre las edades τ y x.

No obstante, los datos disponibles suelen agruparse en edad y año de observación discretos y no continuos, por lo que se reexpresan las ecuaciones (5)

y (7) en términos discretos, utilizando la hipótesis de que los que enferman y los que fallecen lo hacen en el punto medio entre el aniversario de dos edades consecutivas, excluyendo los casos en que un individuo enferma y fallece en el mismo año o en el que la enfermedad que padece tiene una duración media de seis meses.

Así, la tasa de fallecimiento por causa específica para una cohorte de edad x viene dada por la siguiente expresión:

$$\gamma(x) = (1 - v_i)\mu_i d_{ii} + \sum_{j=0}^{i-1} (1 - v_j)\mu_j d_{ij} s_{ij}. \tag{8}$$

Y la probabilidad de estar enfermo para un individuo de edad x será:

$$v_i = \sum_{j=0}^{i} (1 - v_j)\mu_j s_{ij}, \tag{9}$$

siendo

- v_i, la proporción de población enferma a la edad i,
- μ_j, la probabilidad de enfermar entre la edad j y la edad $j + 1$ para un individuo sano de edad j,
- d_{ij}, la probabilidad de fallecimiento por enfermedad específica entre las edades i e $i + 1$ para un individuo que ha enfermado entre las edades j y $j + 1$,
- γ_i, la probabilidad de fallecimiento por enfermedad específica entre las edades i e $i + 1$,
- $s_{ij} = exp\{-\int_{j+1/2}^{i} [\beta(u, j + 1/2) - \alpha(u)]du\}$, la probabilidad discreta de supervivencia del riesgo de fallecimiento extra por la enfermedad para los individuos enfermos.

Mediante estas dos últimas ecuaciones se puede estimar la historia de enfermedad completa de la cohorte y su historial de enfermedad edad a edad. Sin embargo, se necesita información de mortalidad de la cohorte completa, lo cual puede acarrear problemas de estabilidad cuando existen fluctuaciones aleatorias elevadas.

Se espera que la probabilidad de enfermar varíe continuamente entre grupos de edad contiguos, años de calendario contiguos o cohortes. Por ese motivo, los autores asumen que la incidencia de la enfermedad es una función

regular de la edad. Así, se estiman los parámetros de la función de incidencia ajustando las ecuaciones (8) y (9) a la mortalidad observada mediante el método de máxima verosimilitud.

3.3.4. MIAMOD

Como se dijo anteriormente, el paquete MIAMOD parte del método propuesto por Verdecchia et al. (1989) [44] para generar un programa informático que calcule la incidencia de una enfermedad grave a partir de los datos de fallecimiento por causa específica.

Dicho software viene a cubrir la falta de un programa informático que esté optimizado para poder computar los procesos del modelo de Verdecchia et al., con el afán de generar una herramienta lo suficientemente potente para realizarlos más fácil y rápidamente [6].

En este apartado se realiza un pequeño resumen de la metodología utilizada en el modelo MIAMOD basándose en De Angelis et al. (1994) [6].

Se parte de la hipótesis de que la función de incidencia, μ, se modeliza como una función logística de un polinomio de la edad (i), el período (p) y la cohorte ($c = p - i$):

$$logit(\mu_{i,p}(\theta)) = \theta_1 + \sum_{k=1}^{K_1} \theta_{1+k}(i')^k + \sum_{k=1}^{K_2} \theta_{1+K_1+k}(p')^k + \sum_{k=1}^{K_3} \theta_{1+K_1+K_2+k}(c')^k, \tag{10}$$

donde i', p' y c' son la covarianzas de edad, período y cohorte normalizadas definidas en el intervalo $[-1, 1]$, los grados polinomiales K_1, K_2 y K_3 se han de escoger y θ es un vector que contiene los coeficientes de regresión y que se define como:

$$\theta = (\theta_1, \theta_2, \ldots, \theta_m), \tag{11}$$

siendo $m = 1 + K_1 + K_2 + K_3$.

Dado que el modelo considera la exposición de los individuos afectados por la enfermedad (causa específica) a las defunciones por cualquier otra causa distinta a esa enfermedad, se considera la supervivencia relativa por causa específica, $s_{i,j,p}$, como la probabilidad de sobrevivir al riesgo adicional que representa la enfermedad grave en las personas afectadas de edad i, diagnosticadas a la edad j y en el año de observación p.

Tanto esta supervivencia relativa como la probabilidad de fallecimiento por causa específica ($d_{i,j,k}$) para la población general se consideran conocidas. Sin embargo, la probabilidad de fallecimiento por causa específica se puede derivar a partir de la supervivencia relativa y la probabilidad de fallecimiento por cualquier causa de la población general, asumiendo que el riesgo de fallecimiento para la población enferma es igual que el riesgo de fallecimiento para la población general.

Así, para cada edad y período, la probabilidad de fallecimiento esperada ($C_{i,p}$) se puede expresar como la función de la incidencia y supervivencia y, de este modo, como una función de los parámetros de regresión θ:

$$C_{i,p} = (1 - v_{i,p})\mu_{i,p}d_{i,p} + \sum_{j=0}^{i-1}(1 - v_{j,q})\mu_{j,q}d_{i,j,p}s_{i,j,p}, \tag{12}$$

donde $q = p - i + j$ es el año de diagnóstico y la prevalencia v es

$$v_{i,p} = \sum_{j=0}^{i-1}(1 - v_{j,q})\mu_{j,q}s_{i,j,q}. \tag{13}$$

Suponiendo que la probabilidad de observar $Y_{i,p}$ fallecimientos en la población de riesgo $n_{i,p}$ sigue una distribución de Poisson con valor esperado $C_{i,p}(\theta)$, si se utiliza el principio de máxima verosimilitud, se obtiene la función siguiente:

$$L = \sum i, pY_{i,p}log[n_{i,p}C_{i,p}(\theta)] - n_{i,p}C_{i,p}(\theta). \tag{14}$$

Las ecuaciones de máxima verosimilitud se obtienen como:

$$\frac{\partial L}{\partial \theta_K} = \sum_{i,p}\frac{\partial C_{i,p}(\theta)}{\partial \theta_K}\left(\frac{Y_{i,p}}{C_{i,p}} - n_{i,p}\right) = 0, \qquad K = 1, \cdots, m. \tag{15}$$

Bajo el supuesto de que los errores son independientes y están idénticamente distribuidos como una normal, los estimadores de máxima verosimilitud de θ se pueden obtener mediante un procedimiento iterativo de mínimos cuadrados ponderados maximizando, respecto a θ:

$$F(\theta) = \sum_{i,p} w_{i,p}(Y_{i,p} - n_{i,p}C_{i,p}(\theta))^2, \tag{16}$$

donde los pesos $w_{i,p}$ son la inversa de la varianza de $Y_{i,p}$;

$$w_{i,p} = (n_{i,p}C_{i,p}(\theta))^{-1}, \tag{17}$$

y se recalculan con cada iteración.

El programa MIAMOD también calcula el *Likelihood Ratio Statistic* (LRS):

$$LRS = -2\sum_{i,p} Y_{i,p} log \frac{n_{i,p}C_{i,p}(\hat{\theta})}{Y_{i,p}}, \tag{18}$$

Este estadístico se utiliza para medir la significación de añadir o excluir un regresor respecto a los k existentes en el modelo de incidencia mediante el test de ratio de verosimilitud (*likelihood ratio test*): $G^2 = LRS_k - LRS_{k+1}$, el cual se distribuye como una χ^2 con un grado de libertad.

Otra de las aplicaciones del programa MIAMOD es que permite realizar proyecciones de la morbilidad a futuro de las enfermedades crónicas, como el cáncer o el infarto de miocardio, ya que la ocurrencia de estas patologías está fuertemente influenciada por el tiempo de exposición durante la vida de un individuo a los factores de riesgo específicos y el modelo tiene en cuenta este factor de la cohorte [6].

Para ello se asume que la mortalidad por cualquier causa excepto la específica es constante e igual que la observada en el año anterior y se estima la estructura de edad de la población futura aplicando los ratios de fallecimiento esperados a la población del período más reciente y asumiendo un flujo migratorio nulo. Por lo que respecta a la incidencia, se asume que los efectos de la edad y el período son iguales que los estimados en el pasado.

3.4. Los modelos de supervivencia relativa y cómo implementarlos para calcular la incidencia

A la hora de utilizar el programa MIAMOD se necesita disponer de una función que mida la tasa de supervivencia relativa de la enfermedad grave, definiendola como el ratio de la supervivencia de una persona de edad i que haya enfermado en el año j respecto a otra persona de edad i sana.

La supervivencia relativa (SR) se define como el cociente entre la supervivencia observada y la supervivencia esperada:

$$SR_t = \frac{SO_t}{SE_t} \tag{19}$$

La supervivencia observada se calcula a partir de la muestra de enfermos diagnosticados en un área de estudio mientras que la supervivencia esperada se estima a partir de la mortalidad de la población residente en el área de estudio.

Existen varios métodos y modelos de supervivencia para el cálculo de la supervivencia observada y de la supervivencia esperada. En este apartado se mencionarán los más importantes.

3.4.1. Cálculo de la supervivencia observada

Los métodos utilizados en el cálculo de la supervivencia observada se pueden dividir en métodos paramétricos, métodos semiparamétricos y métodos no paramétricos. Los dos primeros métodos son más eficientes mientras que el tercero suele ser más sencillo y se puede utilizar en aquellos casos en que no se logre ajustar un modelo paramétrico a la muestra.

Los métodos paramétricos consisten en modelizar los datos de supervivencia ajustando una función de distribución a la variable que representa el tiempo hasta la ocurrencia del suceso de interés (fallecimiento) y estimando sus parámetros mediante máxima verosimilitud o mínimos cuadrados. Las distribuciones más comunes que se ajustan son la exponencial, gamma, Weibull, normal y log-normal.

A diferencia de los métodos paramétricos, los métodos no paramétricos no ajustan una función de distribución, sino que se estima la supervivencia directamente de los datos. Los métodos más utilizados son el método actuarial (tablas de vida) y el método de Kaplan-Meier.

El método actuarial se basa en dividir la distribución de los tiempos de supervivencia en un determinado número de intervalos en los cuales se registra el número de individuos sanos que entran en el intervalo (n_i), el número de fallecimientos (d_i) y el número de individuos que salen del estudio (r_i). Con estas observaciones se calcula el número de expuestos al riesgo asumiendo que los fallecimientos se producen homogéneamente a lo largo del intervalo ($n_i = n_i - 0{,}5 * r_i$) y se calcula la supervivencia como $1 - \frac{d_i}{n_i}$.

El método de Kaplan-Meier no obliga a agrupar los tiempos de supervivencia en intervalos, asumiendo que la proporción acumulada que sobrevive se calcula para el tiempo de supervivencia individual de cada paciente, considerando que la probabilidad de salir del estudio no es distinta en función de si los pacientes presentan un peor o mejor pronóstico.

De esta manera, define la supervivencia en un momento temporal t como $S_t = \prod \frac{n_i - d_i}{n_i}$, donde d_i es el número de fallecimientos en el instante t y n_i el número de individuos en riesgo en el instante inmediatamente anterior de t.

Por último, los métodos semiparamétricos son una mezcla de ambos métodos anteriores. El más conocido es el modelo de riesgos proporcionales de Cox.

El modelo de riesgos proporcionales de Cox es un modelo de regresión en el que se introduce las relaciones de las variables con el individuo. Su formulación es:

$$\lambda(t; X) = \lambda_0(t) e^{\beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \cdots + \beta_z X_z} \tag{20}$$

donde t es la edad alcanzada por el individuo, λ_0 es cualquier función desconocida, arbitraria y no negativa en el tiempo, $\beta_1, \ldots, \beta_z$ son los parámetros de regresión y $X_1, \ldots, X_z$ son las variables introducidas en el modelo.

$\lambda_0(t)$ es el riesgo base, es decir, el riesgo de fallecimiento cuando todas las variables X son cero y depende del tiempo. En cambio $e^{\beta Z}$ indica el riesgo relativo y se supone que es constante a lo largo del tiempo.

3.4.2. Cálculo de la supervivencia esperada: Ederer I, Ederer II y Hakulinen

Como se dijo anteriormente, la supervivencia esperada se estima a partir de las tasas de supervivencia poblacionales de la región de residencia de los miembros de la cohorte analizada [5].

Si se define como λ la tasa de mortalidad poblacional por cualquier causa para los individuos de un grupo de edad i, en un año concreto j y que residen en la misma área de residencia de los individuos analizados, se puede calcular esta tasa de mortalidad como el cociente entre el número de fallecimientos y el número de individuos residentes de riesgo, definiendo la tasa de supervivencia poblacional como:

$$\mu_{ij} = e^{-\lambda_{ij}} \tag{21}$$

Una vez calculadas las tasas para todas las edades y todos los años del período analizado se aplican a la cohorte de pacientes en estudio para obtener la supervivencia esperada.

Existen tres métodos principales para calcular la supervivencia esperada: los métodos Ederer I y Ederer II y el método de Hakulinen.

Los métodos Ederer I y Ederer II calculan la supervivencia poblacional media en la cohorte para cada momento en el que se ha producido un evento (t_i) mediante:

$$SE(t_i) = \prod_{\forall j | t_j \leqslant t_i} SP(t_j) = SP(t_i) * \cdots * SP(t_2) * SP(t_1), \tag{22}$$

donde $SP(t_i)$ es la supervivencia poblacional media en la cohorte en el intervalo (t_{i-1}, t_i).

Para calcular esta supervivencia esperada mediante el método Ederer I se siguen los siguientes pasos [5]:

1. Determinar el tiempo mínimo y máximo de supervivencia en la cohorte, dividiendo dicho tiempo en intervalos de igual longitud.
2. Estimar para cada paciente la supervivencia poblacional en cada tiempo, aunque no esté en riesgo en dicho tiempo.
3. Calcular la media de las supervivencias poblacionales de cada individuo en t_i ($SP(t_i)$).
4. Aplicar la expresión (22).

Los métodos Ederer I y Ederer II se diferencian únicamente por el número de individuos que considera para cada intervalo. Mientras que el método Ederer I considera a todos los pacientes en cada intervalo, el método Ederer II solo considera a los que están en riesgo durante ese intervalo.

Así, para calcular la supervivencia esperada mediante el método Ederer II se siguen los mismos pasos que en el método Ederer I pero modificando el paso 2 (Estimar para cada paciente la supervivencia poblacional en cada tiempo, solo si está en riesgo en dicho tiempo).

El método de Hakulinen estima la supervivencia esperada mediante la utilización de un estimador similar al de Kaplan-Meier que considera las censuras (abandonos). Así, el número de pacientes de riesgo de cada intervalo se calcula teniendo en cuenta un número de abandonos esperados en dicho tiempo [5].

El estimador de la supervivencia esperada mediante el método de Hakulinen se define como:

$$SE(t_i) = \prod_{\forall j | t_j \leqslant t_i} (1 - \frac{d_j^*}{r_j^* - \frac{1}{2} w_j}), \tag{23}$$

donde r_j^* es el estimador del número de pacientes de riesgo esperado (suma de las supervivencias poblacionales de cada uno de los pacientes de riesgo), $d_j^* = r_j - r_j^*$ es el número de defunciones esperadas, r_j es el número de pacientes de riesgo a tiempo t_j y w_j es el intervalo de tiempo analizado.

El número de abandonos esperados en el intervalo w_j se calcula aplicando la corrección 1/2 a la suma de las supervivencias poblacionales de los individuos en riesgo en dicho intervalo y cuyo tiempo de seguimiento no exceda ese intervalo, la cual se denomina anticipación al tiempo de censura.

En el caso en que el tiempo de seguimiento de los pacientes sea entre cinco y diez años, los métodos Ederer I y Ederer II dan resultados similares pero si supera los diez años se recomienda aplicar el estimador obtenido por el método Hakulinen.

4. Estimación de las tasas de incidencia del cáncer y del infarto de miocardio en España

Una vez analizado el software MIAMOD, en este capítulo se analizan los datos utilizados como input para el cálculo de la incidencia de las enfermedades graves de cáncer e infarto de miocardio y se explica la metodología utilizada para estimar los modelos con los que se calculan las tasas de incidencia. Además se realiza un análisis de los modelos estimados para comprobar su robustez y su capacidad de predicción.

4.1. Los datos

Tal y como se ha indicado anteriormente, para calcular las tasas de incidencia mediante el software MIAMOD se necesitan datos de defunciones por cualquier causa, datos de defunciones por causa específica y datos de supervivencia relativa de la enfermedad en cuestión.

Los datos de mortalidad de la población española se han obtenido a partir de los ficheros de microdatos que publica el Instituto Nacional de Estadística (INE) en su página web (estadística de defunciones).

Dado que el modelo que se va a utilizar requiere un mínimo de diez años para dar estimaciones robustas, se han escogido datos desde el año 2000 hasta el año 2015 (período de dieciséis años). De estos ficheros de microdatos se han obtenido los fallecimientos por cada edad y sexo por cualquier causa, las defunciones por causa específica de neoplasia maligna (epígrafes 140 a 208 del código CIE-9-MC) y las defunciones por causa específica de infarto de miocardio (epígrafe 410 del código CIE-9-MC). En el caso de las neoplasias, no se han tenido en cuenta ni las neoplasias benignas o de comportamiento incierto ni el carcinoma *in situ*.

Los datos de supervivencia que necesita el modelo MIAMOD se han obtenido de la base de datos EUROCARE-5, la cual provee información de las tasas de supervivencia relativa para cualquier tipo de cáncer en España.

Esta supervivencia relativa se ha calculado mediante el método Ederer II a partir de las tablas de mortalidad por cualquier causa por edad, sexo, tipo de cáncer y año de calendario, y se define como el ratio de la supervivencia de los pacientes observada respecto a la supervivencia esperada en la población general para un mismo país, edad, sexo y año de calendario [7].

Para el caso de las altas hospitalarias del infarto de miocardio, los datos se han obtenido de la encuesta de morbilidad hospitalaria que publica también el INE.

4.1.1. Evolución de la población y de los fallecimientos

A partir de los datos extraídos del INE, se han generado los siguientes gráficos:

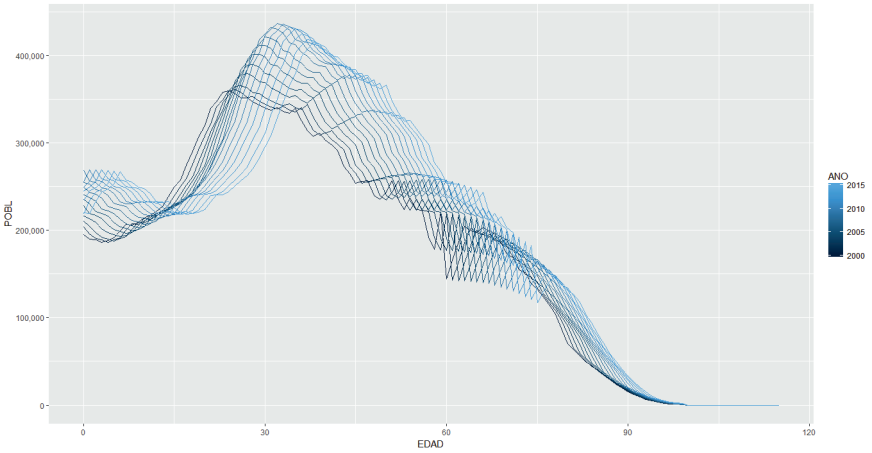

Figura 2. *Población de varones 2000-2015*
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INE.

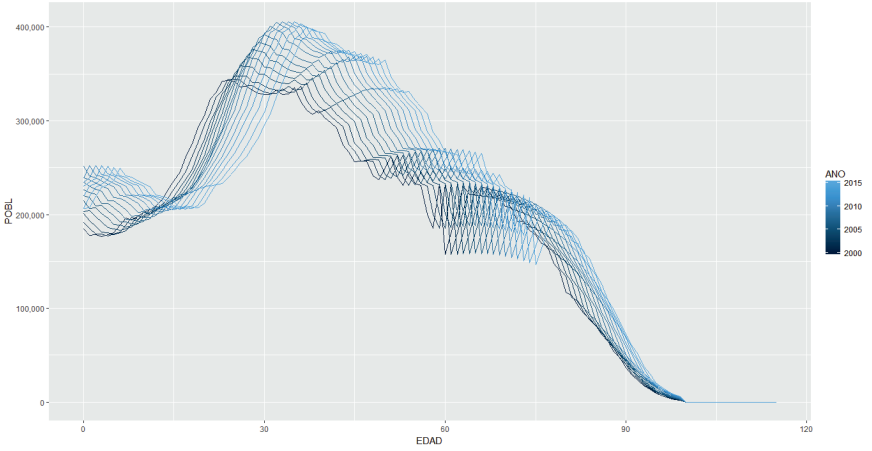

Figura 3. *Población de mujeres 2000-2015*
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INE.

En las Figuras 2 y 3 se puede observar que la población, tanto de varones como de mujeres, ha ido aumentando a lo largo del período observado (2000-2015), pasando de 19.825.861 varones y 20.642.319 mujeres en el año 2000 a 22.823.104 varones y 23.610.984 mujeres en el año 2015.

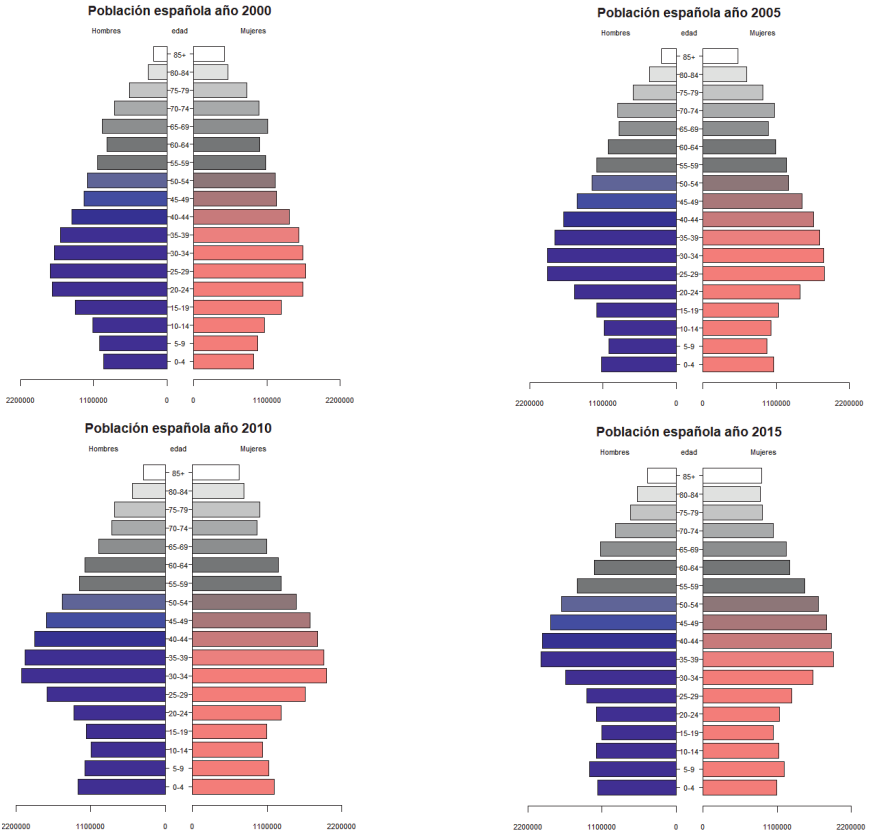

Figura 4. *Evolución piramide poblacional*
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INE.

La Figura 4 recoge la misma información sobre la evolución de la población desde el año 2000 al año 2015 de ambos sexos en formato de pirámide. En particular se evidencia un cambio en la composición de edad de la población en el que el grupo más numeroso de población viva se desplaza hacia edades más elevadas.

A causa de esta evolución, la media de edad ha aumentado a lo largo de los años, pasando de los 39 años en 2000 a los 42 años en 2015, e indica un envejecimiento progresivo de la población.

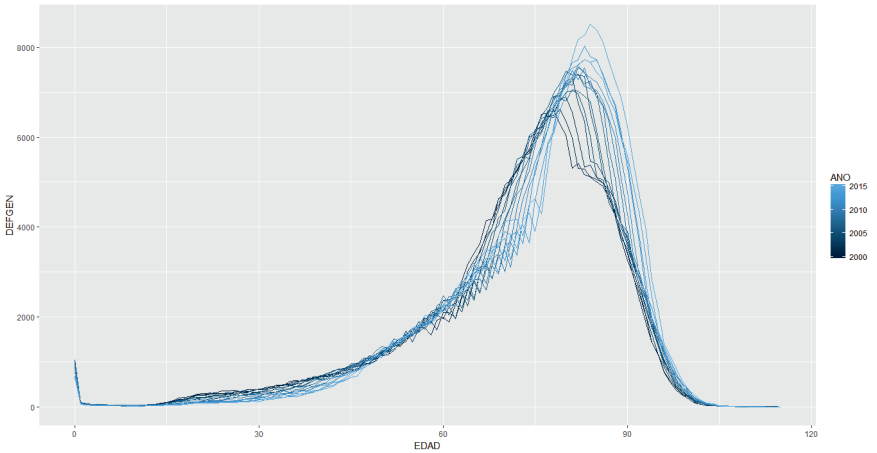

Figura 5. *Fallecimientos hombres 2000-2015*
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INE.

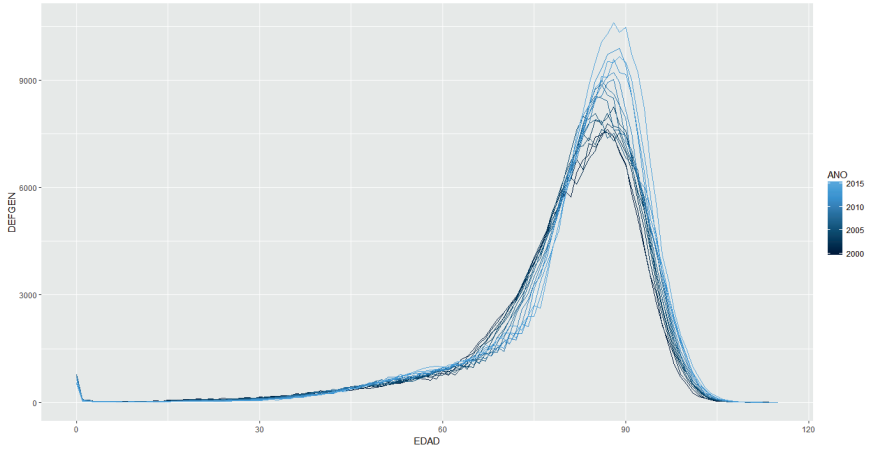

Figura 6. *Fallecimientos mujeres 2000-2015*
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INE.

Por lo que respecta a los fallecimientos, Figuras 5 y 6, también se observa un aumento del número de fallecidos en ambos colectivos durante el período observado. Así, mientras que en el año 2000 el total de fallecimientos ascendió a 360.391 individuos, en el año 2015 el número de fallecimientos por cualquier causa fue de 422.568 individuos, un 17 % mayor.

La edad media de fallecimiento para el colectivo de varones ha pasado de los 71,3 años en el año 2000 hasta los 76,1 años en 2015, mientras que en el colectivo de mujeres ha pasado de los 79,2 años en el año 2000 a los 82,7 años en 2015, por lo que parece indicar que la media de edad de fallecimiento por cualquier causa está aumentando. Así, se puede observar que, aunque las mujeres suelen vivir, de media, un mayor número de años que los hombres, esta diferencia se tiende a reducir a lo largo de los años observados.

4.1.2. Evolución de las neoplasias malignas

En las Figuras 7 y 8 se puede observar la evolución de las defunciones por los cánceres considerados:

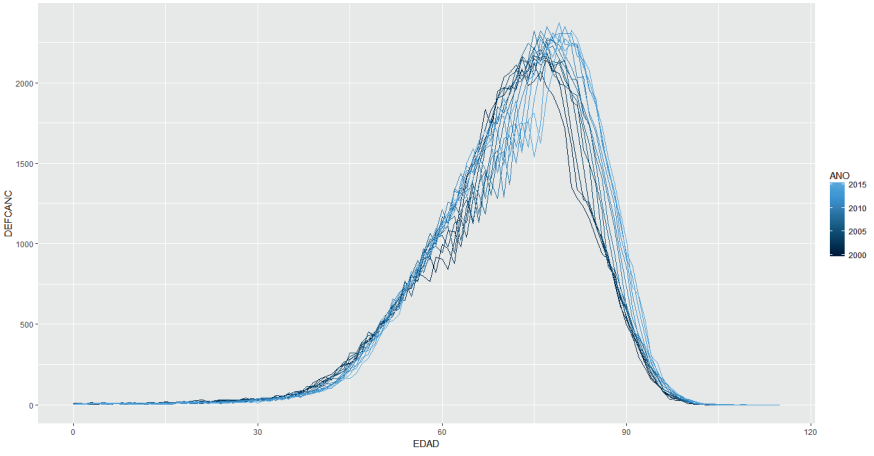

Figura 7. *Número de varones fallecidos por cáncer 2000-2015*
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INE.

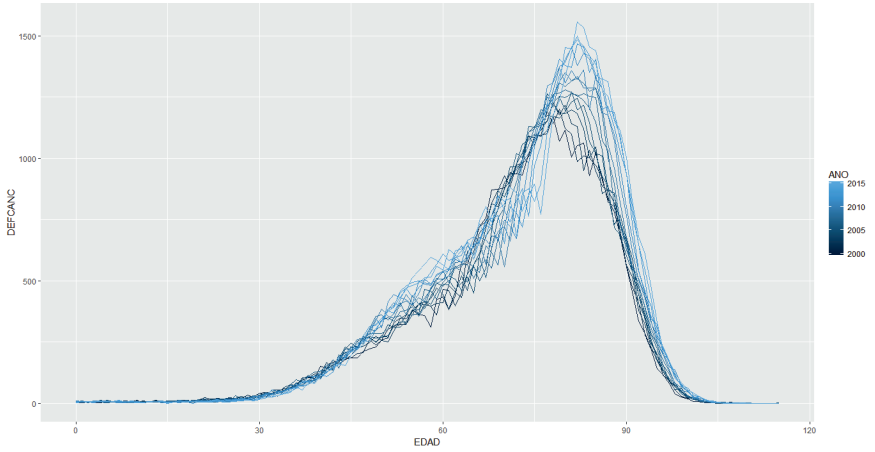

Figura 8. *Número de mujeres fallecidas por cáncer 2000-2015*
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INE.

Se aprecia que el número de fallecimientos por cáncer ha ido aumentando a lo largo de los años, pasando de 91.848 fallecimientos en el año 2000 a 107.194 fallecimientos en 2015. A su vez, los fallecimientos por cualquier causa, entre las que se encuentran los fallecimientos por cáncer, también han aumentado, por lo que el porcentaje que representan los fallecimientos por cáncer respecto al total de fallecimientos se ha mantenido en torno a un 25 %-27 % durante el período observado. También se observa que conforme van pasando los años, la edad media de fallecimiento por cáncer se va trasladando a edades más avanzadas, aumentando de 70,74 años en 2000 a 73,26 años en 2015.

Por lo que respecta al reparto entre sexos, los datos indican que, aunque en todos los períodos el colectivo de varones es el que más fallecimientos por cáncer tienen (62,2 % en promedio de todos los períodos observados), el porcentaje ha disminuido desde un 62,63 % en el año 2000 hasta un 61,1 % en el año 2015, indicando un aumento del número de mujeres fallecidas por cáncer respecto del total de fallecidos por cáncer, por lo que parece preverse que el número de mujeres fallecidas por cáncer aumentará más rápidamente que el número de varones fallecidos por cáncer en los próximos años.

Los datos analizados indican que la edad media de fallecimiento por cáncer en cada año observado en el colectivo de las mujeres es superior a la del colectivo de los hombres, aunque esta diferencia va disminuyendo a lo largo de los años. Así, en el año 2000 la edad media de fallecimiento por cáncer en

el colectivo de las mujeres (71,98 años) era casi dos años superior a la del colectivo de los hombres (70 años) mientras que en el año 2015 esta diferencia se reduce a 1,2 años (73,99 años en el colectivo de las mujeres frente a 72,78 años en el colectivo de los hombres). Esto parece indicar que en los próximos años las edades medias de fallecimiento por cáncer de ambos colectivos seguirán aproximándose.

4.1.3. Evolución del infarto de miocardio

A partir de la estadística de defunciones del INE se han elaborado las Figuras 9 y 10, en las cuales se puede observar la evolución del número de fallecimientos por infarto de miocardio a lo largo del período analizado.

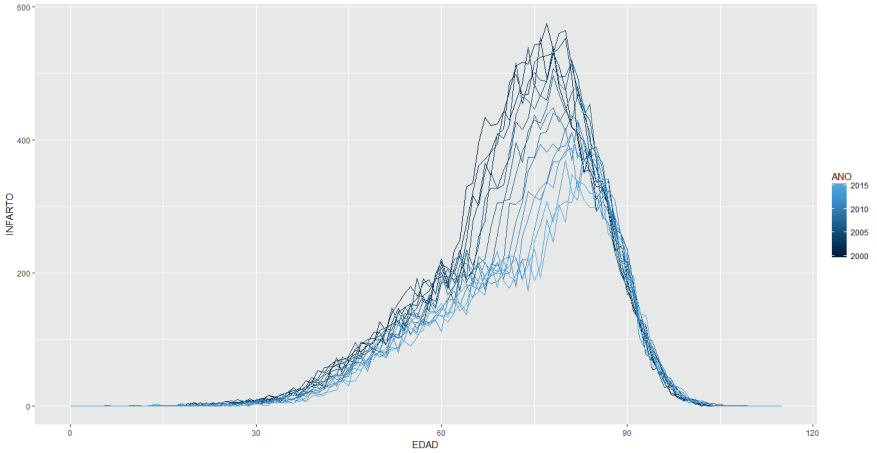

Figura 9. *Número de hombres fallecidos por infarto 2000-2015*
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INE.

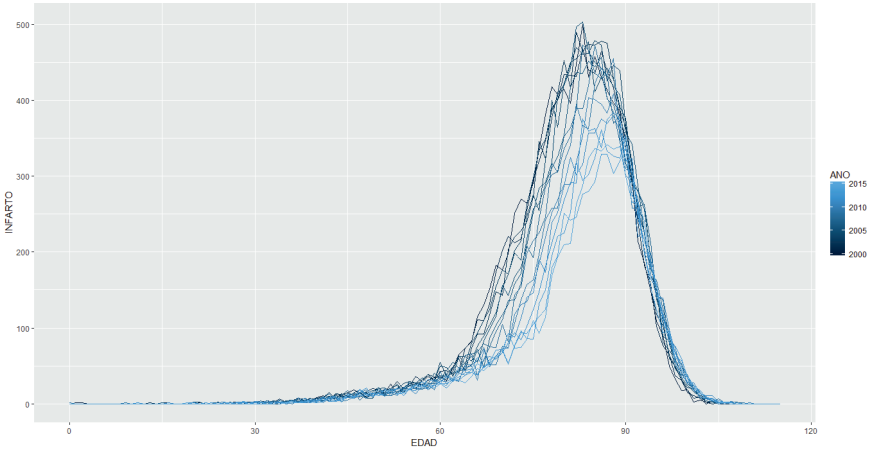

Figura 10. *Número de mujeres fallecidas por infarto 2000-2015*
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INE.

A diferencia de las neoplasias malignas, el número de fallecimientos por infarto de miocardio ha ido disminuyendo a lo largo de los años 2000 a 2015, al pasar de 25.074 casos en el año 2000 a 15.932 fallecimientos en 2015.

Así, el infarto de miocardio ha pasado de representar un 7,83 % de todos los fallecimientos en el año 2000 a un 3,77 % de todos los fallecimientos en el año 2015. Esto parece indicar que la mortalidad de esta enfermedad grave se va a ir reduciendo a lo largo de los próximos años, *ceteris paribus*.

La edad media de fallecimiento por infarto de miocardio ha aumentado a lo largo de los períodos observados, pasando de ser 74,91 años en 2000 a 77,63 años en 2015.

Según los datos analizados, el colectivo de varones es el que padece un mayor número de fallecimientos por infarto de miocardio, manteniéndose en torno a un 59 % del total de fallecimientos por infarto de miocardio durante el período 2000 a 2015. La edad media de fallecimiento por infarto de miocardio del colectivo de varones es inferior a la del colectivo de mujeres, aumentando esa diferencia a lo largo de los años observados. Así, mientras que en el año 2000 la edad media de fallecimiento por infarto de miocardio para el colectivo de varones era de 71,52 años y para el colectivo de mujeres era de 79,96 (diferencia de 8,44 años), en el año 2015 la edad media de fallecimiento por infarto de miocardio asciende a 73,88 y 83,05, respectivamente, aumentando la diferencia a 9,17 años.

4.1.4. La supervivencia relativa

Como se ha mencionado anteriormente, la supervivencia relativa se define como el ratio de la supervivencia de los pacientes observada respecto a la supervivencia esperada en la población general para un mismo país, edad, sexo y año de calendario [7].

Las tasas utilizadas, obtenidas en la base de datos del EUROCARE-5, corresponden a la probabilidad de supervivencia relativa para cualquier tipo de cáncer en España con datos de los años 2000 a 2007:

Cuadro 2. *Supervivencia relativa*

Grupos de edad	Períodos de enfermedad	Supervivencia relativa hombres	Supervivencia relativa mujeres
15-44 años	<1 año	81,60 %	92,05 %
15-44 años	1–<2 año	90,14 %	94,66 %
15-44 años	2–<3 año	94,33 %	96,4 %
15-44 años	3–<4 año	97,32 %	97,08 %
15-44 años	4–<5 año	97,49 %	97,60 %
55-64 años	<1 año	72,69 %	85,75 %
55-64 años	1–<2 año	85,14 %	91,77 %
55-64 años	2–<3 año	91,69 %	94,11 %
55-64 años	3–<4 año	94,93 %	96,03 %
55-64 años	4–<5 año	95,82 %	97,28 %
65-74 años	<1 año	70,27 %	73,66 %
65-74 años	1–<2 año	87,04 %	89,16 %
65-74 años	2–<3 año	92,72 %	92,98 %
65-74 años	3–<4 año	94,94 %	94,83 %
65-74 años	4–<5 año	95,55 %	95,06 %

Fuente: Elaboración propia.

Los datos de supervivencia relativa están agrupados en tres grupos de edad (15 a 44 años, 55 a 64 años y de 65 a 74 años) y en función de los períodos de enfermedad (durante el primer año de la enfermedad, durante el segundo año, durante el tercer año y durante el cuarto año de enfermedad).

La supervivencia relativa aumenta con cada período de enfermedad que pasa a causa de la mayor probabilidad de supervivencia de los individuos que hayan sobrevivido en el período anterior.[1]

También se puede observar que la supervivencia relativa para el colectivo de mujeres es superior al del colectivo de hombres.

4.1.5. La incidencia en el infarto de miocardio

El INE dispone de datos sobre el número de pacientes que se dan de alta en los hospitales mediante la Encuesta de morbilidad hospitalaria.

Estos datos se podrían utilizar como aproximación de la incidencia de las enfermedades graves en la población española. Sin embargo, estas altas hospitalarias no diferencian entre los individuos que se han dado de alta por primera vez y los que se han dado de alta más de una vez a consecuecia de varios ingresos.[2] Esto provoca que, para enfermedades graves como el cáncer, donde un individuo puede ser ingresado más de una vez el mismo año a causa de la misma enfermedad, las estadísticas estén sesgadas y que, si se utiliza esta información para construir unas tasas de enfermedades graves, estas sean más elevadas que la realidad.

Además, existen otros motivos no asistenciales como las políticas de altas de los hospitales y la necesidad de tener camas libres para otros pacientes que contaminan también dichos datos.

Según la metodología del INE los motivos de altas hospitalarias son:

- Altas por curación o mejoría del paciente (más del 90 % de los casos).
- Altas por defunción del paciente.
- Altas por cambio de hospital.
- Altas por cualquier otro motivo no especificado (como, por ejemplo, decisión del paciente).

Mediante los ficheros de microdatos que publica el INE se pueden obtener los casos de altas hospitalarias por supervivencia. Sin embargo, como se ha dicho, estimar un modelo con estas tasas provocaría una sobretarificación al sobreestimar los nuevos casos de infarto de miocardio. Por ello, dado que no se

[1] Así, por ejemplo, para un varón de 58 años de edad al que se le ha diagnosticado un cáncer hace dos años, la supervivencia relativa es del 56,75 %, la cual se calcula como 72,69 %*85,14 %.

[2] Es decir, si un individuo se da de alta dos veces en el mismo año, la encuesta informará dos altas.

tienen las tasas de supervivencia relativa de infarto de miocardio, se aproximará un modelo sencillo ajustando una distribución a las altas hospitalarias, descontandoles las altas por cambio de hospital, ya que, al cambiarse de hospital, se contabilizarían más de una vez el mismo caso.

Las Figuras 11 y 12 muestran la evolución de las altas hospitalarias por infarto de miocardio desde el año de observación 2000 al año 2015.

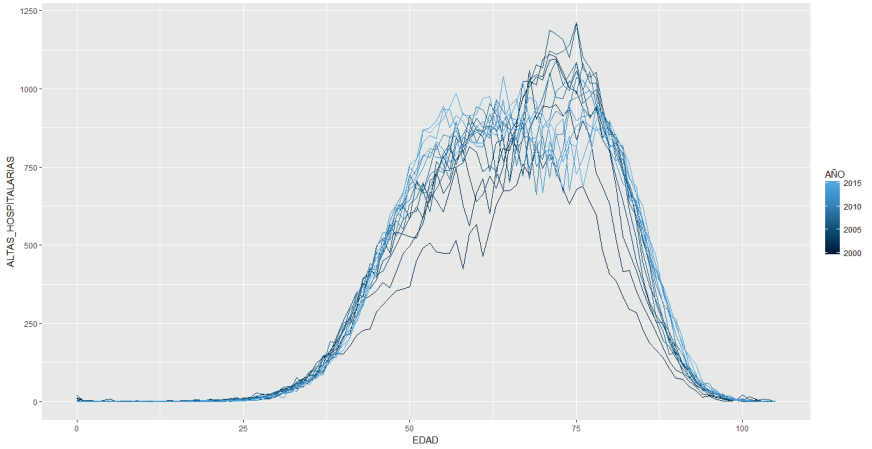

Figura 11. *Altas hospitalarias por infarto 2000-2015, hombres*
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INE.

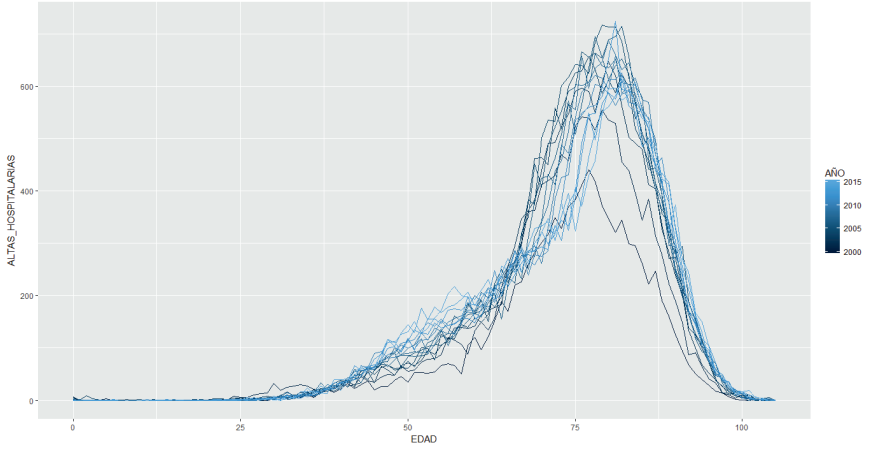

Figura 12. *Altas hospitalarias por infarto 2000-2015, mujeres*
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INE.

Se observa que el número de altas hospitalarias por infarto aumenta con la edad hasta los 80 años, aproximadamente, edad a partir de la cual empiezan a disminuir.

El número de altas hospitalarias por infarto de miocardio ha aumentado de las 13.526 altas en el año 2000 a 22.962 altas en el año 2015.

También se puede observar que el comportamiento de las altas hospitalarias por infarto es diferente en función del sexo del individuo. El número de altas hospitalarias en el colectivo de hombres representa más del 80 % de todas las altas hospitalarias por infarto. Esta proporción tiende a disminuir a lo largo de los años, al pasar de representar un 86 % en el año 2000 a un 83 % en el año 2015. El aumento y disminución de las altas hospitalarias es más acusado en el caso de las mujeres que en el caso de los varones.

Esto parece indicar que el infarto de miocardio es una enfermedad grave que afecta más al colectivo de hombres. Sin embargo, no se observa tanta diferencia en la mortalidad del infarto de miocardio (analizada en el apartado 4.1.3), por lo que aunque afecte en mayor proporción al colectivo de varones, la probabilidad de supervivencia es parecida en ambos colectivos.

Se aprecia que el número de altas hospitalarias para ambos grupos han ido incrementando desde el año 2000 hasta el año 2015, pasando de 13.526 altas hospitalarias en el año 2000 a 22.962 altas hospitalarias en el año 2015 y se han ido desplazando hacia edades más elevadas, por lo que la edad media de las altas ha aumentado ligeramente pasando de 54 años en 2000 a 54,41 años en 2015.

Esta edad media es superior en el colectivo de mujeres (55 años) que en el colectivo de hombres (54 años) y se observa que mientras que la edad media en el colectivo de mujeres se mantiene estable a lo largo de los años observados, la edad media del colectivo de hombres se incrementa ligeramente, lo cual hace aumentar la edad media de todas las altas hospitalarias.

4.2. El modelo realizado

Como se ha dicho anteriormente, el programa MIAMOD permite escoger los parámetros deseados para el modelo APC, es decir, se ha de escoger el grado del polinomio que representa el efecto de la edad, del período y de la cohorte en la incidencia de la enfermedad grave.

Para ello, se construyen inicialmente varios modelos de diferentes tipos de cáncer y en distintas provincias de España, con observaciones de los años 2003 a 2007, cuyas predicciones se comparan con los datos de incidencia que

publica la International Agency for Research of Cancer (IARC) en su estudio *Cancer Incidence in Five Continents*, vol. X [10], que incorpora información de los cánceres detectados en las provincias de Albacete, Asturias, Baleares, Canarias, Ciudad Real, Cuenca, Gerona, Granada, La Rioja, Murcia, Navarra, País Vasco y Tarragona por sus diversos observatorios.

A continuación se utiliza el test LRS para escoger la mejor aproximación econométrica entre los diferentes modelos estimados y se realiza un análisis de los errores que se den entre la observación y la estimación para comprobar que el programa MIAMOD recoge las diferencias que se pueden dar entre las distintas provincias de España en términos de salud, población, hábitos alimentarios, etc.

De esta manera, en el caso de que la incidencia esperada de los diferentes modelos para cada provincia española, de la que se tienen observaciones reales, se ajusten en gran medida a los datos reales, se podría considerar que el modelo MIAMOD se puede aplicar para toda la población española.

En el siguiente subapartado se analiza el caso del cáncer de colon para la provincia de Gerona, añadiendo en el Anexo el resto de los modelos estimados.

4.2.1. La incidencia del cáncer de colon en Gerona: 2003-2007

En un primer momento se han estimado varios modelos APC con la información del INE de fallecimientos por cáncer de colon en la provincia de Gerona para el período 2003 a 2007. Mediante el likelihood ratio test (LR) se ha escogido el modelo más adecuado de entre ellos.

Se ha de mencionar que el test LR ayuda a comparar y escoger entre modelos anidados, es decir, entre un modelo y otro modelo que dispone de un número distinto de regresores o covariables (restricciones de parámetros). De esta manera, las hipótesis nula y alternativa del test serían:

$$\begin{aligned} H_0 &: \text{Modelo reducido} \\ H_a &: \text{Modelo ampliado} \end{aligned} \tag{24}$$

Si el estadístico $G^2 = LRS_k - LRS_{k+1}$ es inferior al valor de una chi cuadrado de un grado de libertad con un intervalo de confianza del 95 % (3,841), no se puede rechazar la hipótesis nula H_0 y se escogería el modelo reducido. En caso contrario, se escogería el ampliado.

Además, se ha ideado una medida para analizar el error que tiene el modelo en sí. Esta medida se construye como la suma de las diferencias al cuadrado

entre la incidencia esperada y la incidencia real dividida por el número de grupos de edad. No obstante, esta medida solo mide el error global del modelo, no midiendo la repartición de los errores entre los diferentes grupos de edad y solo se debería interpretar como una comprobación de que aquellos modelos con un LRS menor presentan un mejor ajuste (menos errores entre las estimaciones y los datos reales).

En el Cuadro 3 se presentan los modelos estimados para el cáncer de colon del colectivo de varones para la provincia de Gerona entre los años 2003 a 2007, su LRS y su medida de error asociado.

Cuadro 3. *LRS y error en los modelos estimados para el cáncer de colon en hombres en Gerona*

Modelo	**Número de variables**	**LRS**	**Error**
(0.0.0)	1	729,3	7.371,17
(0.0.1)	2	179,5	213,44
(0.0.2)	3	178,8	86,89
(0.0.3)	4	170	114,8
(0.1.0)	2	638,8	6.391,64
(0.1.1)	3	169,6	1.102,65
(0.1.2)	4	171,5	746,54
(0.2.0)	3	632,9	6.518,63
(0.2.1)	4	173,5	701,10
(0.3.0)	4	517,7	6.258,73
(1.0.0)	2	167,7	933,94
(1.0.1)	3	169,6	1.102,39
(1.0.2)	4	171,5	746,54
(1.1.0)	3	169,6	1.102,65
(1.1.1)	4	169,6	1.102,39
(1.2.0)	4	173,5	701,10
(2.0.0)	3	169,8	553,65
(2.0.1)	4	*Infinito*	*Infinito*
(2.1.0)	4	*Infinito*	*Infinito*
(3.0.0)	4	160,3	590,44

Fuente: Elaboración propia.

Mediante este método se ha seleccionado el modelo APC(3,0,0).

El Cuadro 4 recoge los datos correspondientes a los modelos estimados para el colectivo femenino.

Cuadro 4. *LRS y error en los modelos estimados para el cáncer de colon en mujeres en Gerona*

Modelo	Número de variables	LRS	Error
(0.0.0)	1	418,8	2.506,61
(0.0.1)	2	135,1	121,44
(0.0.2)	3	134,3	116,28
(0.0.3)	4	*Infinito*	*Infinito*
(0.1.0)	2	297,7	2.797,72
(0.1.1)	3	135,1	147,33
(0.1.2)	4	134,2	168,33
(0.2.0)	3	298,5	2.789,83
(0.2.1)	4	134,1	108,44
(0.3.0)	4	297,1	2.789,11
(1.0.0)	2	135,3	141,28
(1.0.1)	3	135,1	147,33
(1.0.2)	4	134,2	168,33
(1.1.0)	3	135,1	147,33
(1.1.1)	4	135,1	147,33
(1.2.0)	4	134,1	108,44
(2.0.0)	3	135,2	126,11
(2.0.1)	4	*Infinito*	*Infinito*
(2.1.0)	4	*Infinito*	*Infinito*
(3.0.0)	4	130,2	135,94

Fuente: Elaboración propia.

En este caso también se escoge el modelo (3.0.0), ya que es uno de los modelos que indica el test del LRS y el que mejor ajusta.

En el estudio *Cancer Incidence in Five Continents*, vol. x de la IARC se incorpora información del número de nuevos casos de cáncer de colon detectados entre los años 2003 a 2007 en Gerona (973 casos).

El programa MIAMOD estima los nuevos casos a partir de la incidencia calculada mediante el modelo como

$$NEWC(i,p) = AMU(i,p) * POOP(i,p) \qquad (25)$$

donde $AMU(i,p)$ es la probabilidad esperada de convertirse en enfermo de cáncer para un individuo de edad i y período p y $POP(i,p)$ es la población media de edad i para el período de observación p.

Estos nuevos casos estimados se pueden comparar con los casos registrados de IARC para medir la calidad del ajuste del modelo (ver Cuadro 5).

Cuadro 5. *Incidencia estimada vs. incidencia real para el modelo APC (3,0,0). Cáncer de colon en Gerona*

	Hombres		**Mujeres**	
	Casos estimados	**Casos reales**	**Casos estimados**	**Casos reales**
0 a 4 años	0	0	0	0
5 a 9 años	0	0	0	0
10 a 14 años	0	0	0	0
15 a 19 años	0	0	0	0
20 a 24 años	0	0	1	1
25 a 29 años	0	1	2	2
30 a 34 años	2	4	4	4
35 a 39 años	6	2	7	6
40 a 44 años	16	15	12	18
45 a 49 años	30	34	17	14
50 a 54 años	49	37	23	49
55 a 59 años	74	81	31	49
60 a 64 años	92	105	37	47
65 a 69 años	123	121	52	53
70 a 74 años	180	177	83	98
75 a 79 años	208	186	110	107
80 a 84 años	204	134	134	119
85+	144	76	126	97

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en el Cuadro 5, los modelos se ajustan bastante a los datos reales. Cabe mencionar que para que el modelo MIAMOD obtenga buenos resultados es recomendable utilizar un período de observación de diez años [6] y estos modelos se han estimado con cinco años (2003 a 2007) para evitar introducir en el modelo la tendencia decreciente en la incidencia del cáncer que se observa en los últimos años y evitar obtener un número de incidencias inferior al real.

Por tanto, este ejercicio ha permitido comprobar que el modelo MIAMOD se ajusta de forma satisfactoria a los datos y que se puede utilizar para calcular la incidencia del cáncer en la población española.

4.2.2. La incidencia del cáncer en la población española

Una vez comprobado que el modelo MIAMOD estima bastante bien el número de incidencias de cáncer en diferentes provincias de España (Albacete, Asturias, Canarias, Ciudad Real, Cuenca, Gerona, Granada, La Rioja, Mallorca, Murcia, Navarra, País Vasco y Tarragona), en este trabajo se asumirá que también estimará correctamente la incidencia para toda la población española.

Así, se estima un modelo con datos desde el año 2000 hasta el año 2015 utilizando el mismo procedimiento que el empleado para la estimación de los modelos presentados en el apartado anterior, es decir, estimando varios modelos y escogiendo entre ellos mediante el test LRS.

Los Cuadros 6 y 7 recopilan los resultados para el colectivo de hombres y de mujeres, respectivamente.

Cuadro 6. *LRS de los modelos estimados colectivo hombres*

Modelo	Número de variables	LRS
(0.0.0)	1	3.862.356,70
(0.1.0)	2	24.193,60
(1.1.0)	3	23.556,10
(2.1.0)	4	21.529,30
(3.1.0)	5	20.607,20
(4.1.0)	6	20.550,70
(4.2.0)	7	7.026,00
(5.2.0)	8	6.417,60
(6.2.0)	9	6.020,50
(7.2.0)	10	5.800,50
(8.2.0)	11	5.774,30
(8.2.1)	11	5.774,30
(8.3.0)	11	29.881,80
(9.2.0)	11	*Infinito*

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 7. *LRS de los modelos estimados colectivo mujeres*

Modelo	Número de variables	LRS
(0.0.0)	1	1.798.447,50
(0.1.0)	2	13.303,70
(0.2.0)	3	10.204,70
(2.1.0)	4	9.445,10
(3.1.0)	5	7.062,80
(3.2.0)	6	7.002,3
(4.2.0)	7	5.639,7
(5.2.0)	8	5.642,3
(5.2.1)	9	5.641,8
(8.1.0)	10	5.642,3
(8.2.0)	11	4.288,9
(8.2.1)	11	*Infinito*
(8.3.0)	11	*Infinito*
(9.2.0)	11	*Infinito*

Fuente: Elaboración propia.

En los Cuadros 6 y 7 se pueden observar los LRS correspondientes al proceso de estimación del modelo, tanto para el caso de los hombres como para el caso de las mujeres. Los LRS de todos los modelos estimados se pueden consultar en el Anexo.

Utilizando el test del LRS, se escogen como modelos el 4.0.4 para el caso de hombres y el 8.2.0 para el caso de las mujeres.

4.2.2.1. Estimaciones de incidencia de cáncer en hombres

En este subapartado se comentarán los resultados del modelo estimado para el caso del colectivo de los hombres. El Cuadro 8 recoge los coeficientes de los distintos parámetros del modelo seleccionado (APC (4,0,4)).

Como se puede observar en el Cuadro 8, todas las variables introducidas en el modelo son significativas, al ser su t-estadístico superior al valor crítico de una distribución t-student con 8 grados de libertad con un nivel de significatividad del 99 %.

Cuadro 8. *Modelo 4.0.4*

Variable	Coeficiente	Error estándar	t-estadístico
Constante	−6, 435310	0,003549	−1813,0332
Edad 1	4, 069587	0,035836	113,5602
Edad 2	−0, 157415	0,052499	−2,9984
Edad 3	−2, 754711	0,054864	−50,2098
Edad 4	1, 619104	0,051787	31,2649
Cohorte 1	−1,952023	0,038198	−51,1032
Cohorte 2	−1, 711784	0,069166	−24,7490
Cohorte 3	0, 247972	0,073294	3,3832
Cohorte 4	1, 340330	0,080114	16,7303

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 13 se grafica, mediante el programa MIAMOD, el número de fallecimientos esperados estimados por el modelo respecto del número de fallecimientos reales. La bisectriz del gráfico indica que, para ese número de fallecidos por cáncer, el modelo GLM ha estimado los mismos fallecidos que los observados en la realidad.

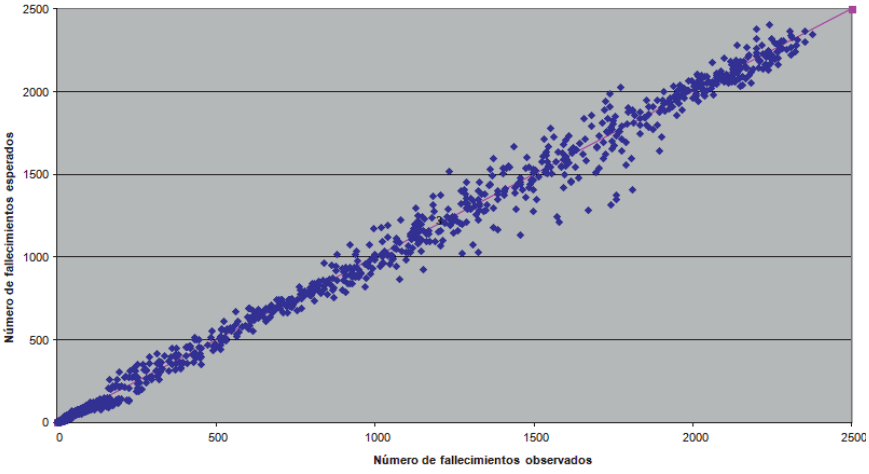

Figura 13. *Fallecimiento observado vs. esperado*
Fuente: Elaboración propia mediante el programa MIAMOD.

Como se puede ver, la mayoría de las observaciones se encuentran alrededor de la bisectriz, lo cual indica un ajuste satisfactorio del modelo GLM de los fallecimientos observados en la realidad.

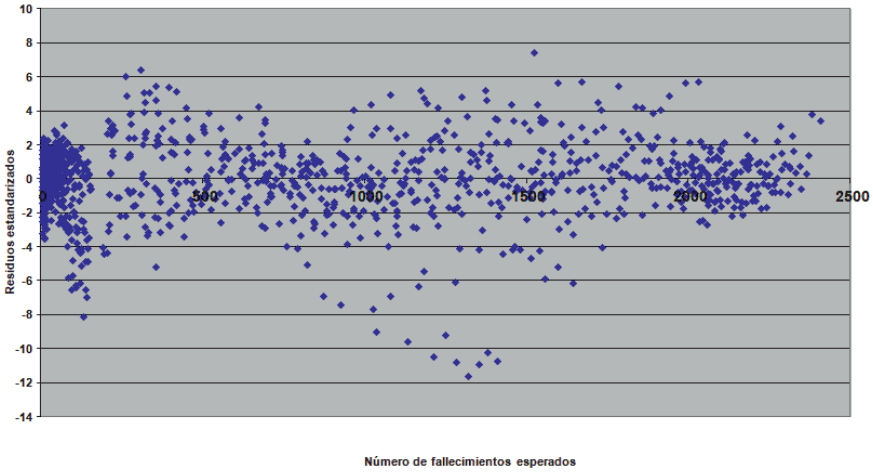

Figura 14. *Errores estándar de los fallecimientos esperados*
Fuente: Elaboración propia mediante el programa MIAMOD.

La Figura 14 muestra la distribución de los errores de estimación de los fallecimientos por causa específica. Como se puede ver, en edades con pocos fallecimientos y con muchos fallecimientos los errores se sitúan en torno al 0, lo cual indica un buen ajuste. En número de fallecimientos intermedios se observa un poco más de dispersión, aunque en términos generales se puede decir que el modelo se ajusta satisfactoriamente a los fallecimientos por cáncer observados.

Por último, en las Figuras 15 y 16 se grafica el comportamiento de los fallecimientos por cáncer en los años analizados:

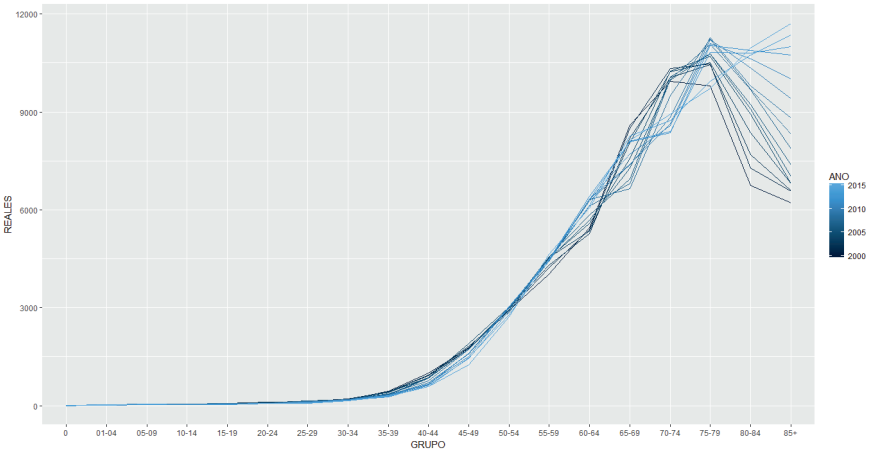

Figura 15. *Fallecimiento cáncer real*
Fuente: Elaboración propia.

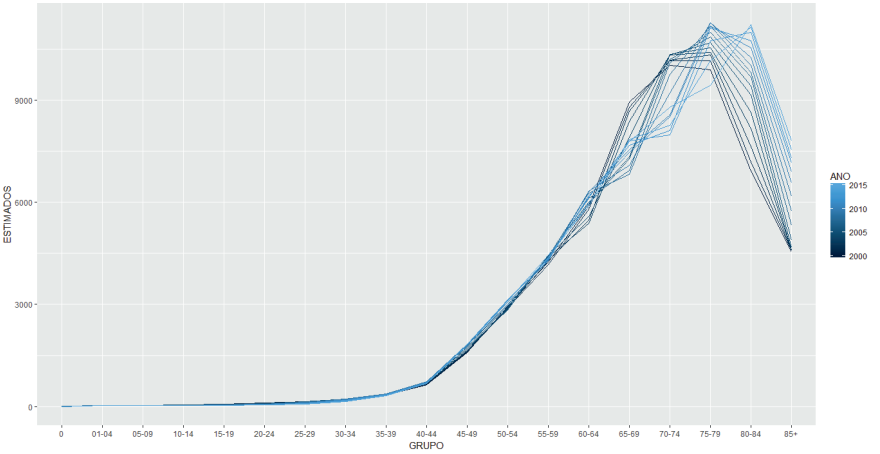

Figura 16. *Fallecimiento cáncer estimado*
Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar que la estructura por grupos de edad de los fallecimientos estimados por el modelo son muy parecidos a los observados en la realidad, por lo que el modelo se ajusta bastante bien al comportamiento de los fallecimientos por cáncer.[3]

[3] En el Anexo se puede observar esta comparativa a nivel numérico.

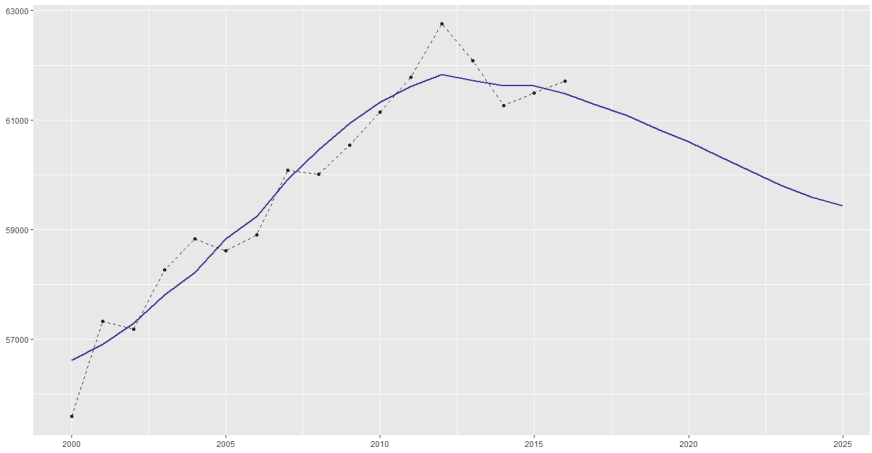

Figura 17. *Predicción defunciones por cáncer*
Fuente: Elaboración propia.

Por lo que respecta a la predicción de las defunciones por cáncer que estima el programa MIAMOD, en la Figura 17 se puede comprobar que sigue una tendencia decreciente a partir del año 2015 tomando como base los últimos 10 años.

La línea discontinua negra representa el conjunto de fallecimientos por cáncer observados en los datos del INE, escogiendo únicamente aquellos fallecimientos que suceden a los varones de una edad comprendida entre los 0 y los 89 años mientras que la línea continua azul representa el conjunto de fallecimientos por cáncer estimados por el modelo ajustado a esos datos y su predicción.

Así, según el modelo estimado, las defunciones por cáncer de varones entre 0 y 89 años de edad irán disminuyendo a lo largo de los próximos años.

A nivel de grupos de edad, la Figura 18 muestra la evolución de las defunciones por cáncer prevista por el modelo. Se observa que, a mayor grupo de edad, mayor número de fallecimientos, lo cual es coherente con los datos reales observados.

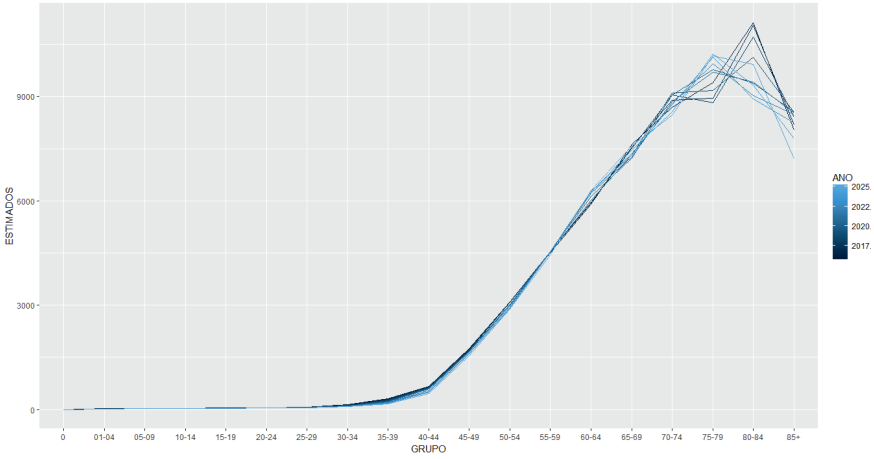

Figura 18. *Predicción evolución defunciones por cáncer por grupos de edad*
Fuente: Elaboración propia.

La incidencia estimada se comporta de la misma manera que las defunciones por cáncer, tal y como puede observarse en las Figuras 19 y 20.

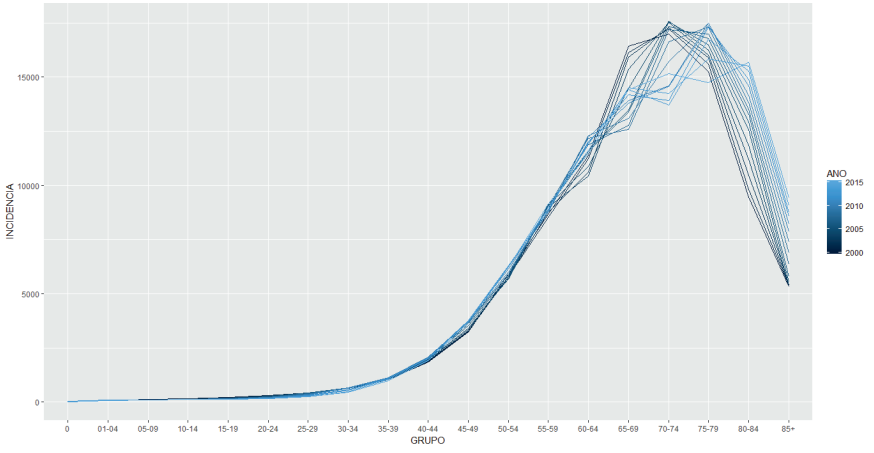

Figura 19. *Incidencia por cáncer años 2000-2015*
Fuente: Elaboración propia.

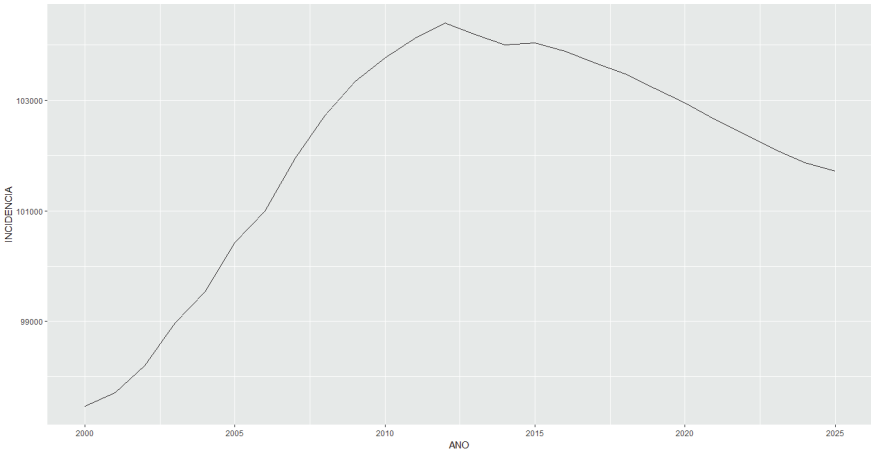

Figura 20. *Predicción incidencia por cáncer*
Fuente: Elaboración propia.

Según el modelo, el número de varones de edad comprendida entre los 0 y los 89 años que enfermarán por cáncer disminuirá durante los próximos años de una forma más acusada que los fallecimientos por cáncer.

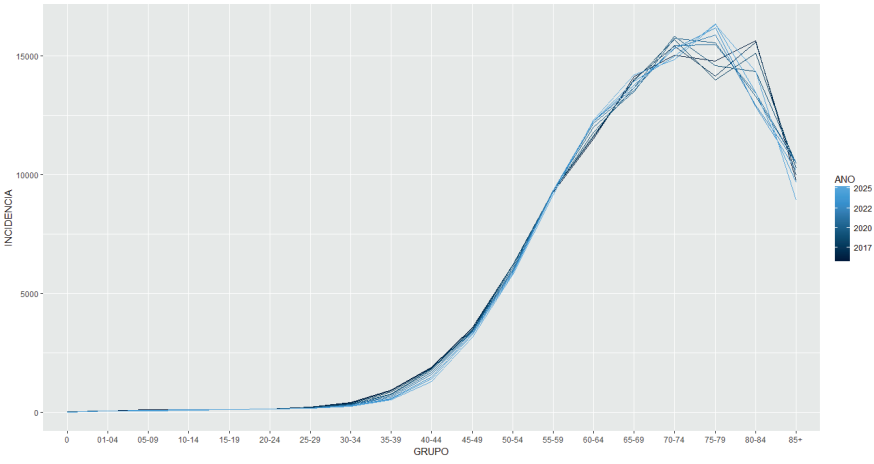

Figura 21. *Predicción incidencia por cáncer por grupos de edad*
Fuente: Elaboración propia.

En la elaboración de este modelo se ha utilizado como edad tope los 89 años, por lo que tanto las predicciones como la incidencia estimada terminan en el grupo de edad de 84 a 89 años. Por ello, la disminución de la incidencia de cáncer en los próximos años es más acusada que la disminución de las defunciones por cáncer.

A nivel de grupo de edad, Figura 21, se sigue la misma evolución que las defunciones por neoplasias malignas: a grupo de mayor edad, mayor incidencia.

En los Cuadros 9 y 10 se muestran las tasas de incidencia obtenidas por el modelo.

Cuadro 9. *Tasas de incidencia por cada 100.000 individuos*

Año	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
0 años	23,95	23,04	22,23	21,5	20,85	20,27	19,76	19,33	18,98	18,7	18,49	18,37	18,32	18,34	18,47	18,68
De 1 a 4 años	16,67	16	15,39	14,81	14,26	13,78	13,36	12,98	12,64	12,35	12,14	11,9	11,71	11,59	11,55	11,52
De 5 a 9 años	10,92	10,39	9,9	9,46	9,06	8,68	8,33	8,01	7,71	7,44	7,21	6,99	6,81	6,64	6,51	6,38
De 10 a 14 años	9,61	9,11	8,64	8,2	7,79	7,4	7,04	6,71	6,4	6,12	5,86	5,62	5,4	5,19	5,01	4,85
De 15 a 19 años	11,26	10,66	10,09	9,55	9,04	8,56	8,11	7,7	7,3	6,93	6,59	6,28	5,98	5,7	5,44	5,2
De 20 a 24 años	16,1	15,31	14,54	13,81	13,09	12,41	11,75	11,13	10,53	9,96	9,43	8,93	8,46	8,02	7,61	7,24
De 25 a 29 años	26,35	25,09	23,89	22,75	21,66	20,63	19,63	18,65	17,71	16,79	15,93	15,08	14,27	13,5	12,77	12,08
De 30 a 34 años	47,2	45,19	43,19	41,2	39,31	37,46	35,67	33,96	32,33	30,81	29,36	27,94	26,57	25,24	23,96	22,72
De 35 a 39 años	87,16	83,89	80,85	77,81	74,78	71,57	68,5	65,52	62,51	59,65	56,86	54,16	51,59	49,14	46,86	44,68
De 40 a 44 años	160,83	156,04	151,6	146,64	141,46	136,12	131,03	126,29	121,5	116,77	111,85	107,12	102,52	97,84	93,41	89,05
De 45 a 49 años	289,6	282,56	275,45	266,83	258,73	251,4	243,93	236,98	229,28	221,28	213,01	205,1	197,74	190,34	183,05	175,37
De 50 a 54 años	493,88	484,71	476,57	466,15	453,66	442,62	431,86	421	408,09	395,87	384,81	373,5	362,89	351,26	339,16	326,63
De 55 a 59 años	787,57	769,24	761,46	752,05	736,59	723,96	710,8	698,8	683,59	665,87	650,03	634,45	618,73	600,29	582,75	566,71
De 60 a 64 años	1.188,89	1.160,9	1.141,1	1.121,3	1.102,47	1.093,2	1.069,76	1.058,59	1.044,95	1.024,51	1.007,08	989,46	972,93	952,43	928,74	907,33
De 65 a 69 años	1.627,46	1.608,92	1.590,92	1.574,74	1.560,4	1.549,86	1.516,08	1.492,84	1.468,64	1.446,11	1.432,35	1.404,65	1.389,85	1.371,91	1.346,73	1.324,97
De 70 a 74 años	2.125,19	2.097,05	2.070,65	2.046,9	2.021,61	2.002,26	1.979,54	1.959,16	1.939,02	1.921,82	1.908,13	1.871,64	1.845,66	1.818,29	1.792,66	1.775,97
De 75 a 79 años	2.653,66	2.616,22	2.579,23	2.545,7	2.509,52	2.480,39	2.446,75	2.420,57	2.393,42	2.367,6	2.343,89	2.320,83	2.298,71	2.275,99	2.257,32	2.244,69
De 80 a 84 años	3.202,42	3.144,28	3.091,36	3.048,02	3.002,39	2.969,59	2.926,03	2.893,2	2.857,28	2.821,7	2.790,65	2.760,61	2.735,26	2.704,39	2.677,75	2.660,86
De 85 a 89 años	3.661,83	3.622,4	3.586,58	3.555,22	3.500,22	3.471,42	3.409,62	3.370,45	3.325,64	3.290,16	3.253,22	3.222,21	3.196,56	3.158,16	3.125,61	3.109,31

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 10. *Predicción de tasas de incidencia por cada 100.000 individuos*

Año	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
0 años	18,94	19,36	19,9	20,57	21,4	22,4	23,61	25,05	26,77	28,82
De 1 a 4 años	11,59	11,76	11,99	12,23	12,56	12,97	13,47	14,08	14,82	15,7
De 5 a 9 años	6,27	6,2	6,15	6,13	6,15	6,21	6,31	6,44	6,59	6,79
De 10 a 14 años	4,71	4,58	4,47	4,37	4,29	4,23	4,18	4,15	4,14	4,15
De 15 a 19 años	4,98	4,78	4,6	4,44	4,3	4,17	4,05	3,95	3,87	3,8
De 20 a 24 años	6,89	6,57	6,25	5,96	5,7	5,45	5,24	5,04	4,86	4,7
De 25 a 29 años	11,43	10,84	10,27	9,76	9,28	8,84	8,42	8,01	7,63	7,29
De 30 a 34 años	21,51	20,35	19,24	18,21	17,23	16,31	15,46	14,65	13,91	13,23
De 35 a 39 años	42,54	40,46	38,43	36,46	34,58	32,74	30,98	29,29	27,72	26,22
De 40 a 44 años	84,85	80,83	77	73,42	70,01	66,67	63,41	60,25	57,17	54,22
De 45 a 49 años	168,04	160,81	153,48	146,52	139,7	133,13	126,84	120,85	115,23	109,9
De 50 a 54 años	314,66	303,39	292,08	280,9	269,2	257,99	246,95	235,76	225,13	214,7
De 55 a 59 años	550,17	534,6	517,64	500,03	481,79	464,35	447,85	431,28	414,88	397,8
De 60 a 64 años	886	864,46	839,45	815,53	793,32	770,7	749,12	725,75	701,51	676,46
De 65 a 69 años	1.302,51	1.281,02	1.254,97	1.225,28	1.197,93	1.170,75	1.143,07	1.111,36	1.080,81	1.052,11
De 70 a 74 años	1.745,23	1.726,85	1.705,51	1.676,22	1.650,16	1.623,52	1.597,54	1.566,56	1.531,77	1.499,28
De 75 a 79 años	2.207,79	2.179,8	2.151,38	2.123,57	2.104,92	2.071,62	2.050,63	2.026,59	1.994,49	1.965,41
De 80 a 84 años	2.639,39	2.617,18	2.596,78	2.578,66	2.562,76	2.524,36	2.496,31	2.467,38	2.438,73	2.418,97
De 85 a 89 años	3.084,01	3.060,34	3.037,72	3.015,86	2.996,87	2.976,61	2.955,66	2.936,84	2.920,48	2.906,36

Fuente: Elaboración propia.

4.2.2.2. Estimaciones de incidencia de cáncer en mujeres

De la misma manera que en el modelo para varones, en este apartado se analiza el modelo propuesto para la incidencia de cáncer para el colectivo de mujeres. El Cuadro 11 recoge los coeficientes de los distintos parámetros del modelo seleccionado (APC (8,2,0)).

Cuadro 11. *Modelo 8.2.0*

Variable	Coeficiente	Error estándar	t-estadístico
Constante	−5, 929713	0,005361	−1.106,0426
Edad 1	4, 880807	0,035116	138,9908
Edad 2	−7, 265825	0,109554	−66,3221
Edad 3	−6, 938595	0,347991	−19,9390
Edad 4	20, 157827	0,549392	36,6911
Edad 5	9, 941475	0,871012	11,4137
Edad 6	−21, 963224	1,066503	−20,5937
Edad 7	−5, 449846	0,601013	− 9,0678
Edad 8	8, 993182	0,670400	13,4146
Período 1	−1, 026906	0,037228	−27,5846
Período 2	4, 404584	0,722213	6,0987

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en el Cuadro 11, todas las variables del modelo son significativas.

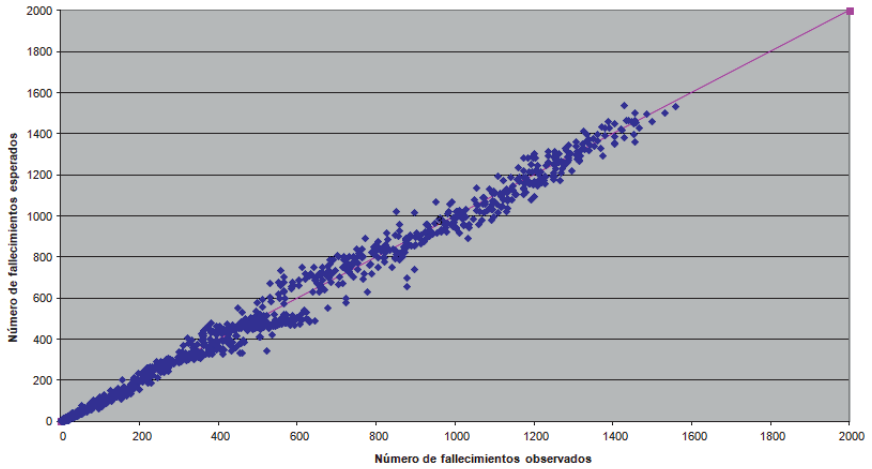

Figura 22. *Predicción incidencia por cáncer*
Fuente: Elaboración propia mediante el programa MIAMOD.

Tal y como sucedía en el modelo de varones, las estimaciones de los fallecimientos por cáncer, a nivel global, son muy parecidos a los datos reales del INE, como puede observarse en la Figura 22, situándose cerca de la bisectriz del gráfico, aunque parecen un poco más dispersos que en el modelo de varones. Sin embargo, a nivel global se puede considerar que las estimaciones del GLM Poisson de los fallecimientos por cáncer de mujeres son correctas, por lo que el modelo también lo es.

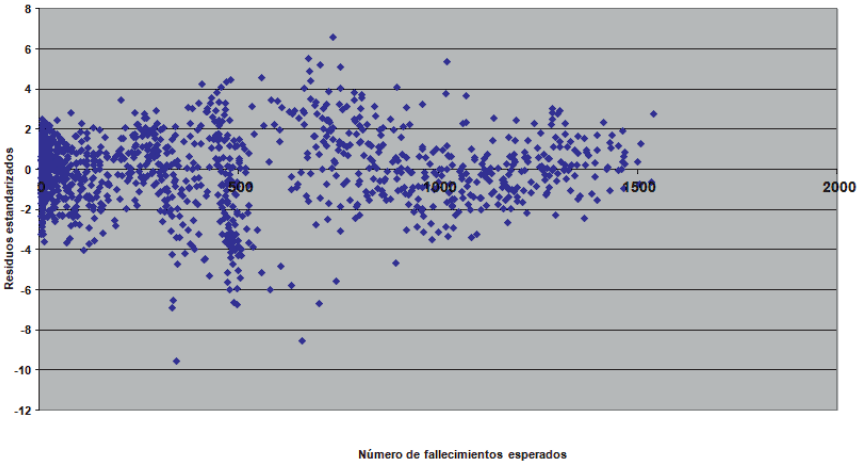

Figura 23. *Predicción incidencia por cáncer*
Fuente: Elaboración propia mediante el programa MIAMOD.

En la Figura 23 se observa que los errores de estimación del modelo de mujeres se sitúan en torno al cero, a nivel global, lo cual indica que el modelo GLM estima los fallecimientos por cáncer de forma correcta.

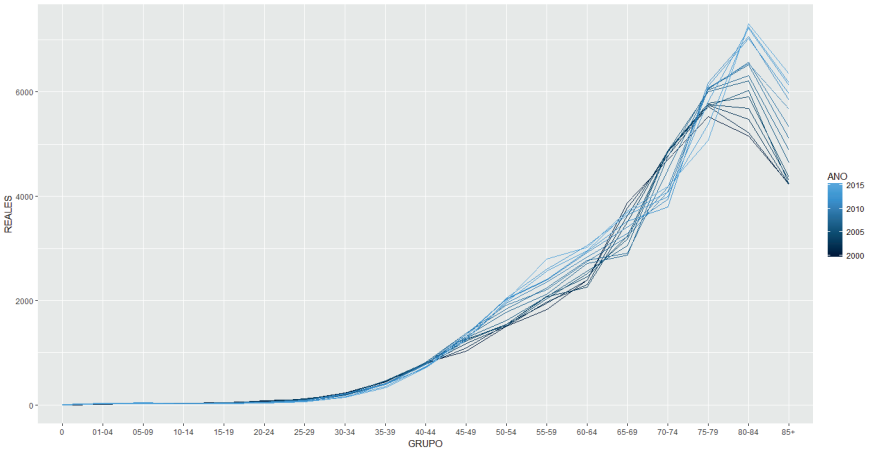

Figura 24. *Fallecimiento cáncer real*
Fuente: Elaboración propia.

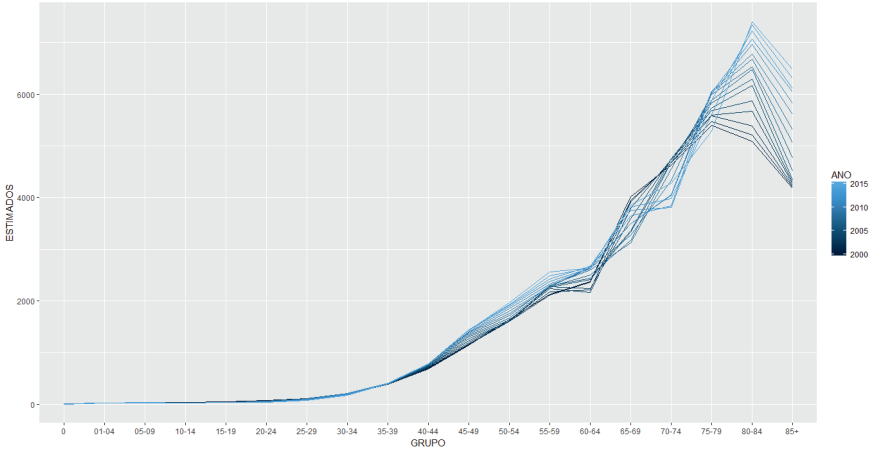

Figura 25. *Fallecimiento cáncer estimado*
Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en las Figuras 24 y 25, los fallecimientos por cáncer esperados por el modelo siguen la misma estructura que los fallecimientos por cáncer reales, tanto en evolución por edad y año como en cuantía.

Por tanto, se puede considerar que el modelo estimado es coherente con la realidad y se puede utilizar para calcular la incidencia.

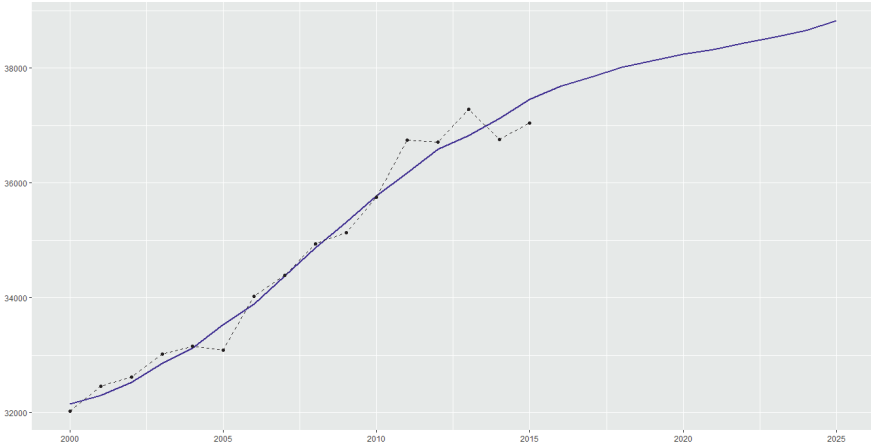

Figura 26. *Predicción defunciones por cáncer*
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 26 se puede ver la comparativa entre las defunciones por cáncer de cada año para un colectivo de mujeres entre 0 y 89 años de edad observados (línea discontinua negra) y las defunciones estimadas por el modelo (línea continua azul).

A diferencia del modelo para hombres, que presentaba un cambio en la tendencia a partir de 2013-2014 y predecía que las defunciones por cáncer empezarían a disminuir, en este caso se espera que las defunciones por cáncer en el colectivo de mujeres siga aumentando. Esto se debe a que, a nivel global, en el colectivo de varones las defunciones a partir del ejercicio 2013 van disminuyendo, teniendo un ligero repunte en el año 2015. Este inicio de tendencia explica que el modelo prediga que en el futuro las defunciones por neoplasias malignas irán disminuyendo.

En el caso de las mujeres, a nivel agregado, las defunciones por cáncer tienen tendencia creciente a lo largo de todos los períodos observados, haciendo que el modelo prediga que esta tendencia se mantendrá estable en el futuro. No obstante, se observa que esta tendencia creciente tiende a desaparecer en el futuro (la pendiente de esta tendencia tiende a disminuir conforme pasan los años), por lo que podría ser que la tendencia también se invierta en el futuro y tome la misma forma que en el colectivo de los varones.

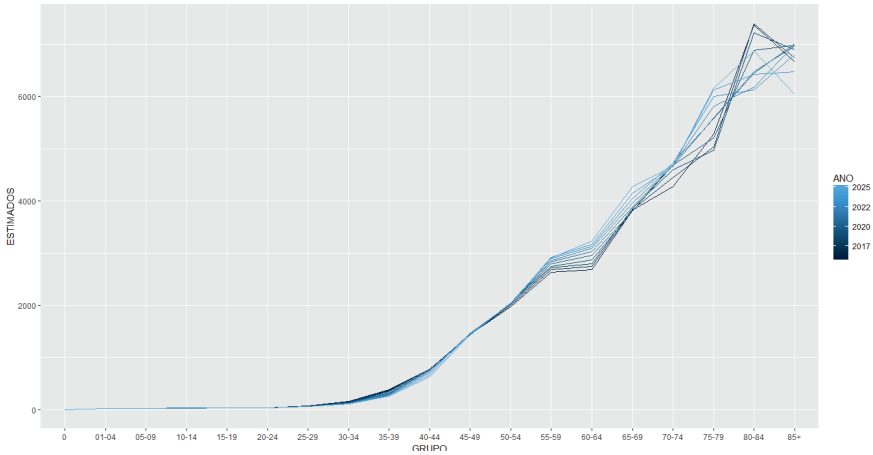

Figura 27. *Predicción evolución defunciones por cáncer por grupos de edad*
Fuente: Elaboración propia.

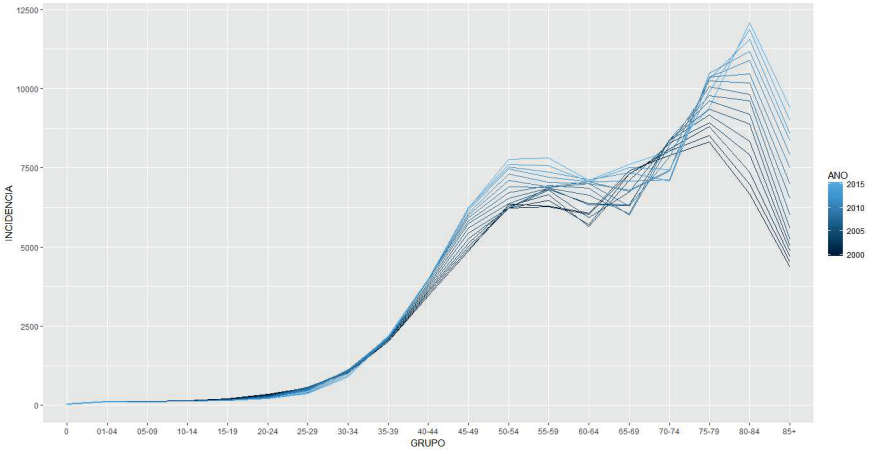

Figura 28. *Incidencia por cáncer años 2000-2015*
Fuente: Elaboración propia.

La Figura 28 muestra que la incidencia, según el modelo, sigue la misma estructura que las defunciones por cáncer, siendo superior en aquellos grupos con edad más avanzada. Sin embargo, en edades entre 50 a 64 años la incidencia se mantiene en un número más o menos estable, a diferencia de los fallecimientos, volviendo a aumentar a partir de los 65 años.

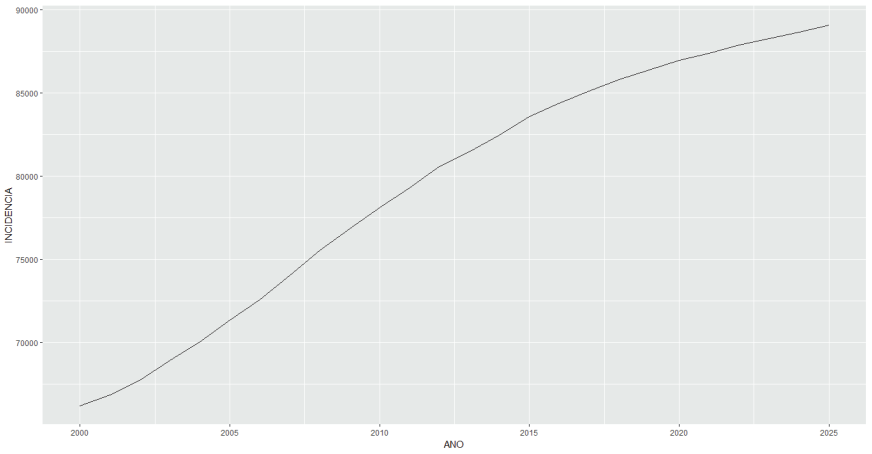

Figura 29. *Predicción incidencia por cáncer*
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 29 se puede observar que la incidencia del cáncer, según el modelo, tenderá a crecer en los próximos años, siguiendo la misma evolución que los fallecimientos por cáncer estimados.

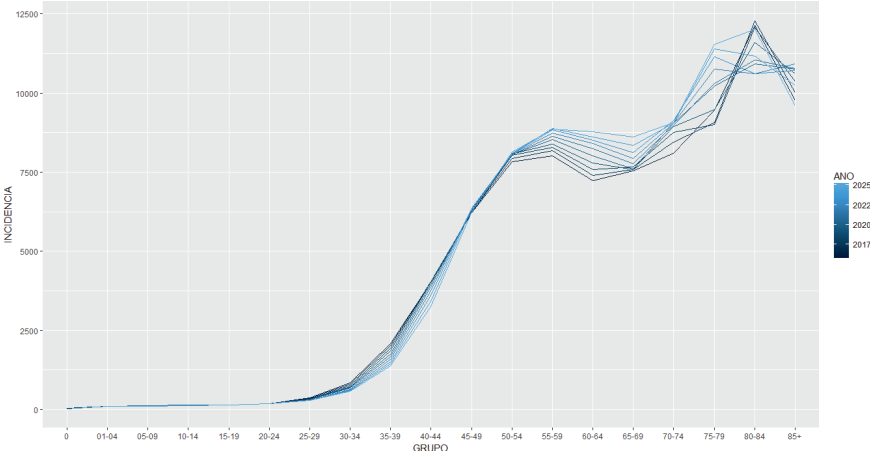

Figura 30. *Predicción evolución incidencia por cáncer por grupos de edad*
Fuente: Elaboración propia.

La evolución de la incidencia por grupos de edad sigue la misma tendencia que la estimación de incidencia, aumentando cada año y siendo mayor en los grupos con edades más avanzadas.

También se observa que la tendencia estable de la incidencia en las edades entre los 50 y 65 años tiende a tornarse positiva, lo cual parece indicar que en el futuro la incidencia seguirá el mismo esquema que las defunciones por cáncer y la misma evolución que en el colectivo de varones.

Por último, se muestran las tasas de incidencia estimadas por el modelo escogido:

Cuadro 12. *Tasas de incidencia por cada 100.000 individuos*

Año	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
0 años	19,42	19,09	18,79	18,51	18,26	18,02	17,8	17,61	17,43	17,26	17,12	17	16,89	16,79	16,72	16,66
De 1 a 4 años	14,82	14,59	14,38	14,17	13,96	13,78	13,62	13,47	13,33	13,2	13,11	12,98	12,88	12,8	12,75	12,68
De 5 a 9 años	13,09	12,87	12,68	12,49	12,32	12,16	12,01	11,88	11,76	11,65	11,56	11,47	11,4	11,34	11,29	11,25
De 10 a 14 años	13,89	13,65	13,44	13,24	13,06	12,89	12,74	12,6	12,47	12,35	12,25	12,16	12,08	12,01	11,96	11,92
De 15 a 19 años	15,94	15,67	15,42	15,19	14,98	14,78	14,6	14,44	14,29	14,16	14,05	13,95	13,86	13,77	13,7	13,64
De 20 a 24 años	20,9	20,59	20,29	20,02	19,76	19,51	19,27	19,06	18,85	18,67	18,51	18,37	18,24	18,12	18,03	17,98
De 25 a 29 años	33,13	32,59	32,1	31,68	31,32	31	30,7	30,4	30,14	29,9	29,68	29,45	29,25	29,06	28,91	28,78
De 30 a 34 años	62,8	61,78	60,82	59,82	58,98	58,19	57,5	56,88	56,4	56,04	55,75	55,51	55,29	55,12	54,96	54,81
De 35 a 39 años	126,5	124,38	122,75	121,23	119,86	118,22	116,84	115,59	114,26	113,21	112,21	111,43	110,77	110,39	110,24	110,21
De 40 a 44 años	240,31	236,79	234,06	230,93	227,79	224,53	221,88	219,94	218,1	216,54	214,67	213,26	212,05	210,71	209,83	208,99
De 45 a 49 años	390,47	384,62	379,22	373,13	368,01	363,93	360,2	357,34	354,17	351,09	347,95	345,61	344,06	342,66	341,68	340,49
De 50 a 54 años	517,6	510,54	504,22	497,58	490,82	485,09	480,09	475,56	470,83	466,9	463,77	461,1	459,1	457,15	455,39	453,82
De 55 a 59 años	581,76	573,55	566,95	560,66	554,22	548,63	543,57	539,07	534,73	530,57	527,13	524,2	521,7	519,41	517,71	516,64
De 60 a 64 años	610,65	603,06	596,24	589,82	583,89	579,2	573,74	569,88	566,29	562,63	559,62	557,12	555,22	553,48	551,86	550,84
De 65 a 69 años	664,03	658,32	652,91	648,37	644,37	641,52	635,17	630,27	625,7	621,99	620,89	616,88	616,47	616,31	614,96	614,76
De 70 a 74 años	800,26	795,99	792,42	789,3	785,53	783,55	780,64	778,33	777,19	777,28	779,07	772,51	769,17	766,3	764,76	768,49
De 75 a 79 años	1.037,27	1.038,8	1.040,39	1.041,25	1.040,35	1.041,12	1.040,05	1.040,94	1.041,8	1.042,06	1.044,56	1.046,34	1.048,56	1.052,01	1.058,13	1.067,39
De 80 a 84 años	1.292,56	1.302,08	1.313,75	1.323,65	1.332,26	1.344,13	1.350,57	1.359,4	1.367	1.372,83	1.378,75	1.385,5	1.394,21	1.400,18	1.407,99	1.419,52
De 85 a 89 años	1.369,79	1.401,46	1.432,98	1.466,08	1.486,69	1.515,06	1.531,48	1.554,57	1.572,67	1.590,52	1.606,01	1.624,13	1.644,2	1.657,07	1.673,16	1.694,93

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 13. *Predicción de tasas de incidencia por cada 100.000 individuos*

Año	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
0 años	16,5	16,37	16,24	16,12	15,99	15,87	15,74	15,62	15,5	15,38
De 1 a 4 años	12,59	12,52	12,44	12,34	12,24	12,15	12,06	11,96	11,87	11,78
De 5 a 9 años	11,16	11,08	10,99	10,9	10,82	10,74	10,65	10,57	10,49	10,41
De 10 a 14 años	11,82	11,73	11,64	11,55	11,47	11,38	11,3	11,22	11,13	11,05
De 15 a 19 años	13,53	13,42	13,32	13,21	13,11	13,01	12,91	12,81	12,71	12,62
De 20 a 24 años	17,85	17,7	17,53	17,37	17,21	17,06	16,92	16,79	16,66	16,53
De 25 a 29 años	28,54	28,31	28,07	27,85	27,66	27,46	27,24	26,94	26,67	26,41
De 30 a 34 años	54,37	53,91	53,43	52,99	52,52	52,09	51,67	51,21	50,8	50,47
De 35 a 39 años	109,69	109,08	108,49	107,79	107,05	106,18	105,3	104,36	103,5	102,59
De 40 a 44 años	207,45	205,94	204,69	203,63	202,61	201,56	200,4	199,23	197,93	196,55
De 45 a 49 años	338,09	335,66	332,92	330,45	327,84	325,44	323,08	321,02	319,12	317,3
De 50 a 54 años	450,64	447,76	444,75	441,84	438,59	435,48	432,37	429,06	425,95	422,74
De 55 a 59 años	513,28	510,08	506,7	503,23	499,66	496,23	492,93	489,57	486,27	482,81
De 60 a 64 años	547,51	544,25	540,67	537,18	533,84	530,49	527,25	523,83	520,35	516,76
De 65 a 69 años	611,95	609,51	606,34	602,11	598,3	594,9	591,52	587,38	583,5	580,06
De 70 a 74 años	761,51	761,37	760,55	756,05	752,98	749,95	747,77	743,99	738,12	733,26
De 75 a 79 años	1.056,34	1.050,07	1.043,49	1.037,64	1.039,4	1.029,35	1.030,33	1.029,99	1.023,72	1.019,98
De 80 a 84 años	1.421,79	1.422,86	1.425,26	1.428,83	1.433,55	1.419,87	1.413,79	1.407,07	1.400,36	1.400,97
De 85 a 89 años	1.703,46	1.711,26	1.717,46	1.722,2	1.727,18	1.730,15	1.731,79	1.734,22	1.737,13	1.740,39

Fuente: Elaboración propia.

4.2.3. El modelo para la incidencia del infarto de miocardio

Si se consideran las mismas hipótesis que las utilizadas para el cálculo de las tasas de incidencia de la enfermedad grave de cáncer, el modelo de Verdecchia et al. (1992) permite obtener las tasas de incidencia de la enfermedad grave de infarto de miocardio, tal y como se presenta en los estudios de Giampaoli et al. (2001) [12] [13]. Además, el estudio de Nelson et al. (2008) [32] indica que la supervivencia relativa de las enfermedades cardiovasculares (*Cardiovascular Heart Diseases*) se puede calcular con los mismos métodos que los empleados para el cálculo de la supervivencia relativa en el cáncer al existir varios paralelismos entre ambas enfermedades. Por ello, en un primer momento, se podría utilizar el programa MIAMOD para el cálculo de la incidencia del infarto de miocardio.

Sin embargo, como se ha dicho anteriormente, dado que no se dispone de datos sobre la supervivencia relativa del infarto de miocardio en la población española, no se puede utilizar el modelo MIAMOD para estimar la incidencia de dicha enfermedad. Por ello, se va a aproximar un modelo GLM que estime las tasas de incidencia con datos de altas hospitalarias españolas obtenidas de

la página web del Instituto Nacional de Estadística. No obstante, se vuelve a mencionar que el aproximar la incidencia del infarto de miocardio con estas altas hospitalarias hace que las tasas obtenidas sean, previsiblemente, superiores a las que realmente deberían ser, ya que se contabiliza en esta estadística también las altas causadas por reingresos hospitalarios por la misma afección.

Para minimizar este error, se eliminan las altas por cambio de hospital, dado que implican una doble contabilización (se daría un alta en ambos hospitales).

En primer lugar, se calcula el porcentaje de casos de infarto de miocardio por edad, año de observación y sexo como el cociente entre el número de casos observados (altas hospitalarias) entre el número de casos posibles (población). Con ella, se generan dos modelos GLM, uno para el colectivo de hombres y otro para el colectivo de mujeres, que prediga dicha probabilidad (variable endógena) a partir de la edad y año de nacimiento (variables exógenas), ponderado por la población española.

Cuadro 14. *Modelos GLM generados*

	Hombres		**Mujeres**	
	Coeficiente	**t-estadístico**	**Coeficiente**	**t-estadístico**
Constante	−11,32	−1077,1	13,59	−503,4
Edad	0,009618	500,5	0,106	219,3
Test Hosmer y Lemeshow	0,090451	1	0,0050326	1

Fuente: Elaboración propia.

El Cuadro 14 muestra los resultados de los modelos generados. Se observa que tanto el término independiente como la variable edad son necesarias para explicar la incidencia del infarto. Además, según se observa en el test de bondad de Hosmer-Lemeshow, los modelos se ajustan correctamente a los datos proporcionados (p-valor del t-estadístico cercano a 1). Por ello, se considera que ambos modelos están bien especificados.

Las tasas de infarto para cada edad se obtienen aplicando los siguientes modelos:

$$\text{Para el colectivo de hombres: Incidencia} = \frac{e^{-11{,}32+0{,}009618*\text{Edad}}}{1+e^{-11{,}32+0{,}009618*\text{Edad}}}.$$

$$\text{Para el colectivo de mujeres: Incidencia} = \frac{e^{-13{,}59+0{,}106*\text{Edad}}}{1+e^{-13{,}59+0{,}106*\text{Edad}}}.$$

Como última comprobación, se grafica la probabilidad calculada mediante las altas hospitalarias y se compara con las probabilidades obtenidas con los modelos GLM especificados. Los gráficos se pueden ver en el Anexo.

5. Las tasas de incidencia

El programa MIAMOD ofrece una estimación de las tasas de incidencia de la enfermedad cáncer por grupos de edad, informando del número de nuevos casos de cáncer por cada 100.000 individuos que pertenezcan a ese grupo de edad. Por ello, si se pretende tarificar un seguro de enfermedad grave de cáncer, es recomendable obtener las tasas para cada edad.

En este apartado se calculan las tasas de incidencia de cáncer por edad para un colectivo de 15 a 69 años.

Las tasas de incidencia por grupo de edad estimadas por el programa MIAMOD solo son válidas si se utilizan para calcular el número de nuevos casos de cáncer que se producirán en ese colectivo formado por la suma de todos los individuos que pertenezcan a dicho grupo, pero si se intenta calcular una tasa para los individuos de una edad de dentro de ese colectivo a partir de la tasa del grupo se inducirá a error. Por ello se parte de la estimación del número de nuevos casos y no de las tasas.

Dado que la estimación de la incidencia del cáncer calculada por el programa MIAMOD es una esperanza y gracias a que dicho programa también calcula la desviación estándar que podrían tener estos nuevos casos, se ha decidido aplicarles un recargo de seguridad mediante la Simulación de Montecarlo.

Sin embargo, el programa MIAMOD no informa de la desviación estándar en el caso de las predicciones (a partir de 2017). Por ello se ha realizado un modelo de regresión lineal múltiple (R^2 del 97 %):

$$ln(\text{Desviación estándar}) = \alpha + \beta_1 * \text{Grupo de edad} + \beta_2 * \text{Año} \qquad (26)$$

La Simulación de Montecarlo es un método determinista que permite realizar proyecciones de una variable aleatoria y que permite estudiar de qué manera responde un modelo a entradas aleatorias.

Para ello, para cada edad y año de observación, se generan 1.000.000 de observaciones que siguen una variable aleatoria que se distribuye de forma uniforme (sus valores están comprendidos entre el 0 y el 1). Dado que el número de observaciones generadas es muy elevado y son independientes entre ellas, se asume que esta variable sigue una distribución Normal cuya esperanza y desviación estándar son la incidencia y desviación estándar calculadas por el programa MIAMOD.

Así, se ordenan las observaciones de la Normal de menor a mayor, se calcula la probabilidad acumulada para cada una de ellas y se escoge aquella observación que acumule el 99,5 %.

Los Cuadros 15 y 16 muestran las nuevos casos recargados para el colectivo de hombres y de mujeres, respectivamente.

Cuadro 15. *Nuevos casos recargados para el colectivo de hombres*

Año	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
De 15 a 19 años	162,24	146,18	132,48	122,18	113,64	106,07	99,47	94,19	90,14	85,21	79,93	75,18	70,93	66,91	63,56	61,54
De 20 a 24 años	288,01	266,26	245,44	229,56	211,15	195,58	180,08	166,3	155,92	144,33	131,71	120,82	111,97	104	96,48	90,25
De 25 a 29 años	475,2	457,55	443,47	436,68	425,25	410,01	389,99	366,37	345,03	315,93	284,73	254,67	228,24	203,69	182,92	166,73
De 30 a 34 años	816,85	787,79	764,59	756,13	745,35	738,02	727,09	714,42	701,15	677,06	636,03	590,51	540,49	486,59	431,31	386,5
De 35 a 39 años	1.419,06	1.389,08	1.372,77	1.371,53	1.354,08	1.325,59	1.304,44	1.282,53	1.263,97	1.232,47	1.193,97	1.152,59	1.109,24	1.052,17	990,77	924,11
De 40 a 44 años	2.334,55	2.341,8	2.342,65	2.337,06	2.327,06	2.328,1	2.307,85	2.298,68	2.293,33	2.254,34	2.176,78	2.112,02	2.045,69	1.959,69	1.874,95	1.804,7
De 45 a 49 años	3.638,13	3.634,42	3.648,11	3.668,48	3.706,22	3.774,77	3.821,86	3.846,27	3.836,69	3.802,85	3.764,62	3.695,13	3.642,26	3.566,76	3.456,5	3.320,71
De 50 a 54 años	5.963,71	5.830,93	5.809,15	5.819,93	5.697,26	5.646,15	5.688,03	5.739,74	5.778,1	5.818,93	5.884,63	5.915,99	5.907,91	5.808,44	5.700,35	5.624,29
De 55 a 59 años	8.248,18	8.135,52	8.375,14	8.604,4	8.698,74	8.728,15	8.600,43	8.604,06	8.619,38	8.426,67	8.307,59	8.329,85	8.361,5	8.330,51	8.335,82	8.405,65
De 60 a 64 años	10.805,87	10.686,73	10.146,84	10.016,66	10.464,6	11.241,17	11.187,61	11.563,36	11.872,24	11.995,68	11.979,66	11.770,61	11.731,1	11.668,97	11.349,46	11.172,98
De 65 a 69 años	15.997,03	15.767,96	15.642,25	15.162,17	14.364	13.418,41	13.401,94	12.842,05	12.719,02	13.286,73	14.212,02	14.150,6	14.590,37	14.909,95	15.035,49	14.991,66

Año	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
De 15 a 19 años	60,19	58,52	57,01	56,07	55,23	54,32	53,89	53,59	53,44	52,75
De 20 a 24 años	85,85	80,57	75,74	71,77	68,91	66,81	64,98	63,29	62,27	61,34
De 25 a 29 años	155,1	144,12	134,7	125,87	117,55	110,13	103,39	97,13	91,97	88,3
De 30 a 34 años	346,82	313,32	283,93	259,71	238,39	219,93	204,26	190,8	178,27	166,49
De 35 a 39 años	850,73	781,67	712,53	643,18	581,85	524,17	473,27	428,67	391,98	359,62
De 40 a 44 años	1.726	1.662,66	1.590,49	1.515,32	1.423,18	1.323,73	1.216,17	1.108,5	1.000,37	904,8
De 45 a 49 años	3.190	3.085,86	2.973,91	2.870,33	2.775,44	2.680,28	2.582,31	2.470,67	2.354,27	2.211,18
De 50 a 54 años	5.480,39	5.391,59	5.298,11	5.162,47	4.974,86	4.817,5	4.662,43	4.495,59	4.340,83	4.199,32
De 55 a 59 años	8.397,49	8.369,74	8.250,54	8.132,77	8.041,32	7.887,96	7.765,06	7.635,18	7.444,02	7.179,47
De 60 a 64 años	11.140,61	11.153,71	11.129,72	11.169,08	11.275,98	11.324,88	11.295,42	11.146,28	11.000,4	10.891,4
De 65 a 69 años	14.648,68	14.538	14.457,53	14.090,34	13.876,04	13.891,34	13.926,46	13.925,84	14.000,34	14.152,97

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 16. *Nuevos casos recargados para el colectivo de mujeres*

Año	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
De 15 a 19 años	210,1812	196,9218	186,0141	178,7338	173,2976	168,5401	164,8437	162,4547	161,8236	159,077	155,0606	151,4928	148,8095	145,6142	143,0994	143,4561
De 20 a 24 años	344,7596	331,2405	316,6555	308,0549	295,9613	285,092	274,0645	265,79	260,0459	252,2928	242,0386	232,8375	225,5227	218,7389	211,3095	205,4
De 25 a 29 años	556,7881	554,2428	554,9359	562,3272	567,0534	565,0119	558,7265	548,1741	538,8144	518,9501	494,4417	468,2492	444,9634	420,3848	397,6947	380,2981
De 30 a 34 años	1.034,755	1.022,824	1.018,424	1.027,821	1.039,644	1.056,285	1.073,47	1.093,194	1.110,847	1.118,721	1.104,273	1.080,711	1.044,446	999,4479	941,6785	892,6669
De 35 a 39 años	2.005,515	2.004,42	2.021,578	2.058,099	2.077,322	2.075,792	2.087,853	2.110,653	2.134,718	2.153,972	2.169,114	2.184,182	2.198,466	2.190,822	2.173,276	2.137,22
De 40 a 44 años	3.448,908	3.516,088	3.578,799	3.623,921	3.672,426	3.742,007	3.788,603	3.858,152	3.941,149	3.982,185	3.967,45	3.973,403	3.989,065	3.975,003	3.967,459	3.986,763
De 45 a 49 años	4.878,438	4.931,13	5.011,964	5.122,742	5.258,323	5.431,839	5.594,917	5.736,527	5.832,69	5.916,055	6.014,778	6.077,012	6.160,426	6.233,754	6.253,247	6.230,716
De 50 a 54 años	6.358,109	6.235,074	6.230,285	6.283,066	6.223,545	6.240,233	6.373,636	6.530,543	6.709,45	6.898,106	7.105,76	7.302,853	7.462,579	7.537,627	7.617,411	7.761,694
De 55 a 59 años	6.295,8	6.277,142	6.476,097	6.662,916	6.802,769	6.868,235	6.808,867	6.852,599	6.934,172	6.883,387	6.898,161	7.037,112	7.200,268	7.372,818	7.566,03	7.808,517
De 60 a 64 años	6.060,024	6.034,886	5.706,907	5.650,178	5.917,742	6.337,856	6.380,995	6.634,06	6.852,124	7.004,109	7.067,412	7.008,718	7.052,762	7.122,635	7.067,233	7.096,928
De 65 a 69 años	7.410,896	7.304,956	7.304,792	7.094,72	6.739,461	6.314,938	6.338,889	6.044,301	6.002,91	6.296,129	6.759,933	6.803,809	7.091,887	7.339,637	7.507,96	7.604,746

Año	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
De 15 a 19 años	143,9832	144,6954	145,4358	147,7511	149,3589	150,8834	152,6694	154,5996	156,2744	156,0055
De 20 a 24 años	198,6447	193,0672	187,5464	183,5121	182,6878	183,2944	184,1545	185,0837	188,0582	190,0772
De 25 a 29 años	365,687	352,3703	341,5666	330,3222	318,8988	308,4895	299,7754	290,8623	284,3614	282,8727
De 30 a 34 años	846,0825	803,741	763,9796	731,5017	700,7333	673,7085	649,1251	629,0839	608,3298	587,4174
De 35 a 39 años	2.090,809	2.020,082	1.942,937	1.848,946	1.760,19	1.668,311	1.584,787	1.506,403	1.442,34	1.381,669
De 40 a 44 años	4.011,698	4.034,204	4.033,384	4.024,298	3.963,416	3.875,421	3.743,207	3.599,004	3.424,402	3.259,611
De 45 a 49 años	6.233,599	6.247,386	6.242,202	6.257,408	6.294,415	6.333,902	6.369,537	6.365,935	6.347,101	6.246,34
De 50 a 54 años	7.841,809	7.938,517	8.041,362	8.084,507	8.054,175	8.057,061	8.074,998	8.072,595	8.093,414	8.144,203
De 55 a 59 años	8.022,292	8.184,588	8.277,354	8.382,668	8.540,097	8.629,586	8.733,531	8.845,708	8.891,198	8.860,122
De 60 a 64 años	7.237,591	7.399,501	7.579,084	7.787,242	8.027,128	8.249,216	8.417,032	8.513,71	8.623,638	8.787,536
De 65 a 69 años	7.547,054	7.588,009	7.658,127	7.593,042	7.607,44	7.762,366	7.938,321	8.128,16	8.350,638	8.610,736

Fuente: Elaboración propia.

Una vez obtenidas el número de nuevos casos recargados por grupos de edad, se procede a calcular las tasas para cada año.

Como se tiene el número de nuevos casos que se producen dentro de ese colectivo de edad, se propone repartir esos casos a partes iguales en cada edad dentro del grupo. Se ha comprobado que si se reparten los nuevos casos dentro de un grupo de edad en proporción a lo que representa una edad en concreto dentro de ese grupo, se obtiene en todas las edades una quinta parte del número de casos del total del grupo ya que:

$$\text{nuevos casos edad} = \text{nuevos casos grupo} * \frac{\text{población edad}}{\text{población grupo}} \tag{27}$$

y

$$\text{Tasa edad} = \frac{\text{nuevos casos edad}}{\text{población edad}} \tag{28}$$

Sustituyendo,

$$\text{Tasa edad} = \frac{\text{nuevos casos grupo}}{\text{población grupo}} * 100{,}000 \tag{29}$$

Por ello, se reparte el número de nuevos casos a partes iguales y se modelizan para alisarlos y que tomen un comportamiento creciente de forma constante en cada edad y no por tramos. En el caso de los modelos del colectivo de hombres, se modeliza mediante una curva exponencial con un coeficiente de determinación no inferior al 95 % mientras que para los modelos del colectivo mujeres se ha modelizado mediante dos modelos exponenciales: uno desde los 15 años hasta los 45 y otro desde los 50 años hasta los 69; ambos con un coeficiente de determinación no inferior al 95 %. Esto se debe a que el pendiente del número de casos en los modelos de mujeres cambia a lo largo de las edades, por lo que el ajuste con un solo modelo exponencial comportaba una gran diferencia de casos en edades altas (en ciertos años de observación, incluso se doblaban los casos respecto al número de casos del grupo).

Se ha comprobado que el número de casos totales por edad coincide con el número de casos totales por grupo que, aunque se aproximan, es cierto que se pierde parte de información al ajustar los modelos, por lo que el número de casos totales calculados a partir de las tasas de incidencia por edad y la población de cada edad son inferiores en cuantía a los casos totales calculados por el programa MIAMOD (por ejemplo, para el año de observación 2012 y colec-

tivo de hombres, la suma de los casos calculados por el modelo MIAMOD es de 47.908 nuevos casos, mientras que el calculado mediante las tasas por edad es de 44.074 nuevos casos).

En el Anexo se pueden ver los gráficos correspondientes a las tasas de cada edad en cada año de observación, así como el modelo exponencial generado.

En los Cuadros 17 y 18 se pueden observar las tasas de incidencia por cada 100.000 individuos para cada edad y año de observación para el colectivo de varones. En los Cuadros 19 y 20 se observan dichas tasas de incidencia para el colectivo de mujeres.

Cuadro 17. *Tasas de incidencia por cada 100.000 individuos colectivo hombres*

Año	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
15	8,11	7,64	7,19	6,75	6,35	5,95	5,6	5,27	4,96	4,67	4,4	4,15	3,92	3,7	3,51	3,32
16	9	8,49	7,99	7,52	7,07	6,64	6,26	5,89	5,54	5,23	4,93	4,65	4,39	4,15	3,94	3,73
17	9,98	9,43	8,89	8,37	7,88	7,4	6,98	6,57	6,2	5,85	5,52	5,21	4,93	4,66	4,42	4,2
18	11,08	10,47	9,88	9,31	8,78	8,26	7,79	7,34	6,93	6,54	6,18	5,84	5,53	5,23	4,97	4,72
19	12,3	11,63	10,99	10,37	9,78	9,21	8,7	8,21	7,75	7,32	6,92	6,55	6,2	5,87	5,58	5,3
20	13,65	12,92	12,22	11,54	10,89	10,27	9,71	9,17	8,66	8,2	7,75	7,34	6,95	6,59	6,26	5,95
21	15,15	14,35	13,59	12,84	12,14	11,46	10,84	10,24	9,69	9,17	8,68	8,23	7,8	7,4	7,04	6,69
22	16,81	15,94	15,11	14,3	13,52	12,78	12,1	11,44	10,83	10,26	9,72	9,22	8,75	8,3	7,9	7,52
23	18,66	17,71	16,8	15,91	15,06	14,25	13,5	12,78	12,11	11,49	10,89	10,33	9,81	9,32	8,87	8,45
24	20,7	19,67	18,68	17,71	16,78	15,89	15,07	14,28	13,54	12,85	12,19	11,58	11	10,46	9,97	9,49
25	22,98	21,85	20,77	19,71	18,69	17,72	16,82	15,95	15,14	14,38	13,66	12,98	12,34	11,74	11,19	10,67
26	25,5	24,28	23,09	21,94	20,83	19,77	18,77	17,82	16,93	16,1	15,3	14,55	13,85	13,18	12,57	11,99
27	28,3	26,97	25,68	24,42	23,2	22,04	20,95	19,91	18,93	18,01	17,13	16,31	15,53	14,79	14,12	13,47
28	31,41	29,95	28,55	27,18	25,85	24,59	23,39	22,24	21,17	20,16	19,19	18,27	17,42	16,61	15,86	15,13
29	34,86	33,27	31,75	30,25	28,79	27,42	26,11	24,85	23,67	22,56	21,49	20,48	19,54	18,64	17,81	17,01
30	38,69	36,96	35,3	33,67	32,08	30,58	29,14	27,76	26,47	25,25	24,06	22,95	21,91	20,92	20	19,11
31	42,94	41,06	39,25	37,48	35,74	34,11	32,52	31,01	29,6	28,25	26,95	25,73	24,58	23,48	22,46	21,47
32	47,65	45,61	43,65	41,72	39,81	38,04	36,3	34,65	33,09	31,62	30,18	28,83	27,57	26,36	25,23	24,13
33	52,88	50,66	48,53	46,43	44,35	42,42	40,52	38,71	37	35,38	33,81	32,31	30,92	29,59	28,34	27,11
34	58,69	56,28	53,96	51,68	49,41	47,31	45,23	43,24	41,38	39,59	37,86	36,22	34,69	33,21	31,82	30,46
35	65,14	62,51	60	57,53	55,05	52,77	50,48	48,31	46,27	44,31	42,4	40,59	38,91	37,27	35,74	34,23
36	72,29	69,44	66,72	64,03	61,32	58,85	56,34	53,97	51,73	49,58	47,49	45,49	43,64	41,84	40,14	38,46
37	80,23	77,14	74,19	71,27	68,32	65,63	62,89	60,29	57,85	55,49	53,19	50,98	48,95	46,96	45,08	43,22
38	89,04	85,69	82,49	79,33	76,11	73,2	70,19	67,36	64,68	62,09	59,57	57,14	54,9	52,71	50,63	48,57
39	98,82	95,18	91,73	88,29	84,79	81,64	78,35	75,25	72,33	69,49	66,72	64,04	61,58	59,16	56,87	54,57
40	109,67	105,73	101,99	98,27	94,46	91,05	87,45	84,07	80,88	77,76	74,72	71,77	69,07	66,41	63,87	61,32
41	121,72	117,45	113,41	109,38	105,23	101,54	97,61	93,92	90,43	87,02	83,68	80,44	77,47	74,54	71,73	68,9
42	135,09	130,46	126,1	121,75	117,23	113,25	108,95	104,92	101,12	97,38	93,72	90,15	86,9	83,66	80,56	77,42
43	149,92	144,92	140,22	135,51	130,6	126,3	121,6	117,22	113,07	108,98	104,97	101,04	97,47	93,9	90,48	87
44	166,39	160,98	155,91	150,83	145,5	140,86	135,73	130,95	126,43	121,95	117,56	113,24	109,33	105,4	101,62	97,76
45	184,66	178,82	173,36	167,88	162,09	157,1	151,49	146,29	141,38	136,47	131,66	126,92	122,63	118,31	114,13	109,85
46	204,94	198,64	192,77	186,86	180,58	175,21	169,09	163,43	158,08	152,72	147,46	142,24	137,54	132,79	128,18	123,43
47	227,45	220,65	214,35	207,98	201,17	195,41	188,74	182,58	176,76	170,91	165,15	159,42	154,28	149,05	143,96	138,7
48	252,43	245,1	238,34	231,49	224,12	217,93	210,66	203,98	197,65	191,26	184,96	178,67	173,04	167,3	161,68	155,85
49	280,15	272,27	265,02	257,66	249,68	243,05	235,13	227,88	221,01	214,03	207,15	200,24	194,09	187,78	181,59	175,13
50	310,91	302,44	294,68	286,79	278,15	271,07	262,45	254,58	247,13	239,52	232	224,42	217,71	210,77	203,94	196,78
51	345,06	335,96	327,67	319,21	309,88	302,32	292,94	284,41	276,34	268,04	259,83	251,52	244,19	236,58	229,05	221,12
52	382,96	373,19	364,34	355,3	345,22	337,17	326,96	317,73	308,99	299,96	291,01	281,89	273,9	265,54	257,25	248,47
53	425,01	414,55	405,13	395,46	384,59	376,03	364,95	354,96	345,51	335,67	325,92	315,93	307,21	298,06	288,92	279,19
54	471,69	460,49	450,47	440,17	428,45	419,38	407,34	396,55	386,34	375,64	365,02	354,08	344,59	334,55	324,48	313,72
55	523,49	511,52	500,9	489,93	477,31	467,72	454,66	443,02	432	420,37	408,81	396,83	386,51	375,51	364,43	352,52
56	580,98	568,21	556,96	545,31	531,75	521,64	507,48	494,93	483,05	470,43	457,85	444,75	433,52	421,48	409,29	396,12
57	644,79	631,18	619,31	606,95	592,39	581,77	566,43	552,92	540,13	526,44	512,78	498,46	486,26	473,09	459,68	445,1
58	715,6	701,12	688,63	675,57	659,95	648,84	632,23	617,71	603,97	589,12	574,29	558,65	545,42	531,01	516,27	500,15
59	794,19	778,82	765,71	751,94	735,22	723,63	705,67	690,08	675,34	659,27	643,19	626,1	611,76	596,02	579,83	562
60	881,41	865,13	851,41	836,94	819,07	807,04	787,65	770,94	755,15	737,77	720,35	701,71	686,19	669	651,21	631,51
61	978,2	961,01	946,72	931,55	912,48	900,08	879,15	861,27	844,39	825,62	806,77	786,44	769,66	750,9	731,38	709,61
62	1.085,63	1.067,51	1.052,68	1.036,86	1.016,55	1.003,83	981,27	962,19	944,18	923,93	903,56	881,41	863,29	842,84	821,42	797,36
63	1.204,86	1.185,81	1.170,51	1.154,07	1.132,49	1.119,55	1.095,27	1.074,93	1.055,76	1.033,95	1.011,96	987,84	968,31	946,03	922,54	895,97
64	1.337,18	1.317,23	1.301,53	1.284,54	1.261,64	1.248,6	1.222,5	1.200,88	1.180,53	1.157,06	1.133,36	1.107,12	1.086,1	1.061,86	1.036,11	1.006,78
65	1.484,03	1.463,2	1.447,22	1.429,75	1.405,53	1.392,53	1.364,51	1.341,59	1.320,04	1.294,83	1.269,33	1.240,81	1.218,22	1.191,87	1.163,67	1.131,28
66	1.647,01	1.625,36	1.609,21	1.591,37	1.565,83	1.553,05	1.523,02	1.498,79	1.476,04	1.449,01	1.421,6	1.390,64	1.366,42	1.337,8	1.306,93	1.271,19
67	1.827,89	1.805,48	1.789,33	1.771,27	1.744,41	1.732,08	1.699,95	1.674,4	1.650,47	1.621,55	1.592,15	1.558,56	1.532,64	1.501,59	1.467,82	1.428,4
68	2.028,63	2.005,57	1.989,62	1.971,51	1.943,36	1.931,74	1.897,42	1.870,6	1.845,52	1.814,63	1.783,16	1.746,76	1.719,08	1.685,43	1.648,52	1.605,05
69	2.251,42	2.227,83	2.212,32	2.194,38	2.164,99	2.154,42	2.117,84	2.089,78	2.063,62	2.030,7	1.997,08	1.957,68	1.928,21	1.891,79	1.851,47	1.803,54

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 18. *Predicción de tasas de incidencia por cada 100.000 individuos colectivo hombres*

Año	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
15	3,17	3	2,85	2,71	2,58	2,46	2,35	2,25	2,17	2,09
16	3,56	3,38	3,21	3,05	2,91	2,77	2,65	2,54	2,44	2,35
17	4	3,8	3,61	3,43	3,27	3,12	2,99	2,86	2,75	2,65
18	4,5	4,27	4,06	3,86	3,68	3,52	3,36	3,22	3,09	2,98
19	5,06	4,8	4,57	4,35	4,15	3,96	3,79	3,63	3,48	3,36
20	5,68	5,4	5,14	4,89	4,67	4,46	4,27	4,09	3,92	3,78
21	6,39	6,07	5,78	5,51	5,25	5,02	4,8	4,6	4,42	4,26
22	7,18	6,83	6,5	6,2	5,91	5,65	5,41	5,18	4,98	4,79
23	8,07	7,68	7,31	6,97	6,66	6,36	6,09	5,84	5,61	5,4
24	9,07	8,64	8,23	7,85	7,49	7,17	6,86	6,57	6,31	6,08
25	10,2	9,71	9,26	8,83	8,44	8,07	7,73	7,4	7,11	6,84
26	11,46	10,92	10,41	9,94	9,5	9,09	8,71	8,34	8,01	7,71
27	12,88	12,28	11,71	11,18	10,69	10,23	9,8	9,39	9,02	8,68
28	14,48	13,81	13,18	12,59	12,03	11,52	11,04	10,58	10,16	9,77
29	16,28	15,53	14,83	14,16	13,55	12,97	12,44	11,91	11,44	11,01
30	18,29	17,47	16,68	15,94	15,25	14,61	14,01	13,42	12,89	12,4
31	20,56	19,64	18,77	17,94	17,17	16,45	15,78	15,11	14,51	13,96
32	23,11	22,09	21,11	20,19	19,32	18,52	17,77	17,02	16,34	15,72
33	25,98	24,84	23,75	22,72	21,75	20,86	20,01	19,17	18,41	17,7
34	29,2	27,94	26,72	25,56	24,49	23,49	22,54	21,59	20,73	19,94
35	32,82	31,42	30,06	28,77	27,56	26,45	25,38	24,31	23,35	22,45
36	36,89	35,33	33,82	32,38	31,03	29,78	28,59	27,38	26,3	25,28
37	41,47	39,73	38,05	36,43	34,93	33,53	32,2	30,84	29,62	28,47
38	46,61	44,68	42,8	41	39,32	37,76	36,26	34,74	33,36	32,07
39	52,39	50,25	48,16	46,14	44,26	42,52	40,84	39,12	37,57	36,11
40	58,89	56,51	54,18	51,93	49,82	47,88	46	44,06	42,31	40,67
41	66,19	63,54	60,95	58,44	56,09	53,91	51,8	49,62	47,66	45,8
42	74,4	71,46	68,57	65,76	63,14	60,71	58,34	55,89	53,67	51,57
43	83,62	80,36	77,14	74	71,07	68,36	65,71	62,94	60,45	58,08
44	93,99	90,37	86,79	83,28	80	76,97	74,01	70,89	68,08	65,4
45	105,65	101,63	97,64	93,72	90,06	86,67	83,35	79,84	76,68	73,66
46	118,75	114,29	109,84	105,47	101,38	97,6	93,88	89,92	86,36	82,95
47	133,47	128,53	123,58	118,69	114,12	109,9	105,73	101,28	97,26	93,41
48	150,02	144,54	139,02	133,57	128,47	123,75	119,08	114,06	109,54	105,19
49	168,63	162,54	156,41	150,31	144,62	139,34	134,11	128,47	123,37	118,46
50	189,54	182,79	175,96	169,16	162,79	156,9	151,04	144,69	138,95	133,41
51	213,04	205,56	197,96	190,36	183,26	176,68	170,11	162,95	156,49	150,23
52	239,46	231,17	222,71	214,22	206,29	198,95	191,59	183,53	176,25	169,18
53	269,16	259,96	250,55	241,08	232,22	224,02	215,78	206,7	198,5	190,53
54	302,54	292,35	281,87	271,3	261,41	252,25	243,03	232,8	223,57	214,56
55	340,05	328,77	317,11	305,31	294,27	284,05	273,71	262,19	251,79	241,63
56	382,22	369,72	356,75	343,58	331,25	319,84	308,27	295,29	283,58	272,11
57	429,62	415,78	401,36	386,65	372,89	360,16	347,19	332,57	319,39	306,43
58	482,9	467,57	451,53	435,12	419,76	405,55	391,03	374,56	359,71	345,09
59	542,78	525,81	507,98	489,66	472,52	456,66	440,4	421,85	405,13	388,62
60	610,09	591,31	571,49	551,05	531,92	514,21	496	475,12	456,28	437,64
61	685,74	664,97	642,94	620,12	598,78	579,02	558,62	535,1	513,89	492,84
62	770,78	747,81	723,32	697,86	674,04	651,99	629,15	602,66	578,77	555,01
63	866,36	840,96	813,75	785,34	758,76	734,17	708,59	678,76	651,84	625,03
64	973,79	945,72	915,48	883,79	854,13	826,7	798,05	764,45	734,14	703,87
65	1.094,55	1.063,53	1.029,93	994,58	961,49	930,89	898,81	860,97	826,83	792,66
66	1.230,28	1.196,01	1.158,69	1.119,25	1.082,35	1.048,21	1.012,29	969,68	931,23	892,65
67	1.382,85	1.344,99	1.303,55	1.259,56	1.218,39	1.180,31	1.140,1	1.092,1	1.048,8	1.005,25
68	1.554,33	1.512,54	1.466,52	1.417,45	1.371,54	1.329,07	1.284,05	1.229,99	1.181,22	1.132,06
69	1.747,08	1.700,96	1.649,87	1.595,14	1.543,93	1.496,58	1.446,17	1.385,29	1.330,36	1.274,86

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 19. *Tasas de incidencia por cada 100.000 individuos colectivo mujeres*

Año	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
15	9,57	9,42	9,27	9,14	9,03	8,91	8,8	8,7	8,61	8,53	8,47	8,41	8,35	8,3	8,25	8,22
16	10,69	10,52	10,35	10,21	10,08	9,95	9,83	9,72	9,62	9,53	9,46	9,4	9,33	9,27	9,22	9,19
17	11,94	11,75	11,56	11,4	11,26	11,12	10,98	10,86	10,75	10,65	10,57	10,5	10,43	10,36	10,31	10,27
18	13,34	13,12	12,92	12,74	12,58	12,42	12,27	12,13	12,01	11,9	11,81	11,73	11,65	11,58	11,52	11,48
19	14,9	14,66	14,43	14,23	14,05	13,87	13,71	13,55	13,42	13,3	13,2	13,11	13,02	12,94	12,87	12,83
20	16,64	16,38	16,12	15,9	15,7	15,49	15,31	15,14	14,99	14,86	14,75	14,64	14,55	14,46	14,39	14,34
21	18,59	18,29	18,01	17,76	17,54	17,31	17,1	16,91	16,75	16,6	16,48	16,36	16,26	16,15	16,08	16,03
22	20,76	20,44	20,11	19,84	19,59	19,33	19,1	18,89	18,71	18,55	18,41	18,28	18,17	18,05	17,97	17,91
23	23,19	22,83	22,47	22,16	21,88	21,6	21,34	21,11	20,91	20,72	20,57	20,42	20,3	20,17	20,08	20,02
24	25,9	25,5	25,1	24,75	24,44	24,13	23,84	23,58	23,36	23,15	22,98	22,82	22,68	22,54	22,44	22,37
25	28,93	28,49	28,04	27,65	27,31	26,95	26,63	26,35	26,1	25,87	25,67	25,49	25,34	25,18	25,07	25
26	32,31	31,82	31,32	30,88	30,5	30,1	29,75	29,43	29,16	28,9	28,69	28,48	28,32	28,14	28,02	27,94
27	36,09	35,55	34,99	34,5	34,07	33,63	33,23	32,88	32,58	32,29	32,05	31,82	31,64	31,44	31,31	31,23
28	40,31	39,71	39,08	38,54	38,06	37,56	37,12	36,73	36,4	36,08	35,81	35,56	35,36	35,13	34,99	34,9
29	45,03	44,35	43,66	43,05	42,52	41,96	41,46	41,04	40,67	40,31	40,01	39,73	39,51	39,26	39,1	39,01
30	50,29	49,55	48,77	48,09	47,49	46,87	46,32	45,85	45,44	45,04	44,7	44,39	44,15	43,86	43,7	43,6
31	56,18	55,35	54,48	53,72	53,05	52,36	51,74	51,22	50,77	50,32	49,94	49,59	49,33	49,01	48,83	48,73
32	62,75	61,82	60,85	60,01	59,26	58,49	57,79	57,22	56,73	56,22	55,8	55,41	55,12	54,77	54,57	54,46
33	70,08	69,06	67,98	67,03	66,2	65,34	64,56	63,92	63,38	62,81	62,35	61,91	61,59	61,2	60,98	60,86
34	78,28	77,15	75,93	74,88	73,95	72,99	72,12	71,41	70,81	70,18	69,66	69,17	68,82	68,38	68,15	68,02
35	87,43	86,18	84,82	83,64	82,61	81,53	80,56	79,78	79,12	78,41	77,83	77,28	76,9	76,41	76,16	76,02
36	97,66	96,26	94,75	93,43	92,28	91,07	89,99	89,13	88,4	87,61	86,96	86,34	85,93	85,38	85,11	84,96
37	109,08	107,53	105,84	104,37	103,08	101,74	100,52	99,57	98,76	97,88	97,15	96,47	96,02	95,4	95,11	94,95
38	121,84	120,12	118,23	116,59	115,15	113,64	112,29	111,24	110,35	109,36	108,55	107,78	107,29	106,6	106,28	106,12
39	136,09	134,18	132,07	130,24	128,63	126,95	125,44	124,27	123,29	122,19	121,28	120,42	119,89	119,11	118,77	118,6
40	152	149,89	147,53	145,48	143,68	141,81	140,12	138,84	137,75	136,52	135,5	134,55	133,96	133,1	132,73	132,55
41	169,78	167,44	164,8	162,51	160,5	158,41	156,52	155,1	153,9	152,53	151,4	150,33	149,69	148,72	148,32	148,15
42	189,63	187,04	184,09	181,54	179,29	176,95	174,85	173,28	171,95	170,42	169,15	167,96	167,26	166,18	165,75	165,57
43	211,81	208,93	205,64	202,79	200,28	197,66	195,31	193,58	192,12	190,4	188,99	187,66	186,9	185,69	185,23	185,04
44	236,58	233,39	229,72	226,53	223,72	220,8	218,18	216,26	214,65	212,74	211,16	209,66	208,84	207,49	207	206,81
45	264,25	260,71	256,61	253,04	249,91	246,65	243,72	241,6	239,83	237,69	235,92	234,25	233,35	231,85	231,32	231,13
46	295,15	291,23	286,65	282,66	279,17	275,52	272,24	269,91	267,96	265,56	263,59	261,73	260,75	259,07	258,5	258,32
47	329,67	325,32	320,2	315,75	311,85	307,78	304,11	301,54	299,38	296,71	294,5	292,43	291,36	289,48	288,88	288,7
48	368,23	363,4	357,68	352,72	348,35	343,8	339,71	336,87	334,5	331,51	329,05	326,72	325,56	323,46	322,82	322,66
49	411,29	405,94	399,55	394	389,13	384,05	379,48	376,34	373,73	370,39	367,64	365,04	363,78	361,44	360,75	360,61
50	505,29	497,46	490,81	483,83	476,57	470,25	465,59	461,23	456,69	452,65	448,94	446,53	443,97	441,47	439,66	437,98
51	512,93	505,13	498,48	491,58	484,4	478,22	473,48	469,09	464,57	460,55	456,91	454,46	451,94	449,49	447,69	446,07
52	520,68	512,92	506,26	499,46	492,36	486,32	481,5	477,09	472,58	468,59	465,02	462,53	460,06	457,65	455,87	454,31
53	528,55	520,83	514,17	507,47	500,45	494,56	489,66	485,22	480,73	476,76	473,28	470,74	468,32	465,96	464,19	462,7
54	536,54	528,86	522,2	515,6	508,68	502,94	497,95	493,49	489,02	485,08	481,68	479,1	476,73	474,43	472,67	471,24
55	544,64	537,01	530,36	523,86	517,04	511,46	506,39	501,9	497,45	493,55	490,24	487,61	485,3	483,05	481,31	479,95
56	552,88	545,29	538,65	532,26	525,53	520,12	514,97	510,45	506,03	502,16	498,94	496,26	494,01	491,82	490,1	488,81
57	561,23	553,7	547,06	540,79	534,17	528,93	523,69	519,15	514,76	510,92	507,8	505,07	502,88	500,75	499,05	497,84
58	569,71	562,23	555,6	549,46	542,95	537,9	532,57	528	523,64	519,84	516,82	514,04	511,91	509,85	508,16	507,03
59	578,32	570,9	564,28	558,26	551,87	547,01	541,59	537	532,67	528,91	525,99	523,17	521,11	519,11	517,44	516,4
60	587,06	579,7	573,1	567,21	560,94	556,28	550,76	546,15	541,86	538,14	535,33	532,46	530,47	528,54	526,9	525,93
61	595,94	588,64	582,05	576,3	570,16	565,7	560,09	555,46	551,2	547,53	544,84	541,91	539,99	538,14	536,52	535,65
62	604,94	597,72	591,14	585,54	579,53	575,28	569,58	564,93	560,71	557,09	554,51	551,54	549,69	547,91	546,32	545,54
63	614,08	606,93	600,38	594,92	589,05	585,03	579,23	574,56	570,38	566,81	564,36	561,33	559,56	557,86	556,3	555,61
64	623,37	616,29	609,75	604,46	598,73	594,94	589,05	584,35	580,22	576,7	574,38	571,3	569,61	567,99	566,46	565,88
65	632,79	625,79	619,28	614,15	608,57	605,02	599,03	594,31	590,23	586,76	584,58	581,44	579,84	578,31	576,8	576,33
66	642,35	635,44	628,95	623,99	618,57	615,27	609,17	604,44	600,41	597	594,96	591,76	590,26	588,81	587,34	586,97
67	652,06	645,24	638,78	633,99	628,74	625,7	619,5	614,74	610,76	607,42	605,52	602,27	600,86	599,51	598,07	597,81
68	661,91	655,18	648,76	644,15	639,07	636,3	629,99	625,22	621,29	618,02	616,27	612,96	611,65	610,4	608,99	608,85
69	671,92	665,28	658,89	654,48	649,57	647,08	640,66	635,87	632,01	628,8	627,21	623,85	622,63	621,48	620,11	620,1

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 20. *Predicción de tasas de incidencia por cada 100.000 individuos colectivo mujeres*

Año	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
15	8,18	8,13	8,07	8,02	7,97	7,92	7,87	7,82	7,76	7,72
16	9,14	9,08	9,02	8,97	8,91	8,85	8,84	8,74	8,68	8,63
17	10,21	10,15	10,08	10,02	9,96	9,9	9,93	9,77	9,71	9,65
18	11,42	11,35	11,27	11,2	11,14	11,07	11,15	10,93	10,85	10,79
19	12,76	12,68	12,6	12,52	12,45	12,37	12,52	12,22	12,14	12,07
20	14,26	14,18	14,08	14	13,92	13,83	14,06	13,66	13,57	13,49
21	15,94	15,85	15,74	15,65	15,56	15,46	15,79	15,27	15,18	15,09
22	17,82	17,71	17,59	17,49	17,39	17,29	17,73	17,07	16,97	16,88
23	19,92	19,8	19,66	19,55	19,45	19,33	19,91	19,09	18,97	18,87
24	22,26	22,13	21,98	21,86	21,74	21,61	22,36	21,34	21,22	21,1
25	24,88	24,73	24,57	24,43	24,3	24,15	25,11	23,86	23,72	23,6
26	27,81	27,65	27,46	27,31	27,17	27	28,2	26,68	26,53	26,39
27	31,08	30,9	30,69	30,53	30,38	30,19	31,66	29,83	29,66	29,51
28	34,74	34,54	34,31	34,13	33,96	33,75	35,56	33,35	33,17	33,01
29	38,83	38,6	38,35	38,15	37,96	37,73	39,93	37,29	37,09	36,91
30	43,41	43,15	42,86	42,65	42,44	42,18	44,84	41,69	41,47	41,28
31	48,51	48,23	47,91	47,67	47,45	47,16	50,36	46,61	46,37	46,16
32	54,23	53,91	53,55	53,29	53,04	52,72	56,55	52,12	51,85	51,62
33	60,61	60,25	59,85	59,57	59,3	58,94	63,51	58,27	57,98	57,72
34	67,74	67,35	66,9	66,59	66,3	65,89	71,32	65,15	64,83	64,55
35	75,72	75,28	74,77	74,44	74,12	73,66	80,09	72,84	72,49	72,19
36	84,63	84,14	83,57	83,21	82,86	82,35	89,95	81,44	81,06	80,73
37	94,6	94,05	93,41	93,01	92,63	92,06	101,01	91,06	90,64	90,28
38	105,73	105,12	104,41	103,97	103,56	102,92	113,43	101,81	101,35	100,95
39	118,18	117,49	116,7	116,23	115,77	115,06	127,38	113,83	113,33	112,9
40	132,09	131,33	130,44	129,92	129,43	128,63	143,05	127,27	126,72	126,25
41	147,64	146,79	145,8	145,23	144,69	143,8	160,65	142,3	141,7	141,18
42	165,02	164,07	162,96	162,35	161,76	160,77	180,41	159,1	158,44	157,89
43	184,44	183,38	182,15	181,48	180,84	179,73	202,6	177,88	177,17	176,56
44	206,16	204,97	203,59	202,86	202,17	200,93	227,51	198,88	198,11	197,45
45	230,43	229,1	227,56	226,77	226,02	224,63	255,5	222,36	221,52	220,8
46	257,55	256,08	254,35	253,49	252,68	251,13	286,92	248,62	247,69	246,92
47	287,87	286,23	284,3	283,37	282,48	280,75	322,21	277,97	276,97	276,13
48	321,76	319,92	317,77	316,76	315,8	313,86	361,84	310,79	309,7	308,79
49	359,63	357,59	355,18	354,09	353,05	350,88	406,35	347,48	346,3	345,32
50	435,68	433,58	431,46	429,63	427,37	425,18	423,01	420,83	418,74	416,39
51	443,82	441,72	439,6	437,74	435,48	433,25	431,08	428,9	426,77	424,42
52	452,1	450,01	447,9	446	443,75	441,47	439,31	437,13	434,96	432,6
53	460,54	458,46	456,36	454,42	452,17	449,85	447,69	445,51	443,3	440,95
54	469,14	467,07	464,97	463	460,75	458,39	456,23	454,06	451,8	449,45
55	477,9	475,84	473,75	471,74	469,49	467,09	464,93	462,77	460,47	458,12
56	486,83	484,77	482,69	480,64	478,4	475,95	473,8	471,65	469,3	466,95
57	495,92	493,87	491,8	489,72	487,48	484,98	482,85	480,69	478,31	475,95
58	505,18	503,14	501,08	498,96	496,73	494,19	492,06	489,91	487,48	485,13
59	514,61	512,59	510,54	508,38	506,16	503,56	501,45	499,31	496,83	494,49
60	524,22	522,21	520,18	517,97	515,76	513,12	511,01	508,89	506,36	504,02
61	534,01	532,02	530	527,75	525,55	522,86	520,76	518,65	516,07	513,74
62	543,98	542,01	540	537,71	535,53	532,78	530,7	528,6	525,97	523,65
63	554,13	552,18	550,2	547,86	545,69	542,89	540,83	538,74	536,06	533,75
64	564,48	562,55	560,58	558,2	556,05	553,2	551,14	549,07	546,34	544,04
65	575,02	573,11	571,16	568,74	566,6	563,69	561,66	559,6	556,82	554,53
66	585,76	583,87	581,94	579,48	577,35	574,39	572,38	570,34	567,51	565,22
67	596,7	594,83	592,93	590,41	588,31	585,29	583,3	581,28	578,39	576,12
68	607,84	606	604,12	601,56	599,47	596,4	594,43	592,43	589,49	587,23
69	619,19	617,37	615,52	612,91	610,85	607,72	605,77	603,79	600,79	598,56

Fuente: Elaboración propia.

5.1. Comprobación de las tasas de incidencia

Una vez calculadas las tasas de incidencia, en este apartado se pretende demostrar que estas tasas son correctas y coherentes con la realidad. Para ello se busca estudios en los cuales se estiman los nuevos casos de cáncer ocurridos en España con los que poder comparar las estimaciones realizadas por los modelos MIAMOD escogidos.

Una primera comprobación se realiza con las estimaciones que el proyecto REDECAN publicó en 2015 en su estudio *Cancer Incidence in Spain*, 2015 [11].

En este estudio se presentan el número total de casos estimados en la población española para el año 2012 para el colectivo de hombres y el colectivo de mujeres. Estas estimaciones se comparan con el total de nuevos casos calculados por el programa MIAMOD:

Cuadro 21. *Comparación tasas calculadas vs. REDECAN, 2012*

	Hombres		**Mujeres**	
	Casos estimados	**Casos REDECAN**	**Casos estimados**	**Casos REDECAN**
Número de casos	102.792	148.827	83.936	98.944

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que, aunque existen diferencias, ambas estimaciones se aproximan.

La Sociedad Española de Oncología Médica, por su parte, publica cada año el trabajo *Las cifras del cáncer en España*, donde realizan un análisis de la incidencia, prevalencia y mortalidad de los cánceres en España. En su publicación indican los números estimados de nuevos casos obtenidos aplicando las tasas presentadas por el proyecto Globocan 2012 [11] extrapolando los datos de la población española, obtenida en el INE [41].

Cuadro 22. *Comparación tasas calculadas vs. SEOM, 2012*

	Hombres		Mujeres	
	Casos estimados	**Casos SEOM**	**Casos estimados**	**Casos SEOM**
Número de casos	102.792	128.550	83.936	86.984

Fuente: Elaboración propia.

En este caso los datos se aproximan bastante más.

Por último, en el estudio *Gestión integral del riesgo de enfermedades graves y crónicas* [14], los autores calculan tasas de incidencia para la población española contra las que se pueden comparar las tasas de incidencia calculadas en este estudio. Dado que en dicho texto se presentan dos tablas de tasas de incidencia por edad, una para el colectivo de hombres y otra para el colectivo de mujeres, basadas en dos modelos, se pretende aplicar estas tasas a la población en el año 2012, con datos del INE, para obtener el número de nuevos casos que se darían en el año 2012. Los resultados son:

Cuadro 23. *Comparación tasas calculadas vs. GIREGC, 2012*

	Hombres		Mujeres	
	Casos estimados	**Casos GIREGC**	**Casos estimados**	**Casos GIREGC**
Número de casos	102.792	316.264	83.936	159.854

Fuente: Elaboración propia.

En este caso existe una diferencia importante, sobre todo en el caso del colectivo de hombres. Cabe mencionar que en el trabajo de GIREGC utilizan las altas hospitalarias como input para estimar el modelo de cálculo de la incidencia [14], por lo que las tasas serían más altas que las reales al incorporar también los reingresos hospitalarios.

Por tanto, se considera que las tasas calculadas son correctas, aunque podrían llevar a una ligera infratarificación. Sin embargo, la selección que pueden realizar las aseguradoras con los cuestionarios de salud, los recargos aplicados en la tarificación y la Ley de los grandes números supliría esta infratarificación y haría que las tasas sean conservadoras en términos de tarifa.

Por lo que respecta a la enfermedad grave de infarto de miocardio, se comparan las tasas calculadas con las presentadas en el trabajo de GIREC, cogiendo la población en 2012 y aplicando las tasas calculadas para obtener el número de nuevos casos de infarto en 2012:

Cuadro 24. *Nuevos casos de infarto de miocardio calculados vs. GIREGC, 2012*

	Hombres		**Mujeres**	
	Casos estimados	**Casos GIREGC**	**Casos estimados**	**Casos GIREGC**
Número de casos	19.165	20.774	3.469	3.864

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que el número de nuevos casos de infarto es parecido, lo cual es predecible al partir ambos de las altas hospitalarias. No obstante, el método y el rango de datos utilizados hace que las tasas de GIREGC sean superiores a las estimadas en este estudio.

5.2. Tarificación con las tasas de cáncer

En este último apartado se utilizarán las tasas de incidencia calculadas para tarificar varios seguros de vida a modo de ejemplo. En ellos se intenta realizar la tarificación de la prima que va a cobrar el asegurado o de la prestación que hay que pagar al asegurado de varios productos de seguro de vida, tanto de vida riesgo como de vida ahorro.

5.2.1. Probabilidades dependientes e independientes

En este punto se debe hacer referencia a la dependencia que puede existir entre varias causas de salida, en este caso fallecimiento y enfermedad grave de cáncer.

En un modelo simple en el que un individuo solo puede salir por fallecimiento, la probabilidad de defunción viene determinada por una tasa. En este caso, el individuo solo puede pertenecer al colectivo de vivos o al colectivo de fallecidos, y el hecho de estar en uno implica no estar en el otro. Además, solo existe una dirección, de modo que un individuo que esté en el colectivo de vivos puede pasar al colectivo de fallecidos, pero no al revés. Sin embargo, en

un modelo complejo en el que coexisten dos causas de salida (fallecimiento e invalidez, fallecimiento y enfermedad grave, etc.) las relaciones que puede haber entre los distintos colectivos pueden ser variadas.

En un modelo complejo con más de una causa de salida las probabilidades son independientes entre sí cuando se considera que el hecho de salir por una causa (por ejemplo, fallecimiento) no está condicionada por el hecho de salir por la otra causa (por ejemplo, enfermedad grave), es decir, se considera que la salida por la enfermedad grave no se ve afectada por la salida por fallecimiento y viceversa.

Dado que la probabilidad de salida por cada causa es $q_x^k = 1 - \frac{l_{x+1}^k}{l_x^k}$, donde k es cada causa de salida, y que la probabilidad de no salida por ninguna de las causas es $P_x = \frac{l(I,II)_{x+1}}{l_x^{I,II}}$, entonces [1]:

$$*P_x = (1 - q_x^I) * (1 - q_x^{II})$$

Esto significa que, para probabilidades independientes entre sí, la probabilidad de permanencia se puede calcular como el producto de las probabilidades independientes de no eliminación por ninguna de las causas consideradas; esto es, para un individuo del colectivo base (vivos), la probabilidad de seguir perteneciendo a ese colectivo el año que viene es la probabilidad de que no fallezca $(1 - q_x^I)$ y de que no enferme $(1 - q_x^{II})$.

Por otro lado, las probabilidades son dependientes entre ellas cuando se considera la probabilidad de salida de un individuo de determinado colectivo por una causa concreta teniendo en cuenta que podría estar afectado por otras causas de salida [1]. Así, un individuo puede salir por causa de fallecimiento del colectivo de vivos y también puede salir por fallecimiento del colectivo de enfermos.

A diferencia de en las probabilidades independientes donde solo se tiene en cuenta que un individuo puede fallecer o enfermar, en las probabilidades dependientes se tiene en cuenta, a parte de estos dos hechos, que un individuo pueda fallecer después de haberse enfermado.

En el caso de las probabilidades dependientes, suponiendo que existen dos causas de salida *I* y *II*, la probabilidad de salida por cada una de las causas es $*q_x^I = \frac{d_x^{I(II)}}{l_x^{I,II}}$, donde $d_x^{I(II)}$ indica las salidas por la causa *I* teniendo en cuenta la existencia de la causa *II*, y $*q_x^{II} = \frac{d_x^{II(I)}}{l_x^{I,II}}$, donde $d_x^{I(II)}$ indica las salidas por la causa *II* teniendo en cuenta la existencia de la causa *I*. $l_x^{I,II}$ indica el colectivo que puede verse afectado por las causas de salida *I* y *II*. Asimis-

mo, el número de individuos que permanecen en el colectivo de partida será $l^{I,II}_{x+1} = l^{I,II}_x - d^{I(II)}_x - d^{II(I)}_x$.

La probabilidad de que un individuo siga en el colectivo de partida (vivos) después de un año se expresa como:

$$*Px = \frac{l^{I,II}_{x+1}}{l^{I,II}_x} = 1 - *q^I_x - *q^{II}_x$$

Se observa la diferencia entre el cálculo de la probabilidad de un individuo de seguir en el colectivo de vivos al cabo de un año en función de si se realiza con tasas dependientes o independientes.

Dado que se llega al mismo concepto con tasas dependientes e independientes, se puede establecer la siguiente relación entre ellas [1]:

$$(1 - q^I_x) * (1 - q^{II}_x) = (1 - *q^I_x - *q^{II}_x)$$

El modelo se puede complicar más si se asume que se da movimiento entre los colectivos en ambas direcciones. Así, por ejemplo, se podría considerar que un individuo puede pasar del colectivo de vivos al colectivo de enfermos y que puede volver al colectivo de vivos cuando se cure de la enfermedad o que, en caso de introducir la invalidez como causa de salida, un individuo vivo puede pasar al colectivo de enfermos y, de ahí, al colectivo de inválidos, pudiendo volver al colectivo de vivos o de enfermos.

5.2.2. Hipótesis utilizadas

En los ejemplos realizados se han tenido en cuenta las siguientes hipótesis:

- Seguro contratado en el año 2017.
- Asegurado varón de 45 años de edad.
- Tablas de mortalidad: Pasem Unisex.
- Tablas de ahorro PERM/F2000p.
- Cartera de la aseguradora constituida por un 52 % de asegurados varones y un 48 % mujeres.
- Tipo de interés de descuento del 2 % anual.
- Se supone que las probabilidades de fallecimiento y de enfermedad son independientes entre sí.

A partir de la Sentencia Test-Achats[1] [17] se prohíbe tarificar, para nuevos seguros contratados después de diciembre de 2012, con distintos baremos en función del sexo del asegurado, por lo que se calcula las tasas que aplicar a la hora de tarificar realizando el supuesto de que la cartera de la que se dispone se compone de un 52 % de hombres y de un 48 % de mujeres. Así, para cada edad, la tasa a aplicar será el 52 % de la tasa correspondiente a la edad del asegurado en ese momento temporal de un varón y el 48 % de la tasa correspondiente a la edad del asegurado en ese momento temporal de una mujer.

5.2.3. Seguro de vida riesgo con garantías de fallecimiento y enfermedad grave excluyentes

Seguro de vida por el que el asegurado obtiene un capital de 100.000 € si fallece por cualquier causa o se le diagnostica cáncer. Gastos internos de 15,25 % y gastos externos de 30,05 %.

La prima pura anual será:

$$\text{Prima pura} = 100000 * 0{,}00202956 + 100000 * 0{,}001628183 = 365{,}67\ €$$

A su vez, la prima de tarifa anual será:

$$\text{Prima de tarifa} = \frac{365{,}67}{(1 - 30{,}05\,\% - 15{,}25\,\%)} = 668{,}69\ €$$

En el Cuadro 25 se puede observar este mismo cálculo para asegurados de cualquier edad.

[1] El artículo 5, apartado 2, de la Directiva 2004/113/CE del Consejo, de 13 de diciembre de 2004, por la que se aplica el principio de igualdad de trato entre hombres y mujeres al acceso a bienes y servicios y su suministro, se declara inválido con efectos a 21 de diciembre de 2012.

Cuadro 25. *Primas de tarifa en función de la edad para seguros contratados en 2017*

Edad	Prima de Tarifa sin cobertura de cáncer	Prima de Tarifa con cobertura de cáncer
15	65,77	75,76
16	79,62	90,8
17	92,93	105,45
18	94,68	108,69
19	96,97	112,66
20	99,01	116,59
21	100,72	120,4
22	102,44	124,48
23	103,98	128,65
24	105,67	133,3
25	107,16	138,1
26	105,41	140,05
27	103,69	142,48
28	101,64	145,08
29	99,37	148,01
30	97,22	151,69
31	98,19	159,18
32	100,56	168,86
33	105,35	181,84
34	114,09	199,75
35	126,36	222,29
36	141,38	248,8
37	157,97	278,26
38	175,46	310,18
39	195,52	346,39
40	217,86	386,82
41	243,47	432,68
42	272,34	484,24
43	303,41	540,72
44	336,18	601,96
45	371,03	668,69
46	409,03	742,39
47	452,1	825,45
48	499,55	917,69
49	553,4	1.021,71
50	613,2	1.167,44
51	679,65	1.262,68
52	748,37	1.363,02
53	817,52	1.466,96
54	887,94	1.575,72
55	962,14	1.692,23
56	1.040,32	1.817,19
57	1.122,45	1.951,08
58	1.203,23	2.089,24
59	1.279,31	2.228,97
60	1.352,26	2.372,63
61	1.425,3	2.524,3
62	1.499,9	2.686,42
63	1.579,81	2.863,81
64	1.670,72	3.063,4
65	1.778,07	3.292,01
66	1.963,75	3.613,08
67	2.185,04	3.985,62
68	2.448,57	4.418,22
69	2.759,74	4.918,49

Fuente: Elaboración propia.

6. El efecto en Solvencia II

La Normativa Solvencia II implantada en enero de 2016 ha supuesto un cambio en la legislación del sector asegurador, aumentando los requisitos de capitalización de las entidades aseguradoras, la medición de los riesgos que soportan dichas entidades y mejorando la información que las aseguradoras envían a su supervisor y a los consumidores. Con ello, Solvencia II pretende aumentar y mejorar la protección al consumidor a la vez que dotar a las entidades aseguradoras de una mayor solvencia y robustez.

De esta manera, Solvencia II está dividida en tres pilares principales: Pilar I, basado en la medición cuantitativa de los riesgos en los que una empresa incurre en su ejericio habitual, Pilar II, basado en los requisitos cualitativos que una empresa aseguradora debe tener para autoevaluar sus actividades y Pilar III, basado en el suministro de información que una empresa aseguradora ha de remitir a los consumidores y supervisores.

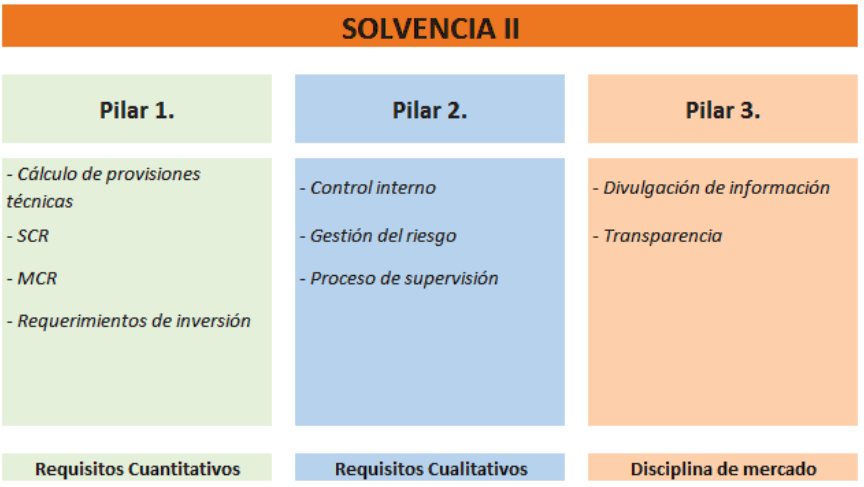

Figura 31. *Pilares de Solvencia II*
Fuente: Elaboración propia.

Dentro del Pilar I (requerimientos de capital), Solvencia II indica los diferentes riesgos que una empresa aseguradora puede estar soportando durante el ejercicio de su actividad habitual:

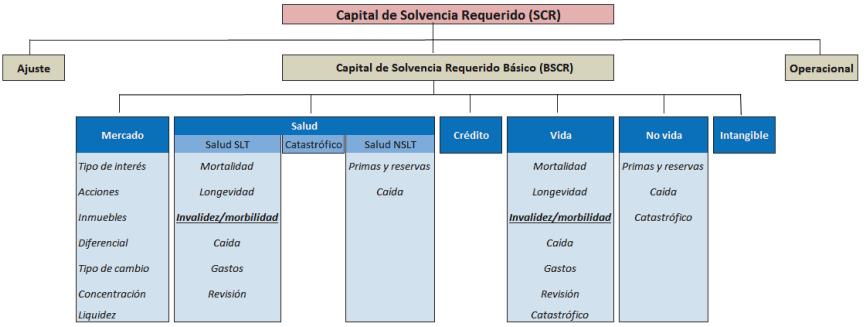

Figura 32. *Mapa de riesgos de Solvencia II*
Fuente: Elaboración propia.

Una de las magnitudes más importantes de este Pilar es el requerimiento de capital (Solvency Capital Requirement, SCR), que indica el capital que una entidad aseguradora debe tener en su colchón de seguridad para poder hacer frente a todas las obligaciones de pago frente a sus tomadores y asegurados que se deriven de los próximos doce meses con una probabilidad del 99,5 %.

Tal y como especifica el Reglamento Delegado (UE) 2015/35 [39], el cálculo del SCR se fundamenta en la agregación del SCR de cada subriesgo mediante una matriz de correlaciones y, como se puede observar en la Figura 32, dentro de los riesgos de suscripción de vida y de salud existe el subriesgo de discapacidad y morbilidad.

El SCR de cada subriesgo en el módulo de vida se calcula como la diferencia entre la mejor estimación de las obligaciones de la empresa aseguradora (BEL_0) y la mejor estimación de las obligaciones de la empresa aseguradora en un escenario estresado (BEL_{stress}). Este estrés aplicado varía en función del submodulo que se esté calculando. A su vez, Solvencia II permite el cálculo del SCR de cuatro maneras diferentes: mediante lo que se denomina fórmula estándar, mediante modelo interno, mediante parámetros propios o mediante simplificaciones.

La fórmula estándar es la manera por defecto de calcular el SCR y, para cada subriesgo, el estrés que se ha de aplicar es el que se indica en el Reglamento Delegado.

En el caso del subriesgo de discapacidad y morbilidad, incluido dentro del riesgo de suscripción del seguro de vida, el Reglamento Delegado indica que el SCR será la pérdida de fondos propios básicos que resulta de una combinación de:

- Un incremento del 35 % de las tasas de discapacidad y morbilidad utilizadas en el cálculo de las provisiones técnicas durante los doce meses siguientes.
- Un incremento del 25 % de las tasas de discapacidad y morbilidad utilizadas en el cálculo de las provisiones técnicas durante todos los meses posteriores a los doce meses siguientes.
- Una disminución del 20 % de las tasas de recuperación de discapacidad y morbilidad utilizadas en el cálculo de las provisiones técnicas, tanto en los doce primeros meses como en el resto de los meses.

Estos porcentajes se calcularon en virtud de un estudio de Watson Wyatt publicado en 2004, en el cual se indicaba que, con un 99,5 % de confianza, en Inglaterra se daría un incremento de entre un 10 % y un 60 % del número de siniestros por enfermedad y discapacidad en doce meses, siendo el 40 % la media [4]. Dado que este aumento les parecía muy alto a varias compañías aseguradoras, se propuso reducir el impacto al 35 % durante el primer año y al 25 % para el resto de los años.

Este incremento de las tasas de discapacidad y morbilidad en dos tramos y el decremento de las tasas de recuperación que se ha escogido en la fórmula estándar puede que no refleje correctamente el comportamiento de la cartera que una entidad aseguradora posee, por lo que se puede optar por utilizar un modelo interno para calcular el SCR de discapacidad morbilidad en el que el estrés utilizado sea coherente con la cartera asegurada o por utilizar la fórmula estándar pero calculando los estreses a aplicar en función de dicha cartera asegurada.

En este apartado se realiza un ejercicio en el que se compara el impacto que tiene la utilización de un Modelo Interno en el cálculo del SCR de discapacidad y morbilidad respecto a la utilización de los estreses indicados en la Fórmula Estándar en el caso de la enfermedad grave cáncer.

6.1. El cálculo de los parámetros específicos en el subriesgo de morbilidad

En el Capítulo 4 se realizó un modelo mediante el cual se estimaron unas tasas de incidencia de la enfermedad grave de cáncer utilizando el programa MIAMOD. En el Capítulo 5 se transformaron esas tasas para utilizarlas a la hora de tarificar un seguro con cobertura por enfermedad grave de cáncer aplicándoles un recargo mediante la realización de un ejercicio de simulación de

Montecarlo y escogiendo aquella tasa que recogiera el 99,5 % de la probabilidad acumulada.

Este ejercicio se puede volver a realizar pero aplicando el enfoque de que el quantil 50 % (las tasas obtenidas por el programa MIAMOD) representa la tasa que aplicar y el quantil 99,5 % representa el estrés que se ha de realizar para calcular el SCR de discapacidad y morbilidad. La elección de estos quantiles se debe a que, en el caso del quantil 50 %, dicha tasa representa la mejor estimación de la probabilidad de que un individuo enferme por cáncer y, en el caso del quantil 99,5 %, dicha tasa representa el VaR al 99,5 % a un año de la probabilidad de un individuo de enfermar por cáncer, que no es ni más ni menos que la suposición base del SCR que hace Solvencia II.

Para simplificar las cosas, se asume que un individuo no puede recuperarse de dicha enfermedad, por lo que no se calcula ni se aplica la reducción de las tasas de discapacidad ni morbilidad que indica el Reglamento Delegado.

Para calcular el estrés que aplicar se ha calculado la diferencia en porcentaje entre el quantil 50 % y el quantil 99,5 % para cada edad, sexo y año de observación. Dado que el porcentaje es diferente en función de estos factores, el estrés que debe aplicarse también variará en función de la edad y sexo del asegurado y del año de observación. Si se ponderan los estreses en función del número de personas en España obtenidos del INE, se tiene que, por ejemplo, para el año 2015 el estrés medio de la cartera sería de un 1,54 %, cifra muy inferior al estrés dado por la fórmula estándar.

Esto se debe a que entre las tasas centrales calculadas por el software MIAMOD y las tasas estresadas existe poca diferencia, sobre todo en el colectivo de mujeres. Se ha de tener en cuenta que la probabilidad de nuevos casos de cáncer es bastante pequeña, de ahí que no se observe mucha variación entre lo esperado al 50 % y lo esperado al 99,5 %.

6.2. Ejemplo práctico: cartera de seguros de vida-riesgo

A modo de complementar el ejercicio teórico realizado en el apartado anterior, se pretende ahora simular un ejemplo práctico en el que se calcula el SCR de suscripción por el subriesgo de discapacidad y morbilidad utilizando la fórmula estándar y se compara con el SCR de suscripción por el subriesgo de discapacidad y morbilidad calculado mediante el estrés estimado en el apartado anterior para una cartera aleatoria de seguros de vida riesgo iguales a los presentados en el apartado 5.2.1. (modelo interno).

Para ello, se han de realizar unas suposiciones para facilitar el cálculo de dicho SCR:

- Los seguros son anuales renovables a prima única pagadera el 1 de enero de cada año.
- Las tablas de tarificación y los gastos internos y externos son los mismos que los empleados en el apartado 5.2.1.
- Para el cálculo de la mejor estimación, la tabla de Best Estimate se construye aplicando las tasas de incidencia calculadas mediante el programa MIAMOD (quantil 50 %) a la tabla PASEM Unisex.
- Para el cálculo de la mejor estimación estresada, la tabla de Best Estimate se construye aplicando las tasas de incidencia calculadas mediante el programa MIAMOD (quantil 99,5 %) a la tabla PASEM Unisex.
- La hipótesis de caída es del 12,5 % anual.
- Los seguros solo pueden renovar hasta el año 2025, ya que es el último en el que se han calculado las tasas de incidencia de la enfermedad grave de cáncer.
- No existe tasa de recuperación. Si un individuo enferma por cáncer no puede volver al colectivo de partida.
- La edad de los asegurados está comprendida entre los 18 y 65 años, ambos inclusive.
- La cartera está formada por 50.000 pólizas.
- El capital asegurado de cada póliza es constante durante todos los años de vigencia.
- La fecha de cálculo del SCR es el 31/12/2012.
- El tipo de interés anual de descuento es del 2 %.

Cuadro 26. *Fórmula Estándar vs. Modelo Interno*

	Central	**Fórmula Estándar**	**Modelo Interno**
BEL	−2.873.620,37 €	−2.158.531,33 €	−2.863.315,13 €
SCR		715.089,04 €	10.305,24 €

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en el Cuadro 26, la mejor estimación de los flujos de pasivo (BEL) de la cartera considerada en el escenario central (−2.873.620,37 €) es inferior, o más negativo, al BEL estresado mediante las tasas indicadas en la fórmula estándar (−2.158.531,33 €) e igualmente inferior al BEL estresado

mediante modelo interno (−2.863.315,13 €). Esto sucede porque el hecho de incrementar las tasas de enfermedad grave (escenario de invalidez/morbilidad) hace que la cuantía necesaria para hacer frente a las obligaciones de pago de la empresa aseguradora sea superior. En este caso, al ser un producto de vida-riesgo en el que los flujos de primas probables son superiores a los flujos de prestaciones probables, los flujos de las BEL son negativos y, por tanto, las BEL son negativas. Así, incrementar las tasas de morbilidad por cáncer hace que las BEL sean menos negativas.

Como se ha dicho anteriormente, el SCR es la diferencia entre las BEL estresado y las BEL central. Así, el SCR mediante fórmula estándar será de 715.089,04 € mientras que el SCR calculado con modelo interno será de 10.305,24 €, cuantía bastante inferior que en fórmula estándar. Por ello, se puede afirmar que calculando el SCR con modelo interno se captura mejor el riesgo de invalidez/morbilidad de la cartera asegurada que calculándolo con la fórmula estándar.

Esta diferencia tan grande sucede a causa de que el estrés aplicado mediante modelo interno está calculado en función de la cartera asegurada, en este caso, para la población española y solamente contempla el riesgo de morbilidad por cáncer, no contemplando el resto de los riesgos de morbilidad ni de invalidez.

Si una entidad aseguradora dispone de productos que tengan, además, garantía por invalidez se debería calcular también el estrés que aplicar en invalidez, aumentando, previsiblemente, el estrés aplicado en el SCR de invalidez/morbilidad por modelo interno y reduciendo la diferencia entre ambos SCR.

7. Conclusiones/Resumen

En este trabajo se ha calculado la incidencia de las enfermedades graves de cáncer e infarto de miocardio para crear con ellas unas tasas que se puedan utilizar para tarificar estas enfermedades en el negocio de los seguros de vida.

Para el caso de la enfermedad grave de cáncer, se ha partido de los datos de fallecimientos y población, ambos obtenidos del Instituto Nacional de Estadística, y de supervivencia relativa, obtenida del proyecto Eurocare-5, de estas enfermedades para, utilizando el software estadístico MIAMOD, calcular las tasas de incidencia, es decir, el número de nuevos casos que sucederán en el año de observación elegido.

Dado que las estimaciones obtenidas mediante el software MIAMOD se encuentran distribuidas en grupos de edad, se han tenido que transformar en tasas para cada edad ajustando un modelo exponencial. Antes de esto, dado que estas estimaciones son una esperanza y gracias a que el software MIAMOD calcula la desviación estándar de estas tasas, se ha realizado una simulación de Montecarlo y se ha escogido aquel número de casos que recogía el 99,5 % de probabilidades, para cada edad y cada año de observación, con el fin de estresar las tasas y hacerlas más conservadoras en términos de tarificación.

El hecho de ajustar un modelo exponencial, aunque su R^2 sea, en todos los casos, superior al 95 %, hace que se pierda parte de información, llevando a obtener unas tasas inferiores que las que deberían ser en edades jóvenes y sobreestimando los nuevos casos en edades elevadas. Por ello y para comprobar la validez de las tasas calculadas, se ha realizado una búsqueda de estudios y trabajos que estimarán la incidencia de los nuevos casos de cáncer para la población española. Se ha encontrado dos estudios principales en los que se estimaron el número de nuevos casos de cáncer en la población española para el año 2012. Se han comparado las tasas calculadas para el año 2012 con los nuevos casos proporcionados para comprobar si existe diferencia significativa entre ambas, constatándose que, aunque las tasas son parecidas en cuantía, las tasas calculadas son inferiores (en el caso de los hombres existe mayor diferencia que en el de las mujeres). Sin embargo, dado que el número de nuevos casos de estos estudios también son estimados, se considera que las tasas calculadas mediante el software MIAMOD son correctas para su utilización en la tarificación para la contingencia de enfermedad grave de cáncer ya que, aunque pueda existir una infratarificación, los cuestionarios de salud que los asegurados deben rellenar antes de contratar un seguro, los recargos que las aseguradoras puedan aplicar y la Ley de los grandes números harán que esta infratarificación desaparezca. Además se ha de tener en cuenta que la supervivencia relativa obtenida del

proyecto EUROCAN está calculada con datos de 2000 a 2007, por lo que las tasas de incidencia obtenidas pueden verse ligeramente afectadas si se utilizan datos de supervivencia relativa actuales.

También se han comparado estas tasas con las disponibles en el estudio *Gestión integral del riesgo de enfermedades graves y crónicas*, en el que se elaboraron unas tablas de tasas que utilizar para la tarificación de las enfermedades graves, viendo que el número de nuevos casos de cáncer calculados mediante estas tasas es muy superior al número de nuevos casos calculados mediante el software MIAMOD a causa de que incorpora los reingresos hospitalarios como nuevos casos.

Para el caso de la enfermedad grave de infarto de miocardio, varios estudios como los de Giampaoli et al. (2001) [12] [13] indican que se puede utilizar el software MIAMOD para estimar su incidencia en la población española, del mismo modo que se ha calculado la incidencia del cáncer. Sin embargo, el hecho de no tener información de la supervivencia relativa de esta enfermedad provoca que se haya de estimar un modelo de curación como paso previo. La estimación de este modelo de curación que calcule la supervivencia relativa va más allá de la ambición del presente trabajo, por lo que se ha optado por calcular un modelo GLM con los datos de las altas hospitalarias que publica el INE. Esta incidencia estimada será superior a la que realmente se espera porque se incluyen los casos de reincidencia hospitalaria por infarto de miocardio.

De la misma manera que en la enfermedad grave de cáncer, se ha comparado el número de nuevos casos de infarto en la población española calculados con las tasas del trabajo *Gestión integral del riesgo de enfermedades graves y crónicas* [14] con el número de nuevos casos calculados con las tasas del modelo GLM estimado y se ha constatado que, aunque ambos estudios parten de los mismos datos, el hecho de escoger mayor número de años de observación y eliminar las altas hospitalarias por cambio de hospital hacen que el número de nuevos casos de infarto sean ligeramente inferiores a los estimados con el modelo presentado en el estudio GIREC.

Posteriormente, en este trabajo se han realizado varios supuestos de tarificación a modo de ejemplo de cómo se pueden utilizar las tasas de incidencia calculadas en el presente trabajo para realizar la tarificación de seguros de vida-riesgo que contemplen una contingencia en caso de que al asegurado se le detecte una enfermedad grave.

Aunque los modelos estimados en este trabajo contemplan las tendencias de incidencia de los últimos años (2000 a 2015), se deberían controlar y calibrar anualmente para garantizar que se incorporen los últimos avances que aparezcan en el campo de la medicina, calidad de vida, epidemias, etc., ya que

si se desarrolla algún medicamento o procedimiento médico que comporte un mayor control de las enfermedades graves de cáncer e infarto de miocardio evitando la aparición de nuevos casos o se da una mejora en la calidad de vida estas tasas darían un número de nuevos casos superior a los que realmente sucederán. De la misma manera, si se da un empeoramiento de la calidad de vida o de la sanidad española que implique un aumento de los casos de cáncer o infarto de miocardio, estas tasas infratarificarían el número de nuevos casos que realmente sucedan.

Por otra parte, estas tasas son adecuadas para la población española en su conjunto, por lo que en función de la cartera de asegurados que una empresa aseguradora tenga puede que exista infratarificación. Por ello se deberían ajustar estas tasas antes de utilizarlas para tarificar.

Por último, para la enfermedad grave de cáncer, se ha analizado el impacto que tendría en Solvencia II el hecho de utilizar las tasas calculadas (modelo interno) a la hora de estimar el capital de solvencia requerido (SCR) por el subriesgo de invalidez/morbilidad respecto a utilizar los estreses que indica la fórmula estándar. Para ello se ha calculado los estreses que aplicar con las tasas de incidencia calculadas y se ha realizado un ejercicio de cálculo del SCR para una cartera de asegurados aleatorios utilizando ambos enfoques y se ha constatado que la utilización del modelo interno implica una medición del riesgo más exacta que con la fórmula estándar.

8. Futuras líneas de investigación

A partir de lo realizado en este trabajo, como posibles futuras líneas de investigación se propone:

- Crear un modelo que estime la supervivencia relativa del infarto de miocardio en la población española para, de este modo, poder utilizar el software MIAMOD y calcular la incidencia de esta enfermedad en la población española de la misma manera que se ha estimado la incidencia de la enfermedad grave de cáncer.
- Estimar la supervivencia relativa de la enfermedad grave de cáncer con datos actuales para comprobar las posibles desviaciones que se den.
- Estimar la incidencia de la enfermedad grave de cáncer por tipología de cáncer para poder tarificar esta contingencia en función de los cánceres que se cubran. Así se podría personalizar los productos de seguro de vida en función de los requerimientos y necesidades de los asegurados.
- Analizar el impacto en el SCR de invalidez/morbilidad e incorporar datos de incidencia de la invalidez en la población española a los datos de incidencia de cáncer. De esta manera se podría medir el impacto real de la utilización del modelo interno respecto a la utilización de la fórmula estándar, ya que el estrés que hay que aplicar según la fórmula estándar también incorpora la previsión del aumento del número de nuevos casos de invalidez.

Referencias

[1] Ayuso, M., Corrales, H., Guillén, M., Pérez-Marín, A. M., Rojo, J. L., *Estadística Actuarial Vida*, Publicacions i Edicions de la Universitat de Barcelona, (2006).

[2] Bernal, M., Romero, F. J., Souza, D. L. B., Gómez-Bernal, F. J., Gómez-Bernal, G. J. *Estimación de las proyecciones de las tasas de incidencia, prevalencia y mortalidad por cáncer de próstata en Aragón (España)*, Actas Urológicas Españolas, 35(8), (2011), 470-474.

[3] Browning, M., Crawford, I., Knoef, M. *The age-period-cohort model: set identification and point identification*.

[4] CEIPOS, *QIS 3, Calibration of the underwriting risk, market risk and MCR*, (2007).

[5] Clèries, R., Ribes P., Moreno, V., Esteban, L., Pareja L., Gálvez, J., Martínez, J. M., Bosch, F. X, Borràs, J. M. *Cálculo de la supervivencia relativa. Comparación de métodos de estimación de la supervivencia esperada*, Gaceta Sanitaria, vol. 20, (2006), 325-331.

[6] De Angelis, G., De Angelis, R., Frova, L., Verdecchia, A. *MIAMOD: a computer package to estimate chronic disease morbidity using mortality and survival data*, Computer methods and programs in Biomedicine, 44, (1994), 99-107.

[7] De Angelis R., Sant M., Coleman M. P., Francisci S., Baili P., Pierannunzio D., Trama A., Visser O., Brenner H., Ardanaz E., Bielska-Lasota M., Engholm G., Nennecke A., Siesling S., Berrino F., Capocaccia R., *Cancer survival in Europe 1999-2007 by country and age: results of EUROCARE-5-a population-based study*, Lancet Oncology, 15, (2014), 23-34.

[8] Decarli, A., La Vecchia, C. *Age, period and cohort models: review of knowledge and implementation in GLIM*, Rivista di Statística Applicata, 20, núm. 1, (1987), 397-410.

[9] Del Ser, M. C., Aznar, E. G. C., Bernal, M., *Incidencia, prevalencia y mortalidad del cáncer ovárico en Aragón: estimativas y proyecciones para el período de 1998 a 2022*, Medicina naturista, (2012), 109-116.

[10] Forman, D., Bray, F., Brewster, D. H., Gombe Mbalawa, C., Kohler, B., Piñeros, M., Steliarova-Foucher, E., Swaminathan, R., Ferlay, J. *Cancer Incidence in Five Continents*, Volume X, IARC Scientific Publications, 164, (2014).

[11] Galceran, J., Ameijide, A., Carulla, M. et al. *Cancer incidence in Spain, 2015*, Clinical and Translational Oncology, 19, (2017), 799-825.

[12] Giampaoli, S., Palmieri, L., Capoaccia, R., Pilotto, L., Vanuzzo, D. *Estimating population-based incidence and prevalence of major coronary events*, International Journal of Epidemiology, 30, (2001), S5-S10.

[13] Giampaoli, S., Palmieri, L., Pilotto, L., Vanuzzo, D. *Incidence and prevalence of ischemic heart disease in Italy: estimates form the MIAMOD method*, Italian Heart Journal, 2, (2001), 349-355.

[14] Grupo de Investigación Bioactuarial de la Asociación Española de Gerencia de Riesgos y Seguros*Gestión Integral del Riesgo de Enfermedades Graves y Crónicas*, (2016), ISBN 978-6085537-8.

[15] http://ci5.iarc.fr/CI5I-X/Pages/download.aspx, consultado el 5 de agosto de 2017.

[16] http://eco.iarc.fr/EUCAN/Default.asp, consultada el 23 de febrero de 2018.

[17] http://europa.eu/rapid/press-release_IP-11-1581_es.htm, consultada el 21 de junio de 2018.

[18] http://globocan.iarc.fr/Default.aspx, consultada el 23 de abril de 2018.

[19] https://onlinecourses.science.psu.edu/stat504/node/216, consultada el 25 de febrero de 2018.

[20] https://w3.iss.it/site/EU5Results/forms/SA0007.aspx, consultado el 19 de agosto de 2017.

[21] https://www.aecc.es, consultado el 19 de enero de 2018.

[22] https://www.fisterra.com/mbe/investiga/supervivencia/, consultada el 17 de marzo de 2018.

[23] http://www.innovaasistencial.com/blog/enfermedad-grave/, consultada el 17 de diciembre de 2017.

[24] http://www.laboral-social.com/permisos-retribuidos-cuando-es-grave-enfermedad-pariente.html, consultada el 17 de diciembre de 2017.

[25] https://www.mailman.columbia.edu/research/population-health-methods/age-period-cohort-analysis, consultado el 10 de marzo de 2018.

[26] http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs297/es/, consultado el 19 de enero de 2018.

[27] Instituto Nacional de Estadística, *Defunciones según la Causa de Muerte, Año 2016*, Notas de prensa del INE, (2017).

[28] Kuang, D., Nielsen, B., Nielsen, J. P. *Identification of the age-period-cohort model and the extended chain-ladder model*, Biometrika, 95, (2008), 979-986.

[29] McCullagh, P. and Nelder, J. A. *Generalized Linear Models. 2nd Edition*, Chapman and Hall, London, (1989).

[30] Mezzetti, M., Robertson, C. *A hierarchical Bayesian approach to age-specific back-calculation of caner incidence rates*, Statitics in Medecine, 18(8), (1999), 919-933.

[31] Moreno, V., González, J. R., Soler, M. et al. *Estimación de la incidencia de cáncer en España: período 1993-1996*, Gaceta Sanitaria, 15, (2001), 380-388.

[32] Nelson, C. P., Lambert, P. C., Squire, I. B., Jones, D. R. *Relative survival: what can cardiovascular disease learn from cancer?*, European Heart Journal, 29, (2008), 941-947.

[33] Nielsen, B. *apc: An R Package for Age-Period-Cohort Analysis*, The R journal, 7, (2015), 52-64.

[34] Nielsen, B. *Deviance analysis of age-period-cohort models*, Nuffield Discussion Paper 2014-W03, (2014).

[35] Ocaña-Riola, R., Martínez-García, C., *Predicción de las tasas de incidencia y mortalidad por cáncer en España para el año 2000*, Atención Primaria, 24, (1999), 563-568.

[36] Real Decreto 304/2004, de 20 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento de planes y fondos de pensiones, BOE, núm. 48, (2004).

[37] Real Decreto 1148/2011, de 29 de julio, para la aplicación y desarrollo, en el sistema de la Seguridad Social, de la prestación económica por cuidado de menores afectados por cáncer u otra enfermedad grave, BOE, núm. 182, (2011).

[38] Real Decreto 62/2018, de 9 de febrero, por el que se modifica el Reglamento sobre la instrumentaci□n de los compromisos por pensiones de las empresas con los trabajadores y beneficiarios, aprobado por el Real Decreto 1588/1999, de 15 de octubre, y el Reglamento de planes y fondos de pensiones, aprobado por el Real Decreto 304/2004, de 20 de febrero, (2018).

[39] Reglamento Delegado (UE) 2015/35 de la Comisión de 10 de octubre de 2014 por el que se completa la Directiva 2009/138/CE del Parlamento Europeo y del Consejo sobre el acceso a la actividad de seguro y de reaseguro y su ejercicio (Solvencia II), (2015).

[40] Sánchez, M. J., Prayer, T., De Angelis, R., Larrañaga, N., Capocaccia, R., Martínez, C. *Cancer incidence and mortality in Spain: estimates and projections for the period 1981-2012*, Annals of Oncology, 21, (2010), 30-36.

[41] Sociedad Española de Oncología Médica (SEOM), *Las Cifras del Cáncer en España 2018*.

[42] Thygesen K., Alpert J. S., Jaffe A. S., Simoons M. L., Chaitman B. R., White H. D, *Expert Consensus Document: Third universal definition of myocardial infarction*, Nat Rev Cardiol advance online publication, (2012).

[43] Ventura, L., Mezzetti, M. *Estimating cancer incidence using a Bayesian back-calculation approach*, Statist Med., 33, (2014), 4453-4468.

[44] Verdecchia, A., Capocaccia, R., Edigi, V., Golini, A. *A method for the estimation of chronic disease morbidity and trends from mortality data*, Statist Med., 8, (1989), 201-216.

[45] Verdecchia, A., De Angelis, A., Franceschi, S. *A method for ascertaining the quality of cancer registry data*, Revista Cubana Salud Pública, 30, 2, (2004).

[46] www.cancer.gov, consultado el 19 de enero de 2018.

ANEXO

A. Los modelos de incidencia del cáncer de colon

En los siguientes cuadros se muestran las comparativas entre los nuevos casos de cáncer de colon reales obtenidos del CI-5 y los nuevos casos de cáncer de colon calculados mediante el programa MIAMOD con datos del INE.

Cuadro 27. *Incidencia estimada vs. incidencia real. Cáncer de colon en Albacete*

	Hombres (4,1,0)		**Mujeres (1,0,0)**	
	Casos estimados	**Casos reales**	**Casos estimados**	**Casos reales**
0 a 4 años	0	0	0	0
5 a 9 años	0	0	0	0
10 a 14 años	0	0	0	0
15 a 19 años	1	0	0	0
20 a 24 años	1	1	1	0
25 a 29 años	2	0	1	0
30 a 34 años	3	2	2	1
35 a 39 años	5	2	3	2
40 a 44 años	8	3	4	4
45 a 49 años	11	11	6	12
50 a 54 años	14	22	8	8
55 a 59 años	20	21	12	10
60 a 64 años	28	32	18	18
65 a 69 años	44	44	30	28
70 a 74 años	67	70	52	39
75 a 79 años	84	78	72	50
80 a 84 años	79	62	81	55
85+ años	53	32	66	46

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 28. *Incidencia estimada vs. incidencia real. Cáncer de colon en Asturias*

	Hombres (2,0,0)		Mujeres (1,0,0)	
	Casos estimados	**Casos reales**	**Casos estimados**	**Casos reales**
0 a 4 años	0	0	0	0
5 a 9 años	0	0	0	0
10 a 14 años	0	0	1	1
15 a 19 años	0	0	1	0
20 a 24 años	1	0	2	0
25 a 29 años	2	2	4	2
30 a 34 años	5	3	7	3
35 a 39 años	10	3	10	10
40 a 44 años	22	17	17	23
45 a 49 años	44	33	28	37
50 a 54 años	78	67	39	57
55 a 59 años	129	129	58	67
60 a 64 años	171	153	72	79
65 a 69 años	269	214	117	94
70 a 74 años	453	348	215	186
75 a 79 años	510	349	297	229
80 a 84 años	437	247	346	196
85+ años	239	140	298	191

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 29. *Incidencia estimada vs. incidencia real. Cáncer de colon en Baleares*

	Hombres (0,0,1)		Mujeres (0,0,1)	
	Casos estimados	**Casos reales**	**Casos estimados**	**Casos reales**
0 a 4 años	0	0	0	0
5 a 9 años	0	0	0	0
10 a 14 años	0	0	0	0
15 a 19 años	1	0	1	1
20 a 24 años	2	1	2	0
25 a 29 años	5	1	4	2
30 a 34 años	9	6	7	1
35 a 39 años	13	11	10	6
40 a 44 años	20	17	14	8
45 a 49 años	29	24	20	30
50 a 54 años	43	39	28	36
55 a 59 años	66	66	41	48
60 a 64 años	87	79	52	58
65 a 69 años	120	94	74	67
70 a 74 años	169	171	113	96
75 a 79 años	192	142	148	101
80 a 84 años	176	89	166	93
85+ años	105	76	136	103

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 30. *Incidencia estimada vs. incidencia real. Cáncer de colon en Canarias*

	Hombres (2,0,3)		Mujeres (0,0,3)	
	Casos estimados	**Casos reales**	**Casos estimados**	**Casos reales**
0 a 4 años	0	0	0	0
5 a 9 años	0	0	0	0
10 a 14 años	0	0	0	0
15 a 19 años	0	0	0	0
20 a 24 años	0	0	0	0
25 a 29 años	1	1	0	1
30 a 34 años	3	3	2	4
35 a 39 años	11	8	4	9
40 a 44 años	26	17	9	26
45 a 49 años	48	35	12	25
50 a 54 años	78	68	14	50
55 a 59 años	115	81	18	63
60 a 64 años	152	136	21	102
65 a 69 años	194	173	28	82
70 a 74 años	253	177	40	136
75 a 79 años	245	146	51	118
80 a 84 años	215	130	59	116
85+ años	163	62	54	95

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 31. *Incidencia estimada vs. incidencia real. Cáncer de colon en Ciudad Real*

	Hombres (1.0.4)		Mujeres (0.0.1)	
	Casos estimados	**Casos reales**	**Casos estimados**	**Casos reales**
0 a 4 años	0	0	0	0
5 a 9 años	0	0	0	0
10 a 14 años	0	0	0	0
15 a 19 años	0	1	1	0
20 a 24 años	0	0	1	0
25 a 29 años	0	0	2	0
30 a 34 años	1	1	3	2
35 a 39 años	2	1	4	4
40 a 44 años	6	6	7	5
45 a 49 años	12	14	9	17
50 a 54 años	21	15	11	16
55 a 59 años	33	18	17	17
60 a 64 años	44	49	25	26
65 a 69 años	67	65	44	45
70 a 74 años	100	70	74	63
75 a 79 años	120	104	98	62
80 a 84 años	118	73	105	70
85+ años	66	50	77	67

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 32. *Incidencia estimada vs. incidencia real. Cáncer de colon en Cuenca*

	Hombres (0,0,1)		Mujeres (1,0,1)	
	Casos estimados	**Casos reales**	**Casos estimados**	**Casos reales**
0 a 4 años	0	0	0	0
5 a 9 años	0	0	0	0
10 a 14 años	0	0	0	0
15 a 19 años	0	0	0	1
20 a 24 años	1	0	0	0
25 a 29 años	1	0	0	0
30 a 34 años	2	0	0	0
35 a 39 años	3	0	1	2
40 a 44 años	5	2	1	1
45 a 49 años	6	5	1	4
50 a 54 años	7	12	2	3
55 a 59 años	10	11	3	11
60 a 64 años	14	19	6	5
65 a 69 años	24	32	11	13
70 a 74 años	39	45	20	23
75 a 79 años	45	48	27	32
80 a 84 años	40	50	30	42
85+ años	23	28	20	32

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 33. *Incidencia estimada vs. incidencia real. Cáncer de colon en Granada*

	Hombres (0,0,2)		Mujeres (0,0,3)	
	Casos estimados	**Casos reales**	**Casos estimados**	**Casos reales**
0 a 4 años	0	0	0	0
5 a 9 años	0	0	0	0
10 a 14 años	0	0	0	0
15 a 19 años	1	0	0	0
20 a 24 años	2	0	0	1
25 a 29 años	4	2	0	0
30 a 34 años	7	4	1	2
35 a 39 años	13	6	5	7
40 a 44 años	22	10	12	10
45 a 49 años	32	23	21	18
50 a 54 años	44	38	31	40
55 a 59 años	66	61	47	48
60 a 64 años	90	79	62	55
65 a 69 años	136	114	90	75
70 a 74 años	198	180	128	97
75 a 79 años	193	137	143	111
80 a 84 años	142	93	137	94
85+ años	68	40	101	59

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 34. *Incidencia estimada vs. incidencia real. Cáncer de colon en La Rioja*

	Hombres (2,3,0)		Mujeres (0,0,1)	
	Casos estimados	**Casos reales**	**Casos estimados**	**Casos reales**
0 a 4 años	0	0	0	0
5 a 9 años	0	0	0	0
10 a 14 años	0	0	0	0
15 a 19 años	0	0	0	0
20 a 24 años	0	0	0	0
25 a 29 años	1	0	0	0
30 a 34 años	2	0	1	2
35 a 39 años	5	1	1	2
40 a 44 años	7	4	2	4
45 a 49 años	10	7	3	9
50 a 54 años	13	23	5	14
55 a 59 años	20	21	9	17
60 a 64 años	27	32	13	19
65 a 69 años	40	55	23	24
70 a 74 años	73	67	43	55
75 a 79 años	94	79	64	44
80 a 84 años	97	62	79	59
85+ años	54	29	63	50

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 35. *Incidencia estimada vs. incidencia real. Cáncer de colon en Murcia*

	Hombres (0,0,1)		Mujeres (0,0,2)	
	Casos estimados	**Casos reales**	**Casos estimados**	**Casos reales**
0 a 4 años	0	0	0	0
5 a 9 años	0	0	0	0
10 a 14 años	1	0	0	0
15 a 19 años	2	0	0	0
20 a 24 años	5	1	1	0
25 a 29 años	10	3	2	2
30 a 34 años	15	5	5	7
35 a 39 años	23	16	9	20
40 a 44 años	31	22	14	21
45 a 49 años	42	50	21	43
50 a 54 años	56	79	32	53
55 a 59 años	80	115	52	79
60 a 64 años	106	138	74	99
65 a 69 años	167	210	121	147
70 a 74 años	240	273	184	198
75 a 79 años	267	249	226	223
80 a 84 años	214	188	210	166
85+ años	106	96	137	126

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 36. *Incidencia estimada vs. incidencia real. Cáncer de colon en Navarra*

	Hombres (0,3,2)		Mujeres (0,3,2)	
	Casos estimados	**Casos reales**	**Casos estimados**	**Casos reales**
0 a 4 años	0	0	0	0
5 a 9 años	0	0	0	0
10 a 14 años	0	0	0	0
15 a 19 años	0	0	0	0
20 a 24 años	0	2	1	1
25 a 29 años	1	1	2	0
30 a 34 años	3	1	4	3
35 a 39 años	7	6	7	4
40 a 44 años	13	13	11	14
45 a 49 años	23	21	15	23
50 a 54 años	37	29	21	26
55 a 59 años	60	69	31	35
60 a 64 años	79	81	39	48
65 a 69 años	102	73	51	45
70 a 74 años	145	157	78	73
75 a 79 años	154	142	96	96
80 a 84 años	124	139	98	87
85+ años	61	53	71	96

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 37. *Incidencia estimada vs. incidencia real. Cáncer de colon en País Vasco*

	Hombres (0,2,3)		Mujeres (2,0,3)	
	Casos estimados	**Casos reales**	**Casos estimados**	**Casos reales**
0 a 4 años	0	0	0	0
5 a 9 años	0	0	0	0
10 a 14 años	0	0	0	0
15 a 19 años	0	0	1	0
20 a 24 años	0	1	2	1
25 a 29 años	1	2	5	3
30 a 34 años	5	4	10	7
35 a 39 años	16	19	18	13
40 a 44 años	40	38	31	40
45 a 49 años	83	100	48	67
50 a 54 años	147	174	68	104
55 a 59 años	248	292	101	138
60 a 64 años	313	358	122	164
65 a 69 años	420	417	174	220
70 a 74 años	578	659	269	318
75 a 79 años	532	614	339	369
80 a 84 años	316	414	368	326
85+ años	82	212	321	326

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 38. *Incidencia estimada vs. incidencia real. Cáncer de colon en Tarragona*

	Hombres (3,0,0)		Mujeres (0,1,2)	
	Casos estimados	**Casos reales**	**Casos estimados**	**Casos reales**
0 a 4 años	0	0	0	0
5 a 9 años	0	0	0	0
10 a 14 años	0	0	0	0
15 a 19 años	0	0	0	0
20 a 24 años	0	1	1	0
25 a 29 años	1	1	1	3
30 a 34 años	4	3	2	1
35 a 39 años	8	10	4	9
40 a 44 años	14	12	7	16
45 a 49 años	26	30	12	21
50 a 54 años	42	62	19	42
55 a 59 años	66	84	31	44
60 a 64 años	86	102	41	64
65 a 69 años	120	135	65	100
70 a 74 años	172	173	105	110
75 a 79 años	201	181	132	137
80 a 84 años	194	153	136	106
85+ años	128	92	93	100

Fuente: Elaboración propia.

B. Likelihood Ratio Statistic de los modelos estimados de cáncer para la población española

En los Cuadros 39 y 40 se observan los LRS de los modelos estimados mediante el programa MIAMOD para el colectivo de hombres y de mujeres, respectivamente.

Cuadro 39. *LRS de los modelos estimados colectivo hombres*

Modelo	Número de variables	LRS	Modelo	Número de variables	LRS	Modelo	Número de variables	LRS
(0.0.0)	1	3.862.356,7	(1.2.5)	9	9.567,8	(3.4.2)	10	6.190,9
(0.0.1)	2	263.128,4	(1.2.6)	10	9.500,1	(3.5.0)	9	29.887,3
(0.0.2)	3	208.071,5	(1.2.8)	12	11.091,2	(3.5.1)	10	29.885,9
(0.0.3)	4	127.273,7	(1.3.0)	5	11.112,3	(3.6.0)	10	6.885,5
(0.0.4)	5	99.716,1	(1.3.1)	6	11.112,3	(4.0.0)	5	12.551,1
(0.0.5)	6	69.628,9	(1.3.2)	7	10.946,5	(4.0.1)	6	20.475,3
(0.0.6)	7	54.898,6	(1.3.3)	8	10.241	(4.0.2)	7	11.097,3
(0.0.7)	8	45.468,6	(1.3.4)	9	9.369,1	(4.0.3)	8	9.559,6
(0.0.8)	9	45.189,3	(1.3.5)	10	*Infinito*	(4.0.4)	9	6.476,9
(0.0.9)	10	39.588	(1.4.0)	6	29.907,5	(4.0.5)	10	8.820,2
(0.0.10)	11	*Infinito*	(1.4.1)	7	29.907,5	(4.1.0)	6	20.550,7
(0.1.0)	2	24.193,6	(1.4.2)	8	29.907,4	(4.1.1)	7	20.475,3
(0.1.1)	3	23.556,1	(1.4.3)	9	9.996,3	(4.1.2)	8	11.097,3
(0.1.2)	4	19.882,2	(1.4.4)	10	*Infinito*	(4.1.3)	9	9.559,6
(0.1.3)	5	18.065,6	(1.5.0)	7	29.903,3	(4.1.4)	10	6.476,9
(0.1.4)	6	14.650,7	(1.5.1)	8	29.903,3	(4.1.5)	11	8.820,2
(0.1.5)	7	14.492,9	(1.5.2)	9	29.903,2	(4.2.0)	7	7.026
(0.1.6)	8	14.492,6	(1.5.3)	10	*Infinito*	(4.2.1)	8	7.026
(0.1.7)	9	14.487,5	(1.6.0)	8	29.903,4	(4.2.2)	9	6.130,7
(0.1.8)	10	14.443,7	(1.6.1)	9	29.903,4	(4.2.3)	10	12.670,4
(0.1.9)	11	*Infinito*	(1.6.2)	10	*Infinito*	(4.2.4)	11	10.146
(0.2.0)	3	22.895	(1.7.0)	9	29.902,4	(4.3.0)	8	6.608,2
(0.2.1)	4	18.676,8	(1.7.1)	10	29.902,4	(4.3.1)	9	6.608,2
(0.2.2)	5	17.455,1	(1.8.0)	10	29.903,3	(4.3.2)	10	6.454,2
(0.2.3)	6	18.039,4	(2.0.0)	3	3.859.664	(4.3.3)	11	12.569
(0.2.4)	7	10.838,4	(2.0.1)	4	21.529,2	(4.4.0)	9	*Infinito*
(0.2.5)	8	9.567,5	(2.0.2)	5	16.966,1	(4.4.1)	10	6.004,3
(0.2.6)	9	14.825,6	(2.0.3)	6	16.064,2	(4.4.2)	11	5.920,6
(0.2.7)	10	60.699,5	(2.0.4)	7	13.668,6	(4.4.3)	12	9.311,2
(0.2.8)	11	11.091,2	(2.0.5)	8	35.011,4	(4.5.0)	10	*Infinito*
(0.2.9)	12	*Infinito*	(2.0.6)	9	36.399,6	(4.5.2)	12	9.088,2
(0.3.0)	4	30.044,3	(2.0.7)	10	35.110,9	(5.0.0)	6	12.196,9
(0.3.1)	5	11.112,3	(2.0.8)	11	*Infinito*	(5.0.1)	7	20.051,8
(0.3.2)	6	10.946,5	(2.1.0)	4	21.529,3	(5.0.2)	8	11.019,3
(0.3.3)	7	10.241	(2.1.1)	5	21.529,2	(5.0.3)	9	6.374,3
(0.3.4)	8	9.369,1	(2.1.2)	6	16.966,1	(5.0.4)	10	13.747,3
(0.3.5)	9	*Infinito*	(2.1.3)	7	16.064,2	(5.1.0)	7	20.021,2
(0.3.6)	10	14.977	(2.1.4)	8	13.668,6	(5.1.1)	8	20.051,8
(0.3.7)	11	*Infinito*	(2.1.5)	9	35.011,4	(5.1.2)	9	11.019,3
(0.3.8)	12	*Infinito*	(2.1.6)	10	36.399,6	(5.1.3)	10	6.374,3
(0.4.0)	5	21.845	(2.2.0)	5	17.178,8	(5.1.4)	11	13.747,3
(0.4.1)	6	29.907,5	(2.2.1)	6	17.178,8	(5.2.0)	8	6.417,6

Modelo	Número de variables	LRS	Modelo	Número de variables	LRS	Modelo	Número de variables	LRS
(0.4.2)	7	29.907,4	(2.2.2)	7	17.110,2	(5.2.1)	9	6.417,6
(0.4.3)	8	9.996,3	(2.2.3)	8	13.329,3	(5.2.2)	10	12.563
(0.4.4)	9	29.900,5	(2.2.4)	9	863.507,4	(5.2.3)	11	12.562,3
(0.4.5)	10	29.904,5	(2.2.5)	10	9.163,6	(5.3.0)	9	6.588
(0.5.0)	6	29.916,5	(2.3.0)	6	10.929,3	(5.3.1)	10	*Infinito*
(0.5.1)	7	29.903,3	(2.3.1)	7	10.929,3	(5.3.2)	11	12.562,5
(0.5.2)	8	29.903,2	(2.3.2)	8	10.161,8	(5.4.0)	10	5.913,5
(0.5.3)	9	*Infinito*	(2.3.3)	9	12.824,8	(5.4.1)	11	5.913,7
(0.5.4)	10	29.899,7	(2.3.4)	10	*Infinito*	(5.4.2)	12	*Infinito*
(0.6.0)	7	21.665,9	(2.4.0)	7	29.891	(5.5.0)	11	*Infinito*
(0.6.1)	8	29.903,4	(2.4.1)	8	29.891	(6.0.0)	7	11.388,2
(0.6.2)	9	*Infinito*	(2.4.2)	9	29.888,2	(6.0.1)	8	20.690,4
(0.6.3)	10	*Infinito*	(2.4.3)	10	29.888,1	(6.0.2)	9	16.171,8
(0.7.0)	8	45.468,6	(2.5.0)	8	*Infinito*	(6.0.3)	10	*Infinito*
(0.7.1)	9	29.902,4	(2.5.1)	9	*Infinito*	(6.1.0)	8	20.656,6
(0.7.2)	10	29.914,8	(2.5.2)	10	29.885,1	(6.1.1)	9	20.690,4
(0.8.0)	9	21.847,6	(2.6.0)	9	9.791,8	(6.1.2)	10	16.171,8
(0.8.1)	10	29.903,3	(2.6.1)	10	9.783,7	(6.1.3)	11	*Infinito*
(0.9.0)	10	*Infinito*	(2.7.0)	10	29.913	(6.2.0)	9	6.020,5
(1.0.0)	2	372.2357	(3.0.0)	4	3.690.542,5	(6.2.1)	10	6.020,5
(1.0.1)	3	23.556,1	(3.0.1)	5	20.607	(6.2.2)	11	*Infinito*
(1.0.2)	4	19.882,2	(3.0.2)	6	11.592,6	(6.3.0)	10	6.588,2
(1.0.3)	5	18.065,6	(3.0.3)	7	9.743,7	(6.3.1)	11	6.587,9
(1.0.4)	6	14.650,7	(3.0.4)	8	7.396,5	(6.4.0)	11	*Infinito*
(1.0.5)	7	14.492,9	(3.0.5)	9	34.979,1	(7.0.0)	8	11.208,4
(1.0.6)	8	14.492,6	(3.0.6)	10	*Infinito*	(7.0.1)	9	19.153,6
(1.0.7)	9	14.487,5	(3.1.0)	5	20.607,2	(7.0.2)	10	11.001,6
(1.0.8)	10	14.443,8	(3.1.1)	6	20.607	(7.0.3)	11	*Infinito*
(1.0.9)	11	*Infinito*	(3.1.2)	7	11.592,6	(7.1.0)	9	19.149,2
(1.1.0)	3	23.556,1	(3.1.3)	8	9.743,7	(7.1.1)	10	19.153,6
(1.1.1)	4	23.556,1	(3.1.4)	9	7.396,5	(7.1.2)	11	11.001,6
(1.1.2)	5	19.882,2	(3.1.5)	10	34.979,1	(7.2.0)	10	5.800,5
(1.1.3)	6	18.065,6	(3.2.0)	6	7.026,5	(7.2.1)	11	*Infinito*
(1.1.4)	7	14.650,7	(3.2.1)	7	7.026,5	(7.3.0)	11	*Infinito*
(1.1.5)	8	14.492,9	(3.2.2)	8	12.690,7	(8.0.0)	9	11.158,8
(1.1.6)	9	14.492,6	(3.2.3)	9	12.683,6	(8.0.1)	10	21.805,1
(1.1.7)	10	14.487,5	(3.2.4)	10	10.321,5	(8.0.2)	11	*Infinito*
(1.1.8)	11	14.443,8	(3.3.0)	7	10.887,1	(8.1.0)	10	19.145,7
(1.2.0)	4	18.676,8	(3.3.1)	8	6.889,1	(8.2.0)	11	5.774,3
(1.2.1)	5	18.676,8	(3.3.2)	9	12.676,1	(8.2.1)	12	5.774,3
(1.2.2)	6	17.455,1	(3.3.3)	10	12.586,5	(8.3.0)	12	29.881,8
(1.2.3)	7	18.452,3	(3.4.0)	8	29.887,6	(9.0.0)	10	*Infinito*
(1.2.4)	8	10.838,4	(3.4.1)	9	29.887,6	(9.2.0)	12	*Infinito*

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 40. *LRS de los modelos estimados colectivo mujeres*

Modelo	Número de variables	LRS	Modelo	Número de variables	LRS	Modelo	Número de variables	LRS
(0.0.0)	1	1.798.447,5	(1.2.5)	6.430,5	9	(3.4.2)	4.400,9	10
(0.0.1)	2	135.828,4	(1.2.6)	5.888,7	10	(3.5.0)	*Infinito*	9
(0.0.2)	3	*Infinito*	(1.2.8)	*Infinito*	12	(3.5.1)	*Infinito*	10
(0.0.3)	4	58.237,9	(1.3.0)	7.062,8	5	(3.6.0)	*Infinito*	10
(0.0.4)	5	*Infinito*	(1.3.1)	7.062,8	6	(4.0.0)	10.569,3	5
(0.0.5)	6	*Infinito*	(1.3.2)	*Infinito*	7	(4.0.1)	12.013,6	6
(0.0.6)	7	22.867,1	(1.3.3)	6.400,7	8	(4.0.2)	8.807,7	7
(0.0.7)	8	*Infinito*	(1.3.4)	7.928,4	9	(4.0.3)	13.772,2	8
(0.0.8)	9	172.039,6	(1.3.5)	6.106,3	10	(4.0.4)	7.078,7	9
(0.0.9)	10	20.467,8	(1.4.0)	6.934,6	6	(4.0.5)	13.763	10
(0.0.10)	11	*Infinito*	(1.4.1)	6.934,6	7	(4.1.0)	12.013,6	6
(0.1.0)	2	13.303,7	(1.4.2)	*Infinito*	8	(4.1.1)	12.013,6	7
(0.1.1)	3	13.304,3	(1.4.3)	8.602,3	9	(4.1.2)	8.807,7	8
(0.1.2)	4	13.270,4	(1.4.4)	7.242,1	10	(4.1.3)	13.772,2	9
(0.1.3)	5	13.032,1	(1.5.0)	*Infinito*	7	(4.1.4)	7.078,7	10
(0.1.4)	6	9.517,6	(1.5.1)	*Infinito*	8	(4.1.5)	*Infinito*	11
(0.1.5)	7	9.308,2	(1.5.2)	10.533	9	(4.2.0)	5.639,7	7
(0.1.6)	8	9.279,7	(1.5.3)	7.138,7	10	(4.2.1)	5.639,7	8
(0.1.7)	9	13.452	(1.6.0)	10.544,2	8	(4.2.2)	4.811,8	9
(0.1.8)	10	599.153,2	(1.6.1)	10.544,2	9	(4.2.3)	8.533,7	10
(0.1.9)	11	*Infinito*	(1.6.2)	*Infinito*	10	(4.2.4)	*Infinito*	11
(0.2.0)	3	10.204,7	(1.7.0)	10.543,9	9	(4.3.0)	*Infinito*	8
(0.2.1)	4	9.445,1	(1.7.1)	10.543,9	10	(4.3.1)	*Infinito*	9
(0.2.2)	5	9.001,7	(1.8.0)	*Infinito*	10	(4.3.2)	*Infinito*	10
(0.2.3)	6	8.941,9	(2.0.0)	1.695.490,6	3	(4.3.3)	*Infinito*	11
(0.2.4)	7	6.540,1	(2.0.1)	12.220,3	4	(4.4.0)	4.653,8	9
(0.2.5)	8	*Infinito*	(2.0.2)	12.066,7	5	(4.4.1)	4.653,8	10
(0.2.6)	9	5.888,8	(2.0.3)	12.037,2	6	(4.4.2)	*Infinito*	11
(0.2.7)	10	11.030,6	(2.0.4)	14.064,4	7	(4.4.3)	*Infinito*	12
(0.2.8)	11	*Infinito*	(2.0.5)	*Infinito*	8	(4.5.0)	10.440,2	10
(0.2.9)	12	*Infinito*	(2.0.6)	15.918,7	9	(4.5.2)	*Infinito*	11
(0.3.0)	4	10.321	(2.0.7)	*Infinito*	10	(5.0.0)	7.525,7	6
(0.3.1)	5	7.062,8	(2.0.8)	*Infinito*	11	(5.0.1)	11.926	7
(0.3.2)	6	*Infinito*	(2.1.0)	12.220,3	4	(5.0.2)	*Infinito*	8
(0.3.3)	7	6.400,7	(2.1.1)	12.220,3	5	(5.0.3)	10.436,8	9
(0.3.4)	8	9.198,4	(2.1.2)	12.066,7	6	(5.0.4)	14.713,9	10
(0.3.5)	9	6.107,5	(2.1.3)	12.037,2	7	(5.1.0)	11.926	7
(0.3.6)	10	5.887,6	(2.1.4)	14.064,4	8	(5.1.1)	11.926	8
(0.3.7)	11	*Infinito*	(2.1.5)	*Infinito*	9	(5.1.2)	*Infinito*	9
(0.3.8)	12	*Infinito*	(2.1.6)	15.918,7	10	(5.1.3)	10.436,8	10
(0.4.0)	5	10.506,3	(2.2.0)	8.786,9	5	(5.1.4)	*Infinito*	11
(0.4.1)	6	6.934,6	(2.2.1)	8.786,9	6	(5.2.0)	5.642,3	8
(0.4.2)	7	*Infinito*	(2.2.2)	8.781,1	7	(5.2.1)	5.641,8	9

Modelo	Número de variables	LRS	Modelo	Número de variables	LRS	Modelo	Número de variables	LRS
(0.4.3)	8	8.602	(2.2.3)	8.638,4	8	(5.2.2)	4.787,4	10
(0.4.4)	9	6.020,7	(2.2.4)	6.036,6	9	(5.2.3)	*Infinito*	11
(0.4.5)	10	6.994,3	(2.2.5)	5.786,3	10	(5.3.0)	8.179,6	9
(0.5.0)	6	*Infinito*	(2.3.0)	*Infinito*	6	(5.3.1)	8.181,3	10
(0.5.1)	7	*Infinito*	(2.3.1)	*Infinito*	7	(5.3.2)	*Infinito*	11
(0.5.2)	8	10.533	(2.3.2)	*Infinito*	8	(5.4.0)	4.598,1	10
(0.5.3)	9	8.569,7	(2.3.3)	7.413,9	9	(5.4.1)	*Infinito*	11
(0.5.4)	10	*Infinito*	(2.3.4)	5.988,3	10	(5.4.2)	*Infinito*	12
(0.6.0)	7	10.630,3	(2.4.0)	8.688	7	(5.5.0)	*Infinito*	11
(0.6.1)	8	10.544,2	(2.4.1)	8.680,8	8	(6.0.0)	1.604.974,7	7
(0.6.2)	9	*Infinito*	(2.4.2)	8.446,5	9	(6.0.1)	*Infinito*	8
(0.6.3)	10	*Infinito*	(2.4.3)	5.781,5	10	(6.0.2)	11.823,2	9
(0.7.0)	8	8.415	(2.5.0)	*Infinito*	8	(6.0.3)	*Infinito*	10
(0.7.1)	9	10.543,9	(2.5.1)	*Infinito*	9	(6.1.0)	*Infinito*	8
(0.7.2)	10	*Infinito*	(2.5.2)	10.491,5	10	(6.1.1)	*Infinito*	9
(0.8.0)	9	*Infinito*	(2.6.0)	10.498	9	(6.1.2)	11.823,2	10
(0.8.1)	10	*Infinito*	(2.6.1)	*Infinito*	10	(6.1.3)	*Infinito*	11
(0.9.0)	10	*Infinito*	(2.7.0)	*Infinito*	10	(6.2.0)	*Infinito*	9
(1.0.0)	2	*Infinito*	(3.0.0)	1.709.016,7	4	(6.2.1)	*Infinito*	10
(1.0.1)	3	13.304,3	(3.0.1)	12.036,8	5	(6.2.2)	*Infinito*	11
(1.0.2)	4	*Infinito*	(3.0.2)	8.810,8	6	(6.3.0)	8.294,5	10
(1.0.3)	5	13.032,1	(3.0.3)	7.548,5	7	(6.3.1)	*Infinito*	11
(1.0.4)	6	9.517,6	(3.0.4)	7.230,9	8	(6.4.0)	*Infinito*	11
(1.0.5)	7	9.308,2	(3.0.5)	11.005,6	9	(7.0.0)	971.929,4	8
(1.0.6)	8	9.279,7	(3.0.6)	*Infinito*	10	(7.0.1)	*Infinito*	9
(1.0.7)	9	13.432,3	(3.1.0)	*Infinito*	5	(7.0.2)	11.080	10
(1.0.8)	10	1.582.265,1	(3.1.1)	12.036,8	6	(7.0.3)	*Infinito*	11
(1.0.9)	11	*Infinito*	(3.1.2)	8.810,8	7	(7.1.0)	11.919,6	9
(1.1.0)	3	13.304,3	(3.1.3)	7.548,5	8	(7.1.1)	*Infinito*	10
(1.1.1)	4	13.304,3	(3.1.4)	7.230,9	9	(7.1.2)	*Infinito*	11
(1.1.2)	5	*Infinito*	(3.1.5)	11.005,6	10	(7.2.0)	*Infinito*	10
(1.1.3)	6	13.032,1	(3.2.0)	7.002,3	6	(7.2.1)	*Infinito*	11
(1.1.4)	7	9.517,6	(3.2.1)	7.002,3	7	(7.3.0)	*Infinito*	11
(1.1.5)	8	9.308,2	(3.2.2)	8.380,1	8	(8.0.0)	5.237,9	9
(1.1.6)	9	9.279,7	(3.2.3)	8.562,8	9	(8.0.1)	11.911,5	10
(1.1.7)	10	13.432,3	(3.2.4)	6.036,5	10	(8.0.2)	*Infinito*	11
(1.1.8)	11	*Infinito*	(3.3.0)	5.388,4	7	(8.1.0)	*Infinito*	10
(1.2.0)	4	9.445,1	(3.3.1)	5.388,6	8	(8.2.0)	4.288,9	11
(1.2.1)	5	9.445,1	(3.3.2)	4.532,9	9	(8.2.1)	*Infinito*	12
(1.2.2)	6	9.001,7	(3.3.3)	7.544	10	(8.3.0)	*Infinito*	12
(1.2.3)	7	8.941,9	(3.4.0)	6.515,3	8	(9.0.0)	*Infinito*	10
(1.2.4)	8	6.540	(3.4.1)	6.515,3	9	(8.2.0)	*Infinito*	12

Fuente: Elaboración propia.

C. Comparativa numérica fallecimientos

En los Cuadros 41-44 se puede observar una comparativa numérica entre los fallecimientos estimados por los modelos calculados mediante el programa MIAMOD y los datos reales extraídos del INE.

Cuadro 41. *Varones fallecidos por cáncer esperados por el modelo*

Año	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
0 años	4,5	4,6	4,7	4,7	4,8	4,9	4,9	5	5	5,1	4,8	4,6	4,4	4,1	3,8	3,7
1 a 4 años	27,8	27,5	27,8	28,6	29,2	29,7	30,1	30,5	31	31,1	31,2	30,8	30	28,9	27,2	25,7
5 a 9 años	38,1	36,7	35,5	34,9	34,6	34,6	34,9	35,4	35,9	36,3	36,5	36,3	36,4	36,3	36,2	35,5
10 a 14 años	49,4	47,5	46	45,3	44,5	43,3	42,2	41,3	40,6	40	39,6	39,5	39,3	39	38,8	38,7
15 a 19 años	71,8	67,2	63,2	60,5	58,4	56,5	54,8	53,7	53	51,6	49,7	48	46,3	44,6	43,2	42,5
20 a 24 años	106,4	101,8	97,2	94,1	89,6	86	82	78,4	76	72,7	68,5	64,8	61,8	59,1	56,2	53,9
25 a 29 años	140,1	139,1	139,2	141,4	142,2	141,5	138,9	134,8	131	123,9	115,2	106,3	98,3	90,5	83,7	78,6
30 a 34 años	204,8	202,6	202	205,4	208,3	212,3	215,4	217,9	220,2	219	211,7	202,4	190,8	176,9	161,5	149
35 a 39 años	341,9	341,4	344,4	351,6	355,1	355,9	358,7	361,5	365,3	365,4	363,3	360	355,9	346,7	335,5	321,7
40 a 44 años	647,6	658	669,8	678,7	686,7	698,9	704	714,7	727,6	731,3	719,8	713,2	706,9	692,2	677,7	668,1
45 a 49 años	1591,1	1600,4	1619,3	1641	1673,8	1723,8	1766,3	1801,3	1820,8	1829,8	1837,6	1831,9	1836,2	1829,4	1805,7	1767,6
50 a 54 años	2954,2	2893,8	2891,7	2904,7	2853,4	2841,4	2879	2923,9	2963,9	3008,8	3070,1	3116,7	3145,9	3128,2	3107,6	3106,4
55 a 59 años	4230,5	4160,6	4278,9	4393,1	4436,8	4450,9	4388,7	4396	4410,3	4321,1	4273,5	4301,7	4338,2	4346,1	4376,8	4446,5
60 a 64 años	5889,8	5802,9	5478,3	5378,4	5589,6	6002,9	5937,7	6120,8	6275,1	6323,8	6305,3	6183,9	6161,4	6134,3	5968,2	5881,7
65 a 69 años	8947,7	8785,3	8673,9	8369	7890,8	7336,1	7278,9	6930,5	6823,4	7086,4	7544	7468,9	7667,9	7803,4	7838,3	7788,1
70 a 74 años	10011	10143,1	10173,6	10316,9	10349,9	10322,4	10185,1	10099,8	9753,1	9212,7	8557,9	8506,9	8103,2	7967,4	8265,4	8789
75 a 79 años	9889,6	10142,3	10322	10398,7	10533,8	10672,5	10855,3	10980,3	11183,7	11277,3	11274,7	11180,3	11108,1	10736,7	10144,1	9428,3
80 a 84 años	6919,1	7171,9	7639,1	8161,3	8641,1	9142,1	9403,1	9674,8	9807,2	10023,6	10246,2	10537,1	10740,8	10976,6	11129,3	11213,3
85 a 89 años	4542,9	4573,4	4578,3	4596,3	4590	4680,3	4883,5	5319,5	5741,2	6179,5	6576,4	6883,7	7159,7	7290,5	7529,4	7795,6

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 42. *Varones fallecidos por cáncer observados en datos del INE*

Año	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
0 años	2	6	10	7	8	12	7	6	10	5	1	4	3	3	1	4
1 a 4 años	35	27	28	39	23	25	25	34	33	28	29	18	23	25	25	18
5 a 9 años	36	43	43	40	31	34	46	34	39	36	45	41	41	35	40	42
10 a 14 años	35	33	35	42	35	47	44	46	29	42	41	30	30	24	31	33
15 a 19 años	80	58	69	60	61	57	61	79	72	60	55	54	36	46	46	54
20 a 24 años	110	103	118	107	92	70	83	67	66	63	72	77	76	70	73	62
25 a 29 años	133	135	138	138	148	121	116	143	113	132	99	101	95	94	73	84
30 a 34 años	192	210	198	199	199	182	199	175	189	181	182	185	175	163	150	142
35 a 39 años	443	421	416	413	399	420	354	327	357	335	308	325	330	271	283	310
40 a 44 años	993	909	939	945	850	850	850	838	751	707	644	663	659	619	583	585
45 a 49 años	1774	1747	1780	1818	1899	1750	1745	1749	1735	1585	1617	1502	1613	1444	1472	1259
50 a 54 años	2924	2932	2981	2872	3020	2943	2979	3011	3033	2987	3034	3027	3040	2900	2786	2726
55 a 59 años	4022	4233	4310	4546	4514	4496	4559	4510	4422	4492	4467	4501	4488	4476	4436	4639
60 a 64 años	5452	5398	5262	5349	5590	5694	5845	6127	6316	6278	6340	6308	6405	6317	6137	6065
65 a 69 años	8600	8503	8212	8073	7581	7271	6949	6801	6656	7388	7404	7709	8096	8114	8263	8120
70 a 74 años	9930	10323	10050	10236	10247	9975	10078	9998	9499	8831	8642	8584	8363	8407	8729	8940
75 a 79 años	9810	10477	10451	10500	10707	10779	10783	11088	11233	11281	11210	11095	11045	10834	9936	9719
80 a 84 años	6739	7277	7688	8357	8938	9086	9237	9674	9709	9807	10360	10637	10886	10799	10752	10960
85 a 89 años	6217	6579	6583	6807	6806	7032	7371	7865	8323	8811	9409	10022	10752	11001	11347	11720

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 43. *Mujeres fallecidas por cáncer esperados por el modelo*

Año	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
0 años	2,8	2,9	3	3	3,1	3,1	3,2	3,3	3,3	3,4	3,2	3,2	3,1	2,9	2,7	2,7
1 a 4 años	22,1	22	22,3	23	23,6	24,1	24,6	25,1	25,8	26	26,4	26,3	25,9	25,3	24,3	23,4
5 a 9 años	26,2	25,3	24,6	24,3	24,2	24,4	24,8	25,4	25,9	26,5	26,9	27,1	27,5	27,8	28	27,9
10 a 14 años	30,1	29	28,1	27,9	27,5	26,9	26,4	26,1	25,9	25,7	25,8	26	26,2	26,3	26,7	27,1
15 a 19 años	42,3	39,6	37,4	35,9	34,8	33,8	33	32,5	32,4	31,8	31	30,2	29,7	29	28,5	28,5
20 a 24 años	67,8	65	62,1	60,4	57,9	55,8	53,6	51,9	50,8	49,2	47,2	45,3	43,9	42,5	41	39,9
25 a 29 años	106,4	105,9	105,9	107,2	108	107,5	106,2	104,1	102,3	98,4	93,7	88,6	84,1	79,4	75,1	71,7
30 a 34 años	194,4	192	191	192,6	194,6	197,6	200,6	204,1	207,2	208,5	205,6	201	194,1	185,5	174,6	165,4
35 a 39 años	378,1	377,6	380,5	387	390,2	389,5	391,4	395,2	399,3	402,4	404,8	407,2	409,5	407,7	404	396,8
40 a 44 años	683,6	696	708,3	716,4	725,1	737,8	745,6	758,3	773,9	781,5	777,3	777,4	779,7	775,6	773,1	775,7
45 a 49 años	1143,5	1154,6	1172,4	1196,8	1226,9	1266,1	1302,7	1334,4	1355,3	1373	1393,5	1406,1	1423,8	1438,9	1441,5	1434,1
50 a 54 años	1643,8	1606,8	1605	1620,5	1598,8	1597	1628,3	1668,4	1709,8	1753,6	1804,6	1852,3	1893,8	1910,8	1928,2	1961,5
55 a 59 años	2120,8	2108,3	2172,3	2232	2273,3	2290,7	2267	2277,8	2300,7	2278,8	2280	2322,4	2372,5	2425,4	2484,9	2561,7
60 a 64 años	2378,9	2367,3	2214,4	2166,9	2240,8	2437,2	2408,6	2502,3	2594,6	2641,4	2662	2625,3	2640,4	2672,9	2636,1	2631
65 a 69 años	4020,6	3943,5	3923,1	3793,7	3589,5	3352,9	3338,6	3168	3127,5	3267,7	3495,3	3500,3	3638,9	3753,5	3823,2	3859,2
70 a 74 años	4626,4	4675,7	4677	4744	4755,4	4749,8	4688	4688,1	4553,9	4326,6	4053,3	4043,1	3846,1	3804,9	3974,4	4275,8
75 a 79 años	5405,9	5480	5588,8	5597,9	5681,9	5741	5839,1	5883,3	5992,7	6039	6058,7	6015,9	6037,8	5883,2	5613,8	5286,3
80 a 84 años	5083,3	5213,7	5385,1	5670,2	5876,4	6165,5	6295,5	6479,9	6534,2	6678,5	6779,9	6966,6	7066,3	7228,5	7338,2	7409,3
85 a 89 años	4182,5	4202,3	4235,8	4270,5	4300,6	4347,9	4521,4	4763,8	5068,8	5318,1	5612,2	5821	6047,2	6113,6	6310,7	6484,6

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 44. *Mujeres fallecidas por cáncer observados en datos del INE*

Año	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
0 años	2	4	5	7	3	5	5	4	4	6	9	2	6	5	4	2
1 a 4 años	13	12	28	21	22	23	16	32	19	18	28	16	26	22	28	19
5 a 9 años	30	31	27	27	23	27	29	27	18	28	24	26	33	40	27	32
10 a 14 años	32	32	19	34	23	21	24	24	22	20	28	28	26	26	27	24
15 a 19 años	49	43	34	35	31	45	32	29	44	39	33	38	28	19	25	28
20 a 24 años	65	62	86	64	58	61	53	37	61	55	50	41	40	31	50	31
25 a 29 años	112	111	106	120	106	99	80	81	74	94	74	79	79	75	55	52
30 a 34 años	223	232	204	211	190	208	202	200	181	185	185	202	212	142	154	142
35 a 39 años	435	445	455	448	410	464	468	407	399	387	394	420	389	405	349	329
40 a 44 años	808	788	774	792	800	784	804	771	816	790	785	767	723	711	728	706
45 a 49 años	1031	1094	1177	1248	1231	1264	1289	1312	1367	1373	1248	1350	1347	1316	1269	1232
50 a 54 años	1513	1549	1506	1547	1540	1524	1615	1774	1836	1913	1946	2018	2041	2050	1973	1999
55 a 59 años	1831	1949	1970	2068	2091	2035	2073	2120	2240	2205	2355	2393	2405	2596	2559	2798
60 a 64 años	2389	2391	2305	2260	2449	2510	2559	2709	2768	2749	2834	2924	2946	3050	2951	3021
65 a 69 años	3876	3785	3629	3509	3244	3178	3059	2877	2908	3225	3286	3413	3517	3647	3695	3713
70 a 74 años	4705	4771	4857	4874	4871	4852	4870	4760	4501	4086	4176	3945	3795	3994	4074	4187
75 a 79 años	5522	5722	5743	5763	5784	5724	6006	6036	6065	6057	6080	6175	6109	5817	5383	5068
80 a 84 años	5162	5217	5470	5683	5910	6028	6210	6315	6514	6574	6545	7057	7024	7219	7242	7311
85 a 89 años	4234	4218	4228	4306	4374	4234	4638	4882	5103	5331	5669	5849	5970	6122	6170	6350

Fuente: Elaboración propia.

D. Comparativa de modelo para infarto de miocardio con probabilidad real

En las Figuras 33 y 34 se muestra en azul la probabilidad de que se diagnostique infarto de miocardio, obtenida a partir de las altas hospitalarias, y en negro el ajuste realizado mediante el modelo GLM.

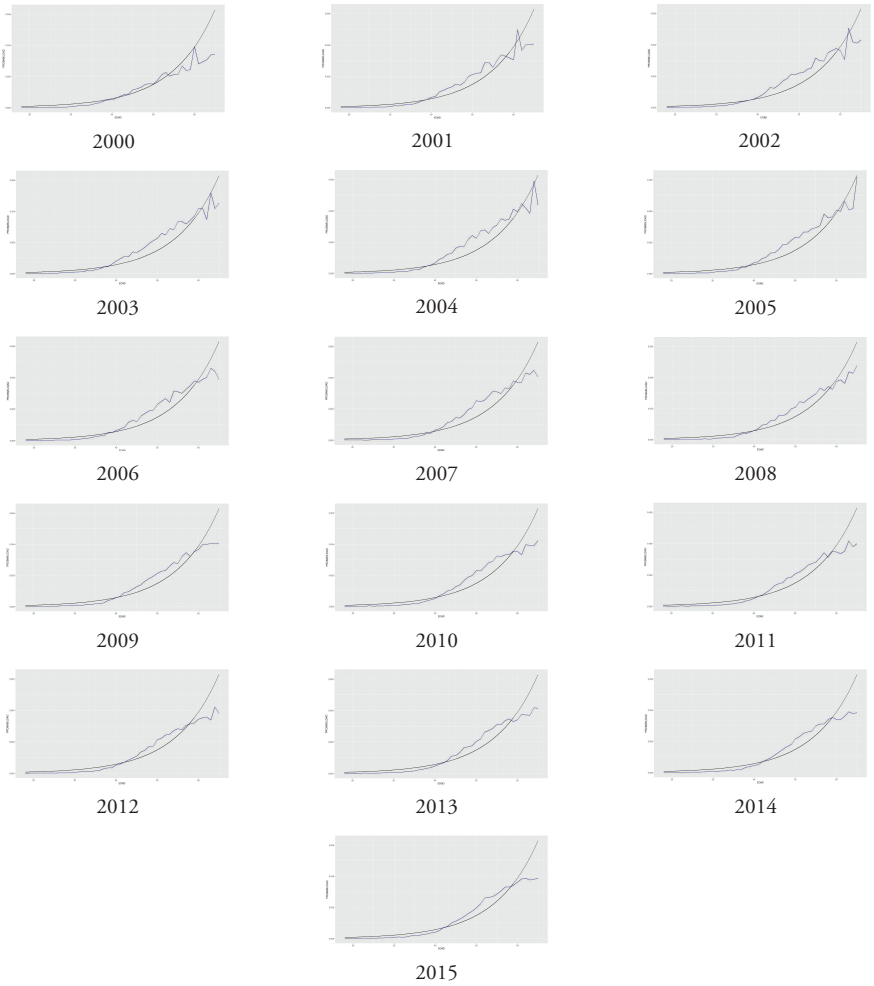

Figura 33. *Ajuste modelo infarto colectivo hombres*
Fuente: Elaboración propia.

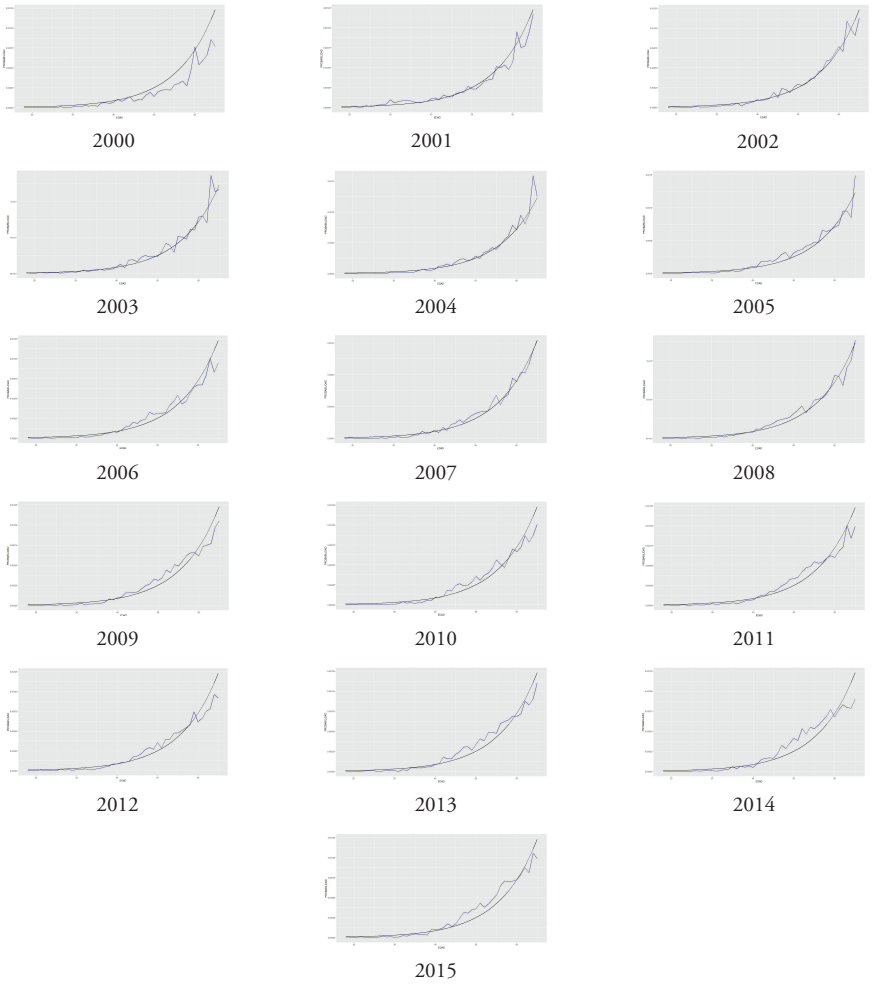

Figura 34. *Ajuste modelo infarto colectivo mujeres*
Fuente: Elaboración propia.

E. Tasas por edad

En las figuras 35 a 38 se presentan los modelos exponenciales utilizados para ajustar los datos obtenidos mediante los modelos generados por el MIAMOD, tanto para el colectivo de hombres como para el colectivo de mujeres. En color azul se observan los datos obtenidos directamente por el software MIAMOD, mientras que en negro grafica los modelos exponenciales ajustados a esos datos.

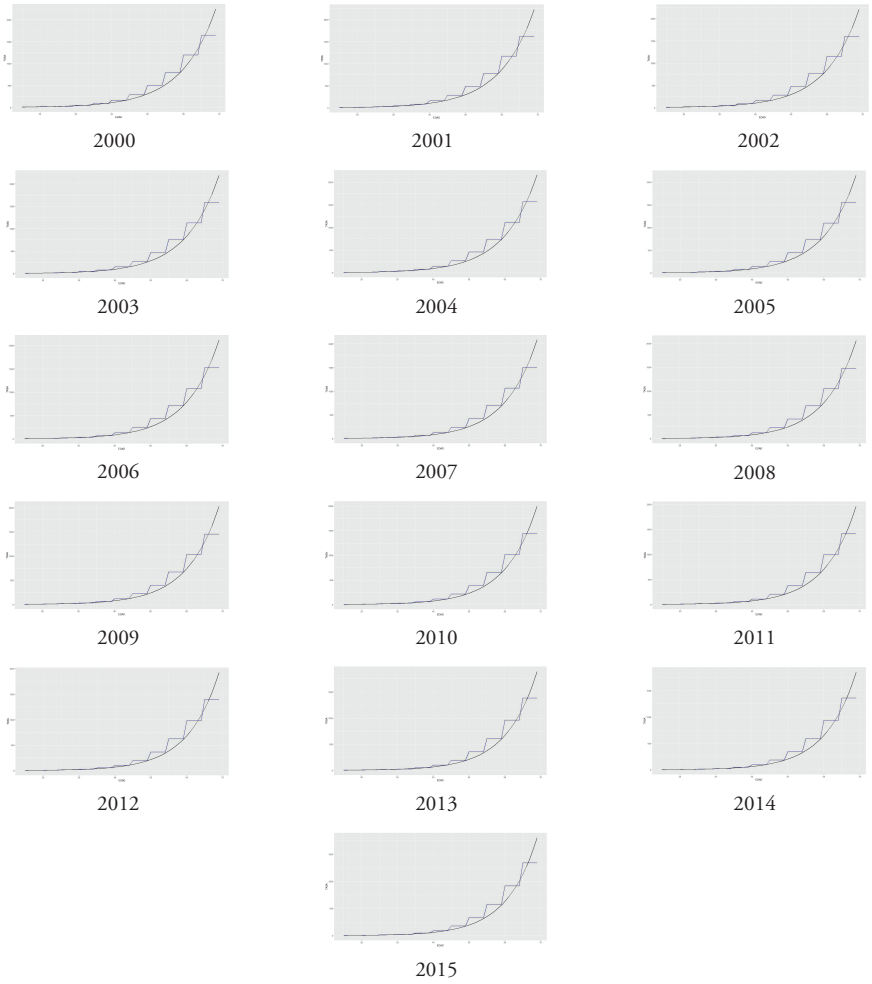

Figura 35. *Ajuste de modelos para tasas por edad para el colectivo de hombres*
Fuente: Elaboración propia.

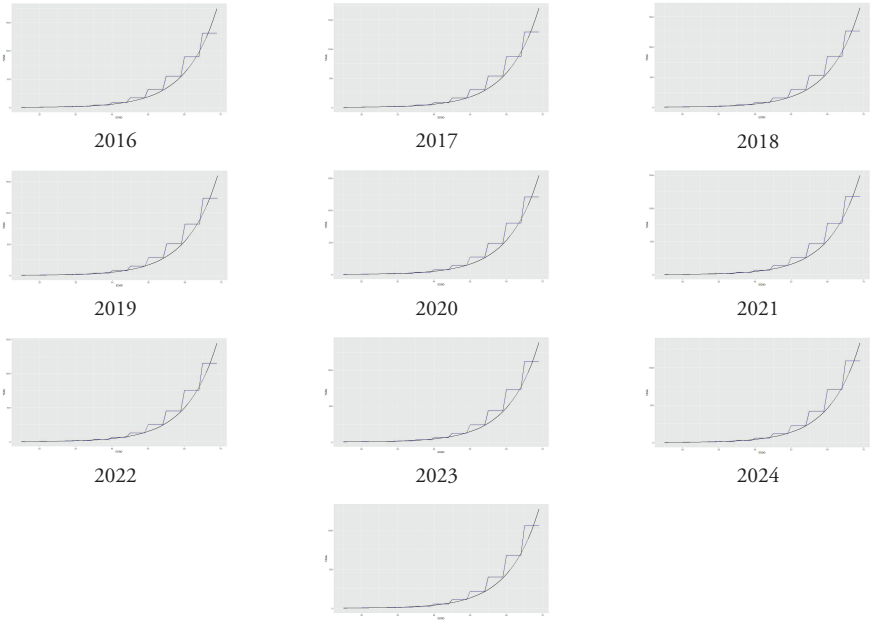

Figura 36. *Ajuste de modelos para tasas por edad para el colectivo de hombres*
Fuente: Elaboración propia.

Figura 37. *Ajuste de modelos para tasas por edad para el colectivo de mujeres*
Fuente: Elaboración propia.

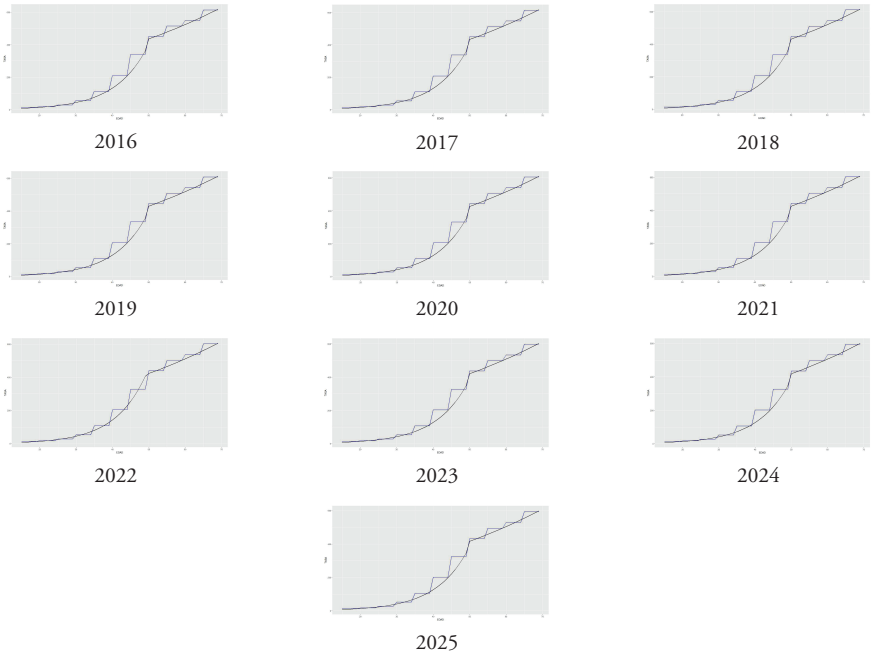

Figura 38. *Ajuste de modelos para tasas por edad para el colectivo de mujeres*
Fuente: Elaboración propia.

Sobre el autor

Alejandro García Crespo

Nacido en 1988 y con la crisis de los treinta a sus espaldas, es licenciado en Economía por la Universidad de Barcelona (2013) y máster en Ciencias Actuariales y Financieras por la misma universidad (2015). También obtuvo el posgrado en Solvencia II por el INESE (2018).

Convencido de la importancia que tiene la formación continua a lo largo de la vida para el buen desempeño de las funciones en el ámbito laboral, desde 2014 compatibiliza su plan de formación con la carrera profesional, que se inició en 2014 en VidaCaixa, en el Departamento Técnico de Seguros Individuales; desde el año 2016 desempeña sus labores en el Departamento de Función Actuarial de la citada entidad.

Sobre los tutores

M. Mercè Claramunt Bielsa

Es doctora en Ciencias Económicas y Empresariales por la Universidad de Barcelona y actuario de seguros por la misma universidad. Es profesora investigadora (titular de universidad) de la UB y ha centrado su carrera investigadora y también docente en los seguros y la solvencia de las entidades aseguradoras.

Ha sido coordinadora del doctorado en Empresa, coordinadora general del doctorado en Estudios Empresariales y coordinadora del máster en Investigación en Empresa, Finanzas y Seguros de la Universidad de Barcelona.

Ha participado y dirigido proyectos de investigación financiados por distintas entidades, tanto públicas como privadas, a nivel nacional e internacional. En la actualidad es investigadora principal del grupo de investigación consolidado por la Generalitat de Catalunya, Actuarial and Financial Modeling. Es también responsable de investigación de la Cátedra ICEA-UB de Seguros y Fondos de Pensiones, financiada por ICEA.

Ha realizado más de noventa publicaciones científicas y mantiene colaboraciones activas con grupos de investigación nacionales e internacionales centrados en seguros e investigación operativa. Ha dirigido cinco tesis doctorales y diversos trabajos de investigación en programas de doctorado y de máster universitario.

Es miembro del Col·legi d'Actuaris de Catalunya (CAC) y de los comités de educación de la Actuarial Association of Europe y la International Actuarial Association como representante del CAC.

Joan Gil Trasfí

Es actualmente profesor titular de universidad en el Departamento de Economía de la Universidad de Barcelona. Obtuvo la licenciatura en Economía (1990) y el doctorado en Economía (1997) por esta misma universidad. Está afiliado al instituto de investigación BEAT (Barcelona Economic Analysis Team) y al CAEPS (Centre d'Anàlisi Econòmica i de les Polítiques Socials), ambos pertenecientes a la UB.

Su investigación está centrada en la economía de la salud, concretamente en la economía de la obesidad y la diabetes y en las desigualdades socioeconómicas de la salud. Los resultados de estos estudios han sido publicados en revistas internacionales de elevado impacto científico. Asimismo, ha evaluado trabajos científicos para un gran número de revistas de alto prestigio en el campo de la economía de la salud. Tiene reconocidos tres sexenios de investigación, estando el último activo.

Ha participado y dirigido proyectos de investigación competitivos financiados por distintas entidades, tanto públicas como privadas, a nivel nacional e internacional. Ha sido además merecedor de diversos premios de investigación competitivos por los trabajos de investigación realizados. Es miembro la Asociación de Economía de la Salud (AES) y participa de forma recurrente en las reuniones científicas anuales de esta asociación.