

Métodos econométricos para la valoración cualitativa y cuantitativa del daño corporal en el seguro del automóvil

Miguel Ángel Santolino Prieto

ADVERTIMENT. La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX (www.tesisenxarxa.net) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

ADVERTENCIA. La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR (www.tesisenred.net) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

WARNING. On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX (www.tesisenxarxa.net) service has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author.



UNIVERSITAT DE BARCELONA

U

B

DEPARTAMENT D'ECONOMETRIA, ESTADÍSTICA I ECONOMIA ESPANYOLA

Risc en Finances i Assegurances

Institut de Recerca en Economia Aplicada

Métodos econométricos para la valoración cualitativa y cuantitativa del daño corporal en el seguro del automóvil

Miguel Angel Santolino Prieto

Marzo 2007

Tesis doctoral para optar al Título de Doctor
Directora: Dra. Mercedes Ayuso Gutiérrez
Doctorado en Estudios Empresariales
Especialidad en Ciencias Actuariales y Financieras
Bienio 2002-2004

B.U.B Secció d'Economia
Diagonal, 690, 08034 Barcelona
T. 93 402 19 66

En primer lugar, quiero agradecer a mi directora de tesis, la Dra. Mercedes Ayuso Gutiérrez, el haberme guiado en la realización de esta tesis doctoral y transmitirme parte del entusiasmo y motivación que ella proyecta. Asimismo, agradecer a los miembros, y amigos, del grupo de investigación *Risc en Finances i Assegurances* el apoyo incondicional prestado durante estos años, muy especialmente a su directora, la Dra. Montserrat Guillén Estany, por sus esclarecedores consejos.

Del mismo modo, agradecer a todos los integrantes del Departamento de Econometría, Estadística y Economía Española, especialmente a su director, el Dr. Manuel Artís, la posibilidad que me han brindado de realizar esta tesis doctoral. También mi agradecimiento para los miembros del *Institut de Recerca en Economia Aplicada*, por haberme permitido participar en los enriquecedores seminarios y sesiones de trabajo que han organizado.

Igualmente doy las gracias a José M^a Galcerá por su cooperación en los primeros pasos de mi carrera investigadora y la posibilidad de acceder a la base de datos. De igual forma, agradecer al Dr. Borobia sus valiosos comentarios en relación al funcionamiento del baremo europeo.

Muy en especial, quiero agradecer a mi familia el haber aprendido tanto de ellos, pero principalmente por haberme hecho sentir siempre su apoyo. A todos mis amigos, por compartir conmigo tantos momentos, dándome el aliento necesario en los más difíciles. En general, a todos los que han contribuido a la realización de esta tesis. A todos ellos, mi más sincero agradecimiento.

A mi amor y compañera de viaje, Cristina, por estar siempre a mi lado.

A mi madre, Sofia

Índice

1	Introducción	1
2	Antecedentes y situación actual	
2.1	Introducción	7
2.2	Antecedentes	7
2.2.1	Sistema legal de compensación y el papel del asegurador	8
2.2.2	Fraude	13
2.2.3	Gravedad de la lesión	17
2.2.4	Coste del siniestro	21
2.3	La siniestralidad vial en España	26
2.3.1	El seguro del automóvil	28
2.3.2	Perspectivas sobre la futura siniestralidad	31
3	La valoración económica del daño corporal: aspectos legales	
3.1	Introducción	35
3.2	Valoración de daños corporales en España	36
3.2.1	Indemnización por el perjuicio derivado de un accidente de circulación	36
3.2.2	Convenios de asistencia sanitaria	38
3.2.3	Daño corporal propio: antecedentes al baremo	40
3.2.4	La ley 30/95, de 8 de noviembre: introducción del baremo vinculante	41
3.2.5	Críticas a la imposición de un baremo	45
3.2.6	La acción judicial	47
3.3	Diferentes modelos europeos de valoración del daño personal	50
3.3.1	El caso francés	50
3.3.2	El baremo judicial inglés	52
3.3.3	El sistema legal irlandés	54
3.4	Perspectiva: el futuro baremo europeo	55

7.3	Aplicación en un modelo con dos componentes de varianza	161
7.3.1	La unicidad del intervalo de confianza generalizado	163
7.3.2	El caso heterocedástico	164
7.4	Resultados	165
7.5	Límite máximo de negociación en la cuantía indemnizatoria	168
8	Conclusiones	
8.1	Conclusiones	177
8.2	Aportaciones de la investigación	181
8.3	Futuras líneas de investigación	184
8	Conclusions	
8.1	<i>Conclusions</i>	187
8.2	<i>Contributions of this research</i>	191
8.3	<i>Further research</i>	194
	Apéndices	197
	Referencias bibliográficas	215

Capítulo 1

Introducción

La compensación por daños corporales representa más del 60% del coste total de los siniestros en el seguro de responsabilidad civil del automóvil en el mercado español. El continuo encarecimiento de estos siniestros es un hecho que se da en la mayoría de economías desarrolladas. Las causas de este incremento debemos buscarlas en factores económicos, sociales y legales, como son, entre otros, la propensión a demandar de los ciudadanos, la evolución de los gastos médicos, el nivel de los sueldos, la inflación, así como la visión de la sociedad sobre qué y cómo se debe indemnizar, reflejado en la legislación vigente en el país. Como señala Bell (2006), el aparente descenso en la rentabilidad del seguro de Responsabilidad Civil (RC) hace que las entidades aseguradoras se enfrenten a nuevos retos si desean que continúe siendo un ramo atractivo, como, por ejemplo, una mayor disciplina en la elección y definición de los riesgos que la compañía se compromete a asegurar y, una vez ha ocurrido el siniestro, una correcta tramitación para un mayor control del coste.

En el presente trabajo analizamos los factores que influyen en el coste de los siniestros por daños corporales durante su tramitación dentro de la compañía aseguradora, y planteamos medidas concretas de intervención. Antes, pero, debemos conocer las particularidades de este tipo de siniestros, que pueden sintetizarse de la siguiente manera:

- Elevados niveles de compensación. La indemnización de ciertas lesiones graves, como algunas tetraplejas o paraplejas, puede superar el millón de euros por siniestro (SCOR, 2006).
- Gran variabilidad en las cuantías. La mayoría de siniestros de daños corporales en el año 2005 en España costaron a las compañías menos de 1.500€, pero, por otro lado, casi un 0,5% superaron los 300.000€ (UNESPA, 2006).
- Larga duración en la vida del siniestro hasta su liquidación. Normalmente, la ocurrencia de estos siniestros es comunicada rápidamente a la compañía, pero, para su liquidación, la víctima debe estar totalmente recuperada y debe haber acuerdo en la compensación entre las partes (o ha de ser fijada mediante sentencia judicial). En base a lo anterior, para algunos siniestros, el tiempo transcurrido hasta su liquidación puede ser superior a los ocho años.
- Indemnizaciones pactadas. La gran mayoría de las compensaciones se fijan mediante acuerdos entre las partes, llegando muy pocos siniestros a juicio. Diversos estudios señalan que las compensaciones con sentencia judicial representan menos del 1% de los casos (Lewis, 2006; Derrig y Rempala, 2006).
- Importante nivel de fraude. En España aproximadamente el 35% de los siniestros por daños corporales pueden ser fraudulentos (Actualidad Aseguradora, 2006). En EE.UU. un estudio llevado a cabo por el IRC¹ estimó que el fraude incrementaba entre un 11 y un 15% el total de pagos realizados por siniestros de daños corporales.

En la tramitación de los siniestros por daños corporales, por tanto, los retos que se le presentan a la compañía pueden ser de tres tipos: i) calcular unas adecuadas reservas; ii) fomentar políticas de negociación en las compensaciones y, por último, iii) promover medidas dirigidas a detectar y disuadir comportamientos fraudulentos. Obviamente, todas estas cuestiones guardan una estrecha relación entre sí y, en ocasiones, resultará difícil abordarlos de forma independiente.

¹ Nota de prensa del *Insurance Research Council* (12 junio del 2005).

En cuanto a las reservas técnicas, su cálculo correcto es uno de los principales objetivos de la compañía aseguradora, dependiendo la viabilidad de un ramo, en gran medida, de la adecuada estimación del coste de las obligaciones contraídas. Como señalábamos anteriormente, los siniestros por daños corporales se comunican a la compañía en un intervalo breve de tiempo, pero pueden permanecer varios ejercicios económicos abiertos, pendientes de la valoración económica. En consecuencia, la compañía deberá poner especial énfasis en el cálculo de reservas por siniestros pendientes de liquidación (según sus siglas en inglés, RBNS), mientras que, a diferencia de lo que sucede con los siniestros por daños materiales, las reservas por siniestros pendientes de comunicación (según las siglas en inglés, IBNR) serán de menor importancia. En la literatura estadístico-actuarial tradicionalmente se ha prestado muy poca atención a las reservas RBNS. Por lo general, las técnicas desarrolladas se han diseñado para calcular las reservas por siniestros pendientes de comunicación, mencionando que pueden extenderse a los siniestros pendientes de liquidación. Estas técnicas, normalmente, se basan en el triángulo de desarrollo (*run-off triangle*) y datos agregados (para una revisión extensa, véase England y Verrall, 2002). Dentro de la estructura de los triángulos de desarrollo, en los últimos años han prosperado algunos métodos que tienen presente las características de los siniestros pendientes de liquidación, tanto con datos agregados como individuales (Ntzoufras y Dellaportas, 2002; Stephens *et al.*, 2004; Antonio *et al.*, 2006). Finalmente, Taylor y Campbell (2002) proponen calcular las reservas RBNS mediante la estimación del coste pendiente de cada siniestro abierto. Los autores denominan a esta metodología ‘Estimación Estadística Individual’ (*Statistical Case Estimation*) y subrayan que, de este modo, tienen en cuenta los atributos particulares de los siniestros en el cálculo de las reservas correspondientes.

Respecto al proceso de negociación de las indemnizaciones, muy pocos trabajos empíricos han considerado esta cuestión y se han centrado en evaluar el efecto de la negociación sobre la cuantía indemnizatoria final, en función de la cuantía demandada por la parte contraria (Derrig y Weisberg, 2004; Derrig y Rempala, 2006).

Finalmente, existe una amplia literatura en la que se trata el problema del fraude en el seguro del automóvil, tanto desde un punto de vista teórico como empírico. Una gran parte de estos estudios se han ocupado de analizar el fraude en los daños corporales, concretamente el denominado *build-up*, que consiste en la exageración de los daños sufridos por un siniestro. Las técnicas propuestas para la detección de los siniestros fraudulentos han sido múltiples, desde la aplicación de modelos de elección discreta, hasta complejos sistemas de inteligencia artificial (Artís *et al.*, 1999; Brockett *et al.*, 2002).

Cabe considerar que en la práctica, en la mayoría de los casos, las compañías aseguradoras a la hora de calcular las provisiones, o efectuar una oferta en el proceso de negociación, o decidir si investigar o no un siniestro de daños corporales, utilizan como herramienta principal de análisis los informes médicos periciales que han realizado a la víctima durante el período de recuperación. El estudio de las divergencias entre la gravedad otorgada en las sentencias judiciales y la considerada por los médicos peritos en sus informes, y las consecuencias que estas discrepancias tienen sobre el cálculo de las reservas, así como el proponer métodos econométricos alternativos para el cómputo de la provisión económica y para la estimación de la cuantía máxima de negociación del siniestro (para su compensación económica por vía amistosa), es el principal objetivo del presente trabajo.

La tesis se estructura fundamentalmente en dos partes: en la primera, nos centramos en el cálculo de las reservas RBNS, y en la segunda, proponemos diferentes mecanismos estadísticos que ayuden a las compañías en el proceso de negociación de la indemnización con la parte contraria. En cuanto a la estimación de las reservas, en primer lugar identificamos las diferentes etapas por las que transcurre un siniestro hasta su liquidación. Para el cálculo de las provisiones, utilizamos un modelo secuencial o por etapas, es decir, un modelo que tenga en cuenta que la información disponible sobre el siniestro se va ampliando gradualmente a lo largo de su vida. Puesto que, por otro lado, las principales discrepancias entre los informes médicos y la sentencia judicial surgen respecto al nivel de gravedad padecido por la víctima (y sabiendo que, estadísticamente, la severidad de una lesión normalmente se

trata como una variable categórica ordenada), planteamos ajustar un modelo estadístico de variable dependiente cualitativa para explicarla. En concreto, proponemos estimar un modelo secuencial ordenado de elección múltiple. Esta metodología tiene en cuenta la clasificación final para cada siniestro (gravedad concedida en la sentencia) y puede incluirse dentro de la metodología de estimación estadística individual definida por Taylor y Campbell (2002). En comparación con la estimación directa del coste, esta modelización permite analizar una variable, la gravedad de la lesión, que es más estable a lo largo del tiempo (la valoración económica se ve afectada por la inflación, coste de los servicios médicos, etc.). Al ser un modelo secuencial, incorpora la información en el mismo momento que la compañía la obtiene. Al final del ejercicio económico, la compañía aseguradora provisiona los siniestros pendientes de liquidación en función de la gravedad esperada de la víctima en ese momento, asignándole, por ejemplo, el coste medio de la categoría estimada.

En la segunda parte del trabajo, nos situamos en el momento inmediatamente anterior a la valoración económica final del siniestro, es decir, cuando la víctima está ya completamente recuperada (con o sin secuelas), y la compañía aseguradora dispone de la totalidad de información sobre la gravedad de las lesiones. En ese momento, el asegurador debe decidir negociar con la parte contraria la indemnización o ir a juicio. Concretamente, nos formulamos la siguiente pregunta: *¿cuánto debe ofrecer como máximo la compañía aseguradora al demandante para evitar el (probablemente, largo y costoso) proceso judicial?* Puesto que disponemos de una base de datos de siniestros con daños corporales cuya indemnización fue concedida mediante sentencia judicial, planteamos que el coste estimado puede ser considerado como el límite máximo de negociación, por encima del cual, la compañía debería preferir ir a juicio. Por lo tanto, para responder a la pregunta formulada, proponemos estimar el coste final de la indemnización utilizando toda la información disponible del siniestro antes de su valoración. En particular, sugerimos un modelo log-lineal mixto que tenga en cuenta la potencial heterocedasticidad y correlación entre los datos (como consecuencia de que en la valoración pueden

existir o no informes forenses, y de que diferentes víctimas pueden ser valoradas en una misma sentencia). Debido a la estructura de nuestra muestra, utilizamos inferencia generalizada (Tsui y Weerahandi, 1989) para contrastar los resultados obtenidos.

En cuanto a la tercera posible línea de investigación, la cuantificación del fraude en los siniestros por daños corporales, no ha sido tratada en esta tesis por no disponerse en la base de datos de indicadores que confirmasen sospecha de comportamientos deshonestos por parte de los demandantes.

Esta tesis se estructura en ocho capítulos. En el capítulo 2 presentamos un resumen de los principales antecedentes sobre el estudio del daño corporal en los accidentes de tráfico. En el capítulo tercero, se detalla el sistema de valoración legal vigente en España (el conocido como *baremo*), y se compara con otros mecanismos de valoración del daño corporal europeos. En el cuarto capítulo se describe la base de datos utilizada en la aplicación empírica. En el capítulo quinto se expone la metodología propuesta para el cálculo de las reservas por siniestros pendientes de liquidación y se ilustra con un ejemplo práctico. Posteriormente en el capítulo sexto se lleva a cabo la estimación del límite máximo de negociación económica mediante la especificación de modelos mixtos. En el capítulo séptimo se presenta el cálculo del intervalo de confianza de la varianza del efecto aleatorio con inferencia generalizada y finalmente, en el último capítulo, se describen las principales conclusiones del trabajo realizado y se detallan las líneas futuras de investigación.

Capítulo 2

Antecedentes y situación actual

2.1 Introducción

El presente capítulo se estructura en dos partes. En la primera, presentamos una extensa revisión científica del tratamiento que ha recibido en la literatura estadístico-actuarial el daño corporal derivado de accidentes de tráfico. En la segunda parte, se describe la situación actual de la siniestralidad vial en España y las perspectivas para el mercado español del seguro del automóvil.

2.2 Antecedentes

En el ámbito estadístico-actuarial, el análisis del daño corporal derivado de accidentes de circulación se ha llevado a cabo desde muy diversos enfoques. En este capítulo hemos agrupado la literatura científica en cuatro grandes áreas de interés, siendo conscientes de la imposibilidad de recoger toda la producción científica efectuada, pero esperando ser capaces de reflejar una parte representativa de la investigación relevante que se está realizando en la actualidad. En el primer apartado, se analiza el marco legal en el que se desarrollan los diferentes sistemas de compensación de las víctimas de accidentes, con el fin de evaluar las diferentes alternativas posibles. Seguidamente, se considera el fraude en los accidentes de tráfico con víctimas, especialmente, la extendida práctica de exagerar el coste económico que le ha causado a la víctima un accidente real. En el tercer apartado, se ponen de relieve los factores que influyen en la gravedad de los accidentes y su

incidencia en las políticas de seguridad vial. Finalmente, se examina el coste que le supone a la compañía aseguradora compensar al lesionado, y su efecto sobre el cálculo de las reservas al final del ejercicio. Cabe advertir que la clasificación planteada no es la única posible y, aún menos, sus áreas claramente divisibles, encontrándonos que, en numerosos artículos, son tratados conjuntamente temas de diferentes áreas.

2.2.1 Sistema legal de compensación y el papel del asegurador

El ininterrumpido aumento en muchos países del coste de compensación por daños personales en el seguro de responsabilidad civil (RC), ha generado que en algunas economías empiecen a surgir dificultades de ‘asegurabilidad’ de ciertos riesgos a precios asequibles. Las causas del encarecimiento de estos siniestros son tanto de origen económico, como sociales o legales (para un análisis comparativo por países del coste asociado a la cobertura de responsabilidad civil, véase Swiss Re, 2004).

En el ámbito de la RC cobra especial importancia la compensación de los siniestros derivados de accidentes de tráfico, ya que, en países como el Reino Unido, representaron el 70% del total de las reclamaciones por daños personales realizadas durante el año 2004 (Lewis, 2006). Fruto de la creciente preocupación respecto al coste de la responsabilidad civil en el área del automóvil, en los últimos años se han realizado numerosos trabajos de investigación en los cuales se evalúan sistemas de compensación alternativos (Johnson *et al.*, 1992; Browne y Puelz, 1999; Schmit y Yeh, 2003; Pintos-Ager, 2003; Browne y Schmit, 2006). En estos estudios se analizan diferentes efectos de los sistemas de valoración con el fin de aportar directrices sobre el sistema de compensación socialmente óptimo. En particular, estos trabajos valoran aspectos como el volumen de litigación, la duración del proceso de indemnización, o el nivel de las cuantías indemnizatorias que se derivan de los distintos sistemas.

Concretamente, Browne y Schmit (2006) analizan la evolución en la litigación de los lesionados en accidentes de automóvil, y el efecto que han tenido en dicha evolución las diferentes reformas del Derecho Civil. Mediante una regresión logística

definida en dos etapas, los autores evalúan si ha cambiado la frecuencia de litigación en EE.UU. para el período comprendido entre 1977 y 1997. En una primera fase, estiman la probabilidad de que la víctima de un accidente de tráfico contrate a un abogado, utilizando como regresores características del demandante y del accidente. Posteriormente, en la segunda etapa, introducen la probabilidad estimada como variable explicativa en la modelización de la probabilidad de que la víctima interponga una demanda judicial. Como variables de control de las reformas legales, los autores consideran, entre otras, si el seguro es obligatorio, si los acusados están sujetos a responsabilidad solidaria, si hay límites en la indemnización por daños no-económicos, o si el sistema de compensación es de reparación sin culpa. Entre sus resultados destaca que el aumento en el uso de abogados e interposición de demandas, ha sido en parte amortiguado gracias al establecimiento de las reformas legales y que, por tanto, han sido efectivas. En la misma línea, Browne y Puelz (1996, 1999) examinan el efecto de diferentes reformas legales sobre el nivel de las compensaciones económicas y el número de demandas judiciales realizadas, así como la influencia de la participación de un abogado en el coste final del siniestro. En concreto, para siniestros cerrados en el año 1992 en EE.UU., los autores asumen una relación log-lineal entre las reformas legales y el valor de las indemnizaciones, incluyendo, como variables de control, características del siniestro y del Estado donde ocurrió el accidente. Paralelamente, ajustan un modelo logit para explicar la decisión de la víctima de un siniestro de demandar judicialmente por el resarcimiento del daño corporal sufrido. De acuerdo con sus resultados, el establecimiento de límites máximos en los daños no-económicos y las reformas menores² son las únicas que presentan una clara influencia en la disminución de pleitos. Por el contrario, la fijación de máximos en las indemnizaciones por daños punitivos incrementa la probabilidad de presentar una demanda. Las reformas encaminadas a limitar la responsabilidad civil solidaria, o a no poder recibir más de una indemnización por el

² Los autores denominan reformas menores a la imposición de sanciones por demandas sin base, a la limitación del tipo de interés que se puede aplicar sobre las indemnizaciones, o aquellas que permiten el pago de la indemnización en plazos.

mismo daño (por ejemplo, la víctima fallece a consecuencia del accidente y dispone, además, de un seguro de vida) no parecen guardar relación con la decisión de demandar. Finalmente, Browne y Puelz (1996) sugirieron que la intervención de un abogado incrementaba en promedio el coste del siniestro en un 64%.

Los resultados anteriores son compatibles con los presentados por otros autores para otras áreas de responsabilidad civil. En este sentido, Schmit *et al.* (1997) ajustan una regresión lineal para evaluar el efecto sobre la ratio de litigación de cinco reformas diferentes llevadas a cabo en EE.UU., en el ámbito general de la responsabilidad civil extracontractual. Los autores muestran que la imposición de límites a las indemnizaciones por daños no-económicos y de sanciones sobre las demandas que no estén fundamentadas, tienen capacidad explicativa sobre la reducción en el nivel de litigiosidad. Por el contrario, sugieren que las reformas en la responsabilidad civil solidaria están positivamente correlacionadas con el porcentaje de litigios, o que las dirigidas a limitar los daños punitivos y a evitar más de una compensación por un mismo daño no exhiben ninguna influencia. Finalmente, en el ámbito de los accidentes de circulación, prueban que los Estados con sistemas de indemnización de compensación sin culpa tienen menos nivel de litigiosidad que aquellos con sistemas basados en la responsabilidad civil del conductor culpable. Otros autores como Hillman y Allen (2003) y Viscusi y Born (2005) han analizado los efectos de las reformas legales en el ámbito de la responsabilidad civil profesional de los médicos, obteniendo resultados similares.

En España, Pintos-Ager (2003) analiza el efecto que en la litigación ha tenido la introducción del baremo legal para la cuantificación de las indemnizaciones por daños corporales derivados de accidentes de tráfico. El autor representa las decisiones de las partes de un litigio mediante un modelo económico, demostrando, a nivel teórico, que el efecto neto de la reforma sobre la litigación es ambiguo, pudiendo incrementarse el número de pleitos si los costes del litigio se reducen suficientemente, o aumenta el optimismo de los demandantes respecto a la cuantía a percibir.

Autores como Schmit y Yeh (2003), por su parte, han examinado el sistema de elección establecido en Nueva Jersey y Pensilvania. Mediante este mecanismo de elección, el tomador decide en el momento de contratar el seguro si, en caso de accidente, se registrará por el sistema basado en la responsabilidad extracontractual, o de compensación sin culpa. Los asegurados que eligen el sistema de compensación sin culpa, si se produce un accidente, reciben de su propia compañía el resarcimiento por daños económicos hasta un límite monetario legal, por encima del mismo, deben exigirlo a la parte responsable del accidente. Bajo este sistema, los daños no-económicos únicamente pueden reclamarse si la lesión supera un determinado nivel de gravedad (para un análisis del efecto de eliminar este requisito, véase Boison y Lehman, 2004). Por el contrario, con el sistema de responsabilidad extracontractual, no existen límites en las indemnizaciones de los daños no-económicos. La elección del sistema de compensación sin culpa tradicionalmente se ha justificado por cuestiones de eficiencia, esto es, disminución en los costes de administración, número de pleitos, etc. (Herbers, 1994; Lascher y Powers, 2001). En su artículo, Schmit y Yeh comparan ambos sistemas desde una triple perspectiva: uso de abogados, velocidad en el pago y variabilidad en la indemnización. Utilizan una regresión logit para estimar la probabilidad de contratar un abogado. El tiempo empleado en la valoración lo modelizan mediante una estructura log-lineal y, finalmente, el contraste relativo a la equidad en las indemnizaciones lo realizan mediante un modelo tobit. Este último modelo permite capturar la censura en los datos, es decir, que las indemnizaciones de algunos lesionados corresponden a los máximos establecidos en las pólizas contratadas. Los resultados que presentan son los esperados para el caso de Nueva Jersey, mostrando evidencias de que el sistema de compensación sin culpa disminuye el uso de abogados, la duración en la valoración y la variabilidad en las cuantías. En cambio, para los datos de Pensilvania, los resultados fueron confusos, sin una clara señal de descenso en el uso de abogados o en el tiempo empleado en la valoración y, por el contrario, un manifiesto aumento en la variabilidad de pagos.

En la misma línea, Cummins *et al.* (2001) muestran, para los accidentes ocurridos en EE.UU. durante el período 1982-1994, como el sistema de compensación sin culpa elimina el efecto disuasorio de la responsabilidad en el comportamiento del conductor, aumentando la ratio de accidentes mortales. Los autores sugieren que los Estados que eligen los sistemas de compensación sin culpa son aquéllos con altos porcentajes de accidentes con lesionados, pero con bajos porcentajes de fatalidad y, por consiguiente, el principal objetivo que persiguen es la reducción del coste de las primas. Cummins *et al.* señalan que el sistema sin culpa tiene asociado un porcentaje de mortalidad entre el 5,5% y el 7,8% superior al basado en la responsabilidad del accidente.

Otros investigadores han analizado la función del asegurador en el proceso de indemnización (Doerpinghaus, 1991; Barrese *et al.*, 1995; Browne y Wells, 1999; Lewis, 2006). Lewis (2006) examina la influencia de las entidades aseguradoras en todo el proceso de compensación por daños corporales en el Reino Unido, concluyendo que son la figura que garantiza el funcionamiento del sistema actual de responsabilidad extracontractual. Browne y Wells (1999), por su parte, comparan los efectos de los dos sistemas obligatorios que se aplican en EEUU para garantizar la cobertura de los conductores no aceptados por las compañías. La diferencia principal entre ambos sistemas es si la compañía aseguradora intermediaria se encarga únicamente de la gestión de los siniestros (*Joint Underwriting Associations*) o es responsable también de la cobertura (*Assigned Risk Plans*). Mediante un ajuste lineal, los autores demuestran que el sistema *Joint Underwriting Association*, al no ofrecer incentivos a las compañías para ser eficientes, genera un mayor pago de los siniestros por daños corporales. Por otro lado, Doerpinghaus (1991) y Barrese *et al.* (1995) comparan las diferencias en el servicio ofrecido a los clientes entre los mediadores y las compañías de seguros. Como medida *proxy* de la calidad del servicio, los autores tomaron el número de demandas tramitadas por los diferentes canales de distribución. Ajustando un modelo tobit para explicar el número de demandas, Barrese *et al.* muestran evidencias de que los mediadores, aún siendo más caros para la compañía, ofrecen un mejor servicio. En cambio, para Doerpinghaus (1991), los mediadores

gestionan más demandas porque están especializados en conductores con alto riesgo de siniestro y no porque ofrezcan un mejor servicio.

Un trabajo interesante es el presentado por Doerpinghaus *et al.* (2003). Los autores examinan el potencial sesgo en el porcentaje de culpa que asignan los peritos a las partes involucradas en un accidente de circulación ocurrido en las carreteras americanas. Aplicando diferentes modelos lineales generalizados, estiman el porcentaje de culpa asignado por el perito en función de características del siniestro (sexo, edad, gravedad del accidente, etc.), y de los diferentes tipos de sistemas de responsabilidad civil extracontractual (puro, culpa máxima del 50%, o culpa máxima del 49%³). En sus conclusiones demuestran que a las mujeres, a los ancianos y a los conductores jóvenes es a los grupos a los que se les asigna un mayor porcentaje de culpa. Por el contrario, los resultados obtenidos sobre el efecto de la legislación son contrarios a los esperados, mostrando una mayor probabilidad de asignar un porcentaje de culpa superior al 50%, en aquellos estados con responsabilidad pura.

2.2.2 Fraude

Actualmente, el gran número de siniestros fraudulentos es uno de los principales motivos del elevado coste por daños corporales que soporta el seguro del automóvil. Sólo en EE.UU. se estima que los siniestros ilegítimos o exagerados (*build-up*⁴) le supusieron a la industria aseguradora entre 4,3 y 5,8 miles de millones de dólares en el año 2002⁵. Esta situación ha hecho que investigadores como Richard Derrig (2002) hayan afirmado que ‘el fraude en los seguros es uno de los principales problemas de los Estados Unidos al inicio del siglo XXI (sic)’. La extensa literatura empírica en

³ Es el porcentaje máximo de responsabilidad del demandante, para tener derecho al resarcimiento del daño. En el caso de superar el nivel establecido, el demandado queda libre de toda responsabilidad sobre la compensación económica del lesionado.

⁴ Término utilizado en EE.UU. para denominar aquellos siniestros que son legítimos, pero en los que el demandante ha inflado el perjuicio que le ha ocasionado el accidente.

⁵ Nota de prensa del *Insurance Research Council* (12 junio del 2005).

este terreno se ha centrado principalmente en la cuantificación del fraude y la evaluación de la efectividad de las medidas dirigidas a luchar contra los comportamientos deshonestos (Cummins y Tennyson, 1996; Crocker y Tennyson, 2002; Graham, 2005; Hoyt *et al.*, 2006), así como en la búsqueda de mecanismos que ayuden a las compañías aseguradoras a detectar los siniestros fraudulentos (Weisberg y Derrig, 1998; Artís *et al.*, 2002; Brockett *et al.*, 2002; Viane *et al.*, 2002).

Desde un punto de vista teórico, el fraude se ha tratado en la literatura como un problema de riesgo moral derivado de la asimetría en la información. En general, los modelos económicos desarrollados se han centrado en explicar la estrategia del agente informado (demandante) en función del coste de verificación por parte del agente no-informado/asegurador (Bond y Crocker, 1997; Fagart y Picard, 1999), o bien, en función del coste de falsificación por parte del propio demandante (Crocker y Tennyson, 1999, 2002; Loughran, 2005; Graham, 2005).

En algunos de los trabajos realizados se han utilizado técnicas econométricas para respaldar la modelización teórica. En este sentido, Crocker y Tennyson (2002), por ejemplo, estiman una regresión lineal multivariante para contrastar la hipótesis de que las compañías aseguradoras otorgan una mayor indemnización en las lesiones con alto coste de falsificación, que en aquellas en las que el coste de falsificación es bajo. En concreto, los autores estiman una diferencia de siete centavos por dólar pagado si la lesión del demandante estaba relacionada con un esguince (bajo coste de falsificación), o era de cualquier otro tipo. Posteriormente, Graham (2005) extiende el modelo de Crocker y Tennyson, incorporando características demográficas (tasa de desempleo o nivel de salarios, entre otras), para capturar las diferencias en los incentivos de defraudar entre demandantes de diferentes zonas. Entre sus resultados destaca que las lesiones costosas de falsificar reciben en promedio cincuenta centavos por dólar más que las que no lo son. Por el contrario, el autor no obtiene resultados concluyentes para las variables demográficas. Cummins y Tennyson (1996), en cambio, utilizaron una encuesta sobre la actitud de los consumidores frente a diferentes tipos de fraude como indicador del riesgo moral, obteniendo evidencias de un mayor número de siniestros declarados en aquellos Estados con

mayor propensión a defraudar por parte de sus ciudadanos. Loughran (2005), por su parte, ajusta una regresión lineal para demostrar que las compañías aseguradoras utilizan las compensaciones por daños generales (perjuicio no-económico) como elemento nivelador de las indemnizaciones. En particular, el autor muestra que aquellos demandantes que reclaman por perjuicios económicos un valor inferior (superior) al esperado, reciben una compensación por daños generales mayor (menor). Finalmente, Hoyt *et al.* (2006) analizan la efectividad de las leyes antifraude promulgadas en EE.UU., para el período 1988-1999. Como variable *proxy* del nivel de fraude consideran la ratio entre el coste de los daños corporales y el coste de los daños materiales, ajustándola mediante una regresión lineal multivariante. Los autores suponen que las reformas legales en los Estados analizados responden, en ocasiones, a incrementos previos en el nivel de fraude y, para controlar esta endogeneidad, proponen una especificación del modelo que capture la tendencia a defraudar antes de la implantación de las leyes nuevas. Entre sus resultados destacan que la creación de unidades especiales de investigación (SIUs) o la consideración del fraude como un delito mayor atenúan su aparición.

Un artículo que combina las teorías económicas basadas en el coste de verificación de los siniestros con las técnicas estadísticas de detección del fraude es el presentado por Tennyson y Salsas-Forn (2002). Los autores examinan la relación entre el objetivo teórico de las estrategias de auditoría de disuadir al defraudador, y el de detección de los siniestros fraudulentos. En concreto, basándose en un modelo logit, ofrecen contrastes separados para evaluar si las prácticas de auditoría de las compañías aseguradoras persiguen detectar los siniestros fraudulentos o disuadir al demandante, obteniendo como resultado principal que la entidad aseguradora al auditar busca ambos objetivos.

En cuanto a las técnicas de clasificación, los modelos de elección discreta han sido ampliamente desarrollados para la detección de siniestros ilegítimos en el ámbito de los daños materiales en el seguro del automóvil. Por lo general, los investigadores han ajustado modelos logit para la estimación de los siniestros fraudulentos (Artís *et al.* 2002; Viane *et al.*, 2007), aunque también se ha utilizado la

regresión probit (Belhadji *et al.*, 2000). Respecto a los siniestros de daños corporales, Weisberg y Derrig (1998) ajustaron una regresión lineal multivariante para estimar la relación existente entre el grado de sospecha de fraude (variable dependiente) y determinados indicadores (características del accidente, del demandante, de la lesión, etc.). Una propuesta interesante es la presentada por Rempala y Derrig (2004). Los autores, dado que la variable dependiente fraude/no fraude es una variable latente (es decir, no directamente observable), aplican el algoritmo de maximización de la expectativa (EM) en la estimación de los parámetros de modelos de mixturas, para detectar aquellos siniestros en los que la víctima había exagerado el coste de las facturas médicas. Una aplicación de dicho algoritmo en el análisis del fraude en siniestros con daños materiales puede encontrarse en Caudill *et al.* (2005).

En los últimos años también se han aplicado sistemas de inteligencia artificial en la detección de siniestros de daños personales fraudulentos. Brockett *et al.* (1998), por ejemplo, han implementado una red neuronal artificial⁶ para clasificar los siniestros de daños corporales según el grado de sospecha de fraude. En la misma línea, Brockett *et al.* (2002) aplican la técnica conocida como análisis de componentes principales de la escala RIDIT (PRIDIT) para la clasificación de los siniestros. Esta técnica permite evaluar y seleccionar aquellas características del siniestro que realmente contribuyen a la clasificación fraude/no fraude, desechando la información poco relevante. Ambas metodologías son redes de aprendizaje no supervisado y, por tanto, desarrollan un sistema de puntuación de los siniestros sin conocer previamente la variable dependiente. Es decir, la ventaja de estas técnicas es que, para implementarlas, no requieren de una muestra previa observada en la cual sean conocidos los siniestros que son fraudulentos y los que no. Una descripción y comparación de las técnicas estadísticas de clasificación más extendidas en la detección de siniestros fraudulentos puede encontrarse en Viane *et al.* (2002). Los autores concluyen que las técnicas relativamente más sencillas como la regresión

⁶ En concreto, los autores aplican un mapa auto-organizado de características.

logística, o las máquinas de vectores de soporte (*support vector machine*), son las que muestran mejor capacidad de predicción.

2.2.3 Gravedad de la lesión

Los apartados anteriores se centran principalmente en aspectos económicos del daño corporal, pero no se deben ignorar los efectos sociales que se derivan de un accidente de tráfico (sufrimiento, muerte, etc.). Dada su relevancia, por tanto, más allá de las consecuencias económicas de los accidentes de circulación con víctimas, la seguridad vial es objeto de atención en sí misma desde diferentes sectores de la sociedad. A nivel teórico, autores como Gossner y Picard (2005) han sugerido que los conductores se adaptan a las mejoras en la seguridad, y proponen un mecanismo para incorporar estas adaptaciones del comportamiento en el análisis coste-beneficio de las políticas de seguridad vial.

Desde un punto de vista empírico, una de las posibilidades para mejorar la seguridad del tráfico consiste en disminuir la gravedad de los accidentes. Para lograr dicho objetivo, las políticas de seguridad vial deben dirigirse sobre los factores de riesgo que inciden en la gravedad de la víctima. Por este motivo, una de las principales líneas de investigación del daño corporal en la comunidad científica se ha centrado en identificar aquellos factores que influyen en la gravedad esperada de las lesiones de un accidente. Metodológicamente, se han utilizado desde contrastes estadísticos para el análisis individual de los factores de interés (Ostrom y Ericsson, 2001; Al-Ghamdi, 2003), regresiones paramétricas para el análisis multivariante de la información (Al-Ghamdi, 2002; Voas *et al.*, 2002; Palanca *et al.*, 2003; Ulfarsson y Mannering, 2004), hasta complejas técnicas de minería de datos (Sohn y Shin, 2001; Abdel-Aty y Abdelwahab, 2004; Chang y Wang, 2006).

En relación con los primeros trabajos, Ostrom y Ericsson (2001) analizan las características de los peatones fallecidos por atropellos, contrastando si existen diferencias significativas entre aquellos viandantes que habían ingerido alcohol y los que no. De acuerdo con sus resultados, por ejemplo, las víctimas que dieron positivo eran en promedio más jóvenes, o la proporción de hombres que habían ingerido

alcohol era mayor que la de mujeres. Al-Ghamdi (2003), por su parte, estudia las diferencias entre los accidentes de tráfico con víctimas y aquellos con sólo daños materiales. En concreto, contrasta si existen diferencias significativas entre estos dos tipos de siniestros según el lugar de ocurrencia (intersección, rotonda, etc.), tipo de colisión, o causa del accidente (exceso de velocidad, no respetar preferencias del paso, etc.). De los factores analizados, únicamente las colisiones debidas al ángulo muerto de visión (tipo de colisión), o contra un objeto fijo (tipo de accidente), no presentan diferencias estadísticamente significativas en el porcentaje de casos para ambos grupos.

En cuanto a las técnicas paramétricas de regresión multivariante, los modelos de elección discreta han sido ampliamente utilizados en la estimación de la gravedad de las víctimas de accidentes de tráfico. Al-Ghamdi (2002), por ejemplo, aplica un modelo logit para analizar la contribución de diferentes factores en la probabilidad de que la víctima de un accidente fallezca. Entre sus resultados destaca que los accidentes en intersecciones son menos graves que los ocurridos en otros lugares. Voas *et al.* (2002), por su parte, aplican una regresión logística sobre una muestra de accidentes de automóvil en los que habían fallecido niños. Los autores modelizan la probabilidad de que el conductor estuviera ebrio en función de determinadas características demográficas como la edad, el sexo y la raza. De acuerdo con sus resultados, si el niño fallecido era de cualquier otra raza diferente a la blanca o asiática, es más probable que el conductor estuviera ebrio en el momento del fatal accidente. Palanca *et al.* (2003), en cambio, aplican un modelo logit para evaluar el funcionamiento de los protocolos hospitalarios de identificación de las víctimas graves de accidentes de tráfico. Los autores concluyen que dichos protocolos de actuación, basados exclusivamente en un criterio anatómico, pueden necesitar una revisión, puesto que factores como si la víctima fue expulsada del vehículo, o si el vehículo iba a una alta velocidad, tienen capacidad explicativa en la gravedad.

En los artículos anteriores se implementan modelos de respuesta binaria, pero, en la estimación de la gravedad de la víctima, también se han aplicado extensamente las regresiones de respuesta múltiple. En este sentido, dado que la categorización de

la gravedad de la víctima puede ser considerada como una variable ordinal, en la literatura han predominado los modelos de respuesta múltiple ordenada (Kockelman y Kweon, 2002; Lee y Abdel-Aty, 2005; Ayuso y Santolino, 2006a). Ahora bien, como señalan Ulfarsson y Mannering (2004), la utilización del logit ordenado no siempre está justificada sobre el multinomial, aun cuando la variable dependiente de la regresión sea ordinal⁷. Ulfarsson y Mannering, mediante diferentes regresiones logísticas multinomiales, examinan las diferencias en la gravedad de las lesiones derivadas de accidentes de tráfico según el género de la víctima. Los autores muestran que existen diferencias sustanciales en la contribución de los factores sobre la gravedad según el sexo⁸, atribuyendo esta desigual influencia a comportamientos diferenciados en la conducción. Carson y Mannering (2001), por su parte, también han ajustado una regresión logística multinomial para analizar la efectividad de las señales de advertencia ‘peligro por nieve’ sobre la gravedad de los accidentes relacionados con el hielo. Por el contrario, los trabajos presentados por Kockelman y Kweon (2002), Lee y Abdel-Aty (2005) y Ayuso y Santolino (2006a) aplican modelos probit/logit acumulados para explicar la gravedad del accidente. Estos modelos, a diferencia del probit o logit multinomial, tienen en cuenta que la variable de respuesta es ordenada. En el capítulo 5 se desarrollan en profundidad estos modelos, y se realiza una descripción detallada del estado actual.

Otros tipos de regresiones paramétricas también han sido aplicados en el ámbito de la gravedad de los accidentes de circulación, aunque en menor medida. Abdel-Aty *et al.* (1998), por ejemplo, consideran la gravedad de la víctima como variable explicativa para examinar su interacción con otras variables categóricas. En concreto, los autores ajustan una regresión log-lineal para modelizar la frecuencia de

⁷ Para una discusión entre el logit multinomial y el logit ordenado en la modelización de la gravedad, véase capítulo 5.

⁸ Además de diferente intensidad o nivel de significación de los factores, los autores mostraron que algunos tipos de accidentes influían sobre la gravedad de las lesiones en dirección opuesta según el género de la víctima.

siniestros, considerando, como factores, la edad de la víctima, la densidad de tráfico de la carretera y la gravedad de las lesiones.

Finalmente, autores como Kuhnert *et al.* (2000) han utilizado técnicas no paramétricas en el estudio de la seguridad vial. En particular, los autores examinan si los distintos comportamientos al volante (inexperto, agresivo, etc.) son factores de riesgo que contribuyen a la gravedad del accidente. Metodológicamente, Kuhnert *et al.* comparan los resultados de una regresión logística con dos modelizaciones no paramétricas como son los árboles de clasificación/regresión, y los *splines* de regresión multivariante adaptativa, conocidos por sus acrónimos en inglés CART y MARS, respectivamente. Los autores muestran que los procedimientos CART y MARS pueden ser utilizados como técnicas complementarias para identificar las variables explicativas más importantes en la regresión logit, ofreciendo resultados gráficos que permiten de forma sencilla visualizar la contribución de estos regresores sobre la variable de interés. Entre sus resultados más importantes destacan que la edad y la experiencia del conductor son los factores que permiten identificar en mayor medida a los grupos de alto riesgo.

En la misma línea, para accidentes ocurridos en Corea, Sohn y Shin (2001) comparan el nivel de clasificación correcta de la gravedad obtenido por diferentes técnicas de minería de datos, como son los árboles de decisión (CART y C4.5), las redes de aprendizaje supervisado (redes neuronales), o la regresión logística acumulada. Los autores categorizan la variable dependiente en tres niveles y consideraron inicialmente veintidós variables explicativas. De acuerdo con sus resultados, la no utilización de medidas de seguridad (casco y cinturón) son los que más influyen en la gravedad de la víctima. En cuanto a los porcentajes de clasificación correcta, los autores consideran que no existen diferencias significativas en las tres técnicas utilizadas. Abdel-Aty y Abdelwahab (2004), por su parte, analizan la capacidad de predicción de la gravedad de las víctimas con la implementación de dos redes neuronales *versus* la obtenida mediante un probit ordenado. Concretamente, las redes neuronales que consideran para la identificación de los patrones son un MLP (*multilayer perception*) y un Fuzzy ARTMAP. Los

autores fijan cuatro niveles de gravedad en la variable dependiente y, como variables explicativas, tienen en cuenta atributos de la víctima, características de la calzada en el momento del accidente y del vehículo. De acuerdo con sus conclusiones, el grupo con mayor riesgo de sufrir un accidente grave son las mujeres mayores y ebrias. Además, sugieren que la red neuronal MLP se comporta significativamente mejor en la predicción de la gravedad que el probit ordenado⁹. Por último, Chang y Wang (2006) aplican la metodología CART para establecer la relación entre la gravedad de la víctima (3 categorías) y diferentes factores de riesgo. De un total de veinte predictores, los autores señalan que el tipo de vehículo es la variable que mejor clasifica la gravedad de la víctima. A favor de la metodología implementada, Chang y Wang señalan el elevado porcentaje de casos correctamente clasificados (91%). Por contra, su debilidad, la mala clasificación de los casos más graves.

2.2.4 Coste del siniestro

Una última línea de investigación estadístico-actuarial en el ámbito de los daños corporales de accidentes de tráfico se centra en la estimación del coste económico de los siniestros. En general, el objetivo perseguido con la modelización del coste ha sido evaluar la influencia de determinados factores de interés sobre la valoración económica final del accidente (como, por ejemplo, el efecto de la negociación con la parte contraria), así como analizar las implicaciones que se derivan para el asegurador en el cálculo de la provisión por siniestros pendientes (Taylor y Campbell, 2002; Derrig y Weisberg, 2004; Antonio *et al.* 2006; Derrig y Rempala, 2006).

⁹ Para contrastar si existen diferencias en la calidad de clasificación entre ambas técnicas, Abdel-Aty & Abdelwahab (2004) utilizan el estadístico normalmente distribuido $z = (p_A - p_B) / \sqrt{2p(1-p)/n}$, donde p_A y p_B son los porcentajes de casos clasificados incorrectamente por cada modelización, y p se define como $p = (p_A + p_B) / 2$.

Un análisis descriptivo de los principales elementos que componen el coste por daños corporales puede encontrarse en Marter y Weisberg (1991). Los autores clasifican una muestra de siniestros de tráfico ocurridos en Massachussets en cuatro categorías según el tipo de lesión de la víctima (esguince, fractura, contusión o gravemente herido) y los comparan en términos del coste médico total, coste médico sin hospitalización, proveedor de la asistencia médica, frecuencia en las visitas y/o el período de curación. Marter y Weisberg animan a las compañías a controlar la evolución de estos indicadores a lo largo del tiempo, sugiriendo que aquellos siniestros cuyo coste total médico se sitúe por encima del percentil 90% de la distribución (o 95%, si la compañía es conservadora) pueden considerarse atípicos, y requieren una evaluación más detallada para determinar si el demandante ha exagerado la cuantía declarada.

Autores como Weisberg y Derrig, por su parte, han estimado los determinantes del coste total de la compensación por daños personales en diferentes estudios (Weisberg y Derrig, 1993, 1995, 1998), con especial atención, en sus contribuciones más recientes, al efecto de la negociación en la indemnización final (Derrig y Weisberg, 2004). Para siniestros ocurridos en 1989 y 1993, Weisberg y Derrig (1995) modelizan la relación entre el logaritmo de la indemnización total por daños corporales y diferentes aspectos considerados por el perito cuando audita el siniestro (principalmente, características de la lesión y del tratamiento médico recibido por la víctima). En las aplicaciones utilizan un modelo tobit, para tener en cuenta la posibilidad de censura en los datos, debido a máximos legales de indemnización y/o límites fijados en las pólizas. De acuerdo con sus resultados, por ejemplo, la contratación de un abogado, el hecho de que la lesión fuera clasificada como grave por parte del perito, o que el accidente produjera algún tipo de fractura a la víctima son factores que aumentan el logaritmo de la indemnización esperada. Por el contrario, disminuye el valor esperado del logaritmo de la indemnización en aquellos siniestros con indicios de exageración del coste. Respecto al resto de factores, el porcentaje de culpa del conductor, el coste médico incurrido, el lucro cesante sufrido por la víctima o el número de semanas incapacitado son variables con capacidad

explicativa sobre la indemnización final. Posteriormente, Derrig y Weisberg (2004) replican nuevamente el modelo ajustado sobre una muestra de accidentes ocurridos en 1996, señalando que se mantiene la estabilidad de las estimaciones. En su nueva modelización, los autores expanden el modelo anterior incorporando cuatro regresores. En concreto, demuestran que el hecho de que tres o más demandantes fueran en el mismo vehículo siniestrado, que la misma compañía aseguradora indemnice por PIP (*personal injury protection*) y por BIL (*bodily injury liability*)¹⁰, o que el impacto del choque sea pequeño, son factores que están inversamente relacionados con el logaritmo de la indemnización esperada. En cambio, cuando al paciente se le realizó un diagnóstico médico con pruebas específicas¹¹, aumenta el logaritmo de la indemnización esperada.

En la segunda parte del artículo, evalúan el efecto de la negociación en la indemnización, incluyendo variables relacionadas con la cuantía demandada y el nivel de investigación del siniestro. En particular, introducen como regresores el nivel de sospecha de fraude por parte del perito¹², si se realizó un examen médico independiente y el resultado del examen, la ratio entre la demanda solicitada y los daños económicos, así como una variable de control de los siniestros en los que era desconocido el nivel de discapacidad de la víctima. Entre sus resultados destaca que las demandas más agresivas reciben una mayor indemnización o que, en promedio, por cada punto adicional de sospecha de fraude, disminuye en un 2,6% la cuantía esperada. En relación a los siniestros con discapacidad desconocida, los autores sugieren que la falta de información sobre la discapacidad es fruto de una estrategia seguida deliberadamente por el demandante con el propósito de obtener una mayor

¹⁰ En el sistema de compensación sin culpa, hasta un límite establecido, la propia compañía aseguradora indemniza a la víctima (PIP). La cuantía que exceda del límite, si la víctima no es culpable, ha de cubrirla la compañía del conductor culpable (BIL).

¹¹ En concreto, si se le practicó a la víctima un escáner CAT o MRI.

¹² El nivel de fraude se valora con un sistema de puntuación del 1 al 10, reflejando de menos a más sospecha de fraude.

indemnización. En otro artículo, Derrig (2004) analiza el proceso de negociación como una secuencia de sucesivas demandas/ofertas hasta llegar a un acuerdo entre las partes. El autor asume que existe un patrón de conducta por parte de la compañía en función de la demanda inicial de la víctima, y propone modelizar la ratio oferta/demanda de cada fase (variable dependiente) como la reacción del asegurador a la demanda presentada por la parte contraria (variable explicativa). De acuerdo con sus resultados, los coeficientes negativos de la variable explicativa para todas las fases, indican que una mayor demanda conduce a una menor oferta relativa. Alternativamente, modeliza la ratio entre la primera oferta/demanda en función de diversas características del siniestro, obteniendo, entre otros resultados, que las lesiones graves, o aquellas valoradas después de un año desde la ocurrencia del siniestro, tienen una mayor oferta inicial.

En un trabajo posterior, Derrig y Rempala (2006) consideran el proceso de negociación como un proceso estocástico donde el número de tanteos (oferta/demanda) hasta el acuerdo final se distribuye según una Poisson con función de intensidad dependiente de determinadas covariables¹³ (proceso no-homogéneo de Poisson). Los autores distinguen dos procesos estocásticos diferentes, uno para las negociaciones ‘rápidas’ (dos tanteos) y otro para las ‘lentas’ (tres o más tanteos). Lamentablemente, no encuentran una forma funcional explícita entre las funciones de intensidad y las covariables, por lo que proponen estimar una regresión logística multivariante como clasificadora de los siniestros (rápidos/lentos). El modelo logit estimado es significativo y el signo de los coeficientes es el esperado. A partir de la clasificación obtenida, comparan gráficamente las funciones de intensidad reales de ambos grupos de negociaciones (‘rápidas’ y ‘lentas’) con las funciones de intensidad estimadas¹⁴, concluyendo que el ajuste es satisfactorio.

¹³ Las covariables son las utilizadas por Derrig (2004) para modelizar la ratio entre la primera oferta y demanda y, principalmente, hacen referencia a características del siniestro.

¹⁴ Las covariables actúan como regresores del logit multivariante, pero las funciones de intensidad de los grupos estimados dependen únicamente del término constante (proceso homogéneo de Poisson).

D'Arcy (2005), por su parte, evalúa en términos económicos las prácticas de investigación de siniestros llevadas a cabo por las compañías aseguradoras. Concretamente, el autor analiza las diferencias en la indemnización de los siniestros en función de si se realizó o no el informe médico pericial. El objetivo perseguido es encontrar patrones que ayuden a la compañía a identificar aquellos siniestros en los que ahorraría más dinero (es decir, en los que disminuiría más la cuantía indemnizatoria) si se realizase el informe. Metodológicamente, aplica la técnica de minería de datos D2K (*Data to Knowledge*) para la generación del modelo lineal predictivo óptimo. Entre sus resultados señala que el coste total o la factura declarada de los servicios médicos están positivamente correlacionados con el ahorro monetario obtenido.

En el terreno del cálculo de provisiones por siniestros pendientes encontramos el artículo presentado por Antonio *et al.* (2006). Los autores modelizan el cálculo de la provisión por los siniestros declarados pero no valorados (*Reported But Not Settled*, RBNS). La especificación propuesta se basa en la teoría de los modelos mixtos para la estimación individual (del logaritmo) de la indemnización pendiente de cada siniestro abierto. Concretamente, como efectos fijos consideran el año de entrada, el de calendario, el de desarrollo y el logaritmo del año de desarrollo. Del mismo modo, como efectos aleatorios sugieren el año de desarrollo y su logaritmo. En cuanto a la modelización de la matriz de covarianzas, asumen términos de perturbación independientes por lo que proponen una matriz diagonal sin ninguna estructura predefinida. La estimación de los parámetros la realizan desde el enfoque frecuentista (máxima verosimilitud) y bayesiano. Los autores comparan los resultados estimados con los obtenidos mediante las técnicas más tradicionales basadas en datos agregados (principalmente, los métodos de reservas Chain-Ladder), concluyendo que la metodología propuesta ofrece predicciones adecuadas y, al basarse en la teoría estadística, permite, por ejemplo, estimar la variabilidad de las predicciones. En la misma línea, Ayuso y Santolino (2006a) proponen calcular las reservas por siniestros pendientes en función de la estimación individual del coste de los siniestros. Concretamente, distinguen diferentes etapas durante la vida del

siniestro en base a la información disponible por la compañía. Mediante un logit ordenado secuencial, estiman la gravedad esperada de la víctima en las diferentes etapas. Los autores asignan a reservas el coste medio de la categoría pronosticada, calibrando la primera asignación en las sucesivas fases de la vida del siniestro según las variaciones observadas en la predicción de la gravedad. Basándose en los resultados obtenidos, señalan que el nivel de reservas estimado con esta metodología es apropiado para cubrir el coste final de los siniestros, mejorando la precisión a medida que la compañía dispone de más información del accidente. En cuanto a la estimación de la provisión RBNS para datos agregados, autores como Stephens *et al.* (2004) han considerado un modelo bayesiano jerárquico en tres fases. En la primera fase, asumen que el número de siniestros ocurridos en un año se distribuye según una Poisson. En la segunda, mediante modelos de supervivencia, estiman el tiempo que transcurrirá hasta la valoración de los siniestros ocurridos en un determinado año y, finalmente, ajustan una regresión Gamma para modelizar su coste de compensación (véase, para un modelo bayesiano en dos fases, Ntzoufras y Dellaportas, 2002).

Finalmente, señalar que en otras áreas del seguro diferentes a la de automóviles, también se ha planteado el cálculo de las reservas mediante la estimación individual del coste de los siniestros. Haastrup y Arjas (1996), por ejemplo, modelizan el proceso de pagos parciales y la valoración de cada siniestro mediante técnicas bayesianas no-parámétricas, que permiten estimar la distribución del coste de los siniestros pendientes en el seguro de accidentes. Anteriormente, Norberg (1993), fijando ciertos supuestos sobre la ocurrencia de los siniestros, señaló que el total de pagos por los siniestros pendientes seguía una distribución de Poisson generalizada. Brookes y Prevett (2004), por su parte, consideran diferentes métodos estadísticos para la estimación individual del coste de los siniestros de accidentes laborales ocurridos en Australia.

2.3 La siniestralidad vial en España

En España, los accidentes de tráfico son la quinta causa de muerte de la población, ocupando la primera posición entre las personas menores de 40 años. De acuerdo con

los datos de la Dirección General de Tráfico (DGT), en el año 2005 se produjeron 91.187 accidentes de circulación, en los cuáles fallecieron 4.442 personas, 21.849 resultaron heridas graves¹⁵ y 110.950 lo fueron leves. Estos datos de accidentabilidad pertenecen a estadísticas oficiales, pero existen evidencias de que un elevado número de accidentes de tráfico con víctimas no se comunican a las autoridades. Los estudios que han abordado este problema de falta de comunicación señalan que en la UE al menos un 30% de los accidentes con víctimas graves y un 60% de los leves no son declarados (OECD-IRTAD, 1994; ETSC, 1997). Por tanto, si calibramos las estadísticas oficiales con estos factores de corrección¹⁶, el número de víctimas ascendería hasta los 312.406.

Estimar el impacto socioeconómico de los accidentes de circulación no es una tarea sencilla y dependerá de la metodología considerada. En España, el coste socioeconómico atribuible a los accidentes ocurridos durante el año 2002 oscila entre los 11.606 y los 16.011 millones de euros, dependiendo de si la metodología de estimación utilizada es la de indemnizaciones o de disposición al pago¹⁷ (Garrido y Lopez, 2005). En términos del PIB, este coste representa entre el 1,6% y 2,2%, respectivamente. En cuanto a su distribución, la reparación de los daños materiales suponen aproximadamente la mitad de los pagos totales (entre un 41 y un 55%). Los

¹⁵ Víctimas graves son aquellas que han necesitado más de 24 horas de hospitalización.

¹⁶ Cabe señalar que estos porcentajes son en promedio para toda la UE, aunque, para el caso español, en numerosos trabajos empíricos se han aceptado estos niveles (RACE, 2003; Garrido y Lopez, 2005).

¹⁷ Las dos metodologías más utilizadas para la cuantificación del coste económico de los accidentes de tráfico son la de indemnizaciones o la de disposición al pago. Ambos métodos desglosan el coste total en 5 componentes: daño material, costes administrativos, pérdida de producción, gastos médicos y coste humano, diferenciándose en la valoración de este último. El método de indemnizaciones cuantifica el coste humano en función de las compensaciones medias pagadas por las compañías aseguradoras en concepto de daño moral. Por el contrario, el método de disposición al pago, es un criterio basado en las preferencias manifestadas por los individuos. En concreto, este último computa el valor que los individuos estarían dispuestos a pagar por la reducción del riesgo (DFID, 2003).

costes administrativos, por su parte, representan alrededor del 10%. El resto, entre un 35 y un 49% del total, se derivaría directamente del daño corporal.

La elevada accidentabilidad vial no es una característica particular de los conductores españoles, sino que es un problema a nivel mundial. La Organización Mundial de la Salud, en su informe mundial (OMS, 2004), califica la seguridad vial como un problema de salud pública que provoca en el mundo más de 1,2 millones de víctimas, y de 50 millones de heridos anuales. La OMS señala que en los países desarrollados tiende a disminuir el número de accidentes de tráfico, pero advierte que, por el contrario, están creciendo considerablemente en los países pobres, pronosticando que en el 2020 será la tercera causa de muerte a nivel mundial. En relación al coste socioeconómico de los accidentes, subraya que suponen alrededor del 1% del PNB en los países de ingresos bajos, el 1,5% en los de ingresos medios, llegando hasta el 2% en los países de ingresos altos. En total, la OMS estima que representan un coste mundial anual de 518.000 millones de dólares. Sólo en Europa, los accidentes de tráfico se cobran anualmente 47.000 vidas y dejan 1,8 millones de personas lesionadas, provocando unos costes económicos superiores a 160.000 millones de euros (SafetyNet, 2005).

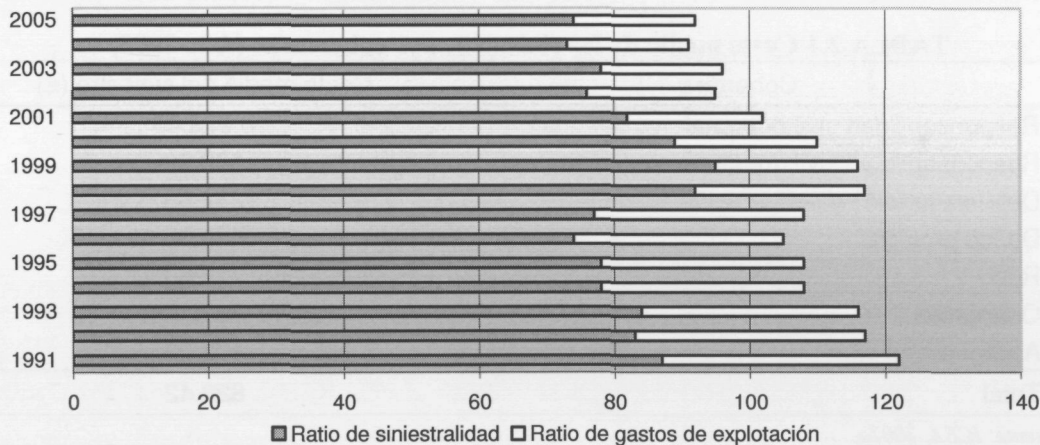
2.3.1 El seguro del automóvil

El seguro del automóvil es el de mayor contratación en el ramo de No Vida, con un volumen total de primas gestionadas por valor de 11.548 millones de euros en el año 2005, importe que representa el 41% del total de las primas del ramo y, en términos del PIB, una tasa del 1,3%. Este seguro, después de un largo período con resultados negativos, desde el año 2002 vuelve a ser rentable¹⁸ para las compañías aseguradoras (Gráfico 2.1). Esta rentabilidad viene motivada, principalmente, por el descenso en el

¹⁸ La rentabilidad del ramo del automóvil se mide mediante el *ratio combinado*, que consiste en la suma de la siniestralidad (número de accidentes × coste) más los gastos de explotación, dividido entre las primas imputadas.

número de accidentes y el control de los gastos de explotación, así como por el crecimiento de las primas (Sandra-Vives *et al.*, 2006).

GRÁFICO 2.1 Ratio combinado de las aseguradoras en el ramo del automóvil



Fuente: Sandra-Vives et al., 2006.

El coste medio de los siniestros según el tipo de cobertura afectado se detalla en la Tabla 2.1. Cabe señalar que en España el aseguramiento es únicamente obligatorio para la cobertura de responsabilidad civil (RC), siendo el resto de coberturas voluntarias, por lo que los niveles de contratación de éstas serán muy variables. De este modo, por ejemplo, la cobertura de asistencia en viaje esta contratada en un 85% de las pólizas, mientras que la de daños propios, no llega al tercio de los asegurados. Según UNESPA (2006), en el año 2005 el número estimado de siniestros en el seguro del automóvil fue de más de 10,5 millones, siendo los siniestros derivados de las coberturas de asistencia en viaje y los de daños propios los de mayor frecuencia. La siniestralidad en la cobertura de RC, por su parte, ocupó el tercer lugar por número de siniestros, con casi 2,5 millones.

Considerando únicamente la cobertura de RC, en el año 2004 las compañías aseguradoras pagaron más de 5.000 millones de euros en siniestros por responsabilidad civil, de los cuáles, aproximadamente el 62% se destinó a daños corporales (RC personal), y el 38% a daños materiales (RC material). Cabe recordar que los daños materiales producidos en el vehículo del conductor culpable no están

cubiertos por RC. Por el contrario, aún siendo el culpable del accidente, parte del daño corporal queda garantizado mediante la cobertura de RC (por ejemplo, los gastos de asistencia sanitaria que se deriven, véase capítulo 3).

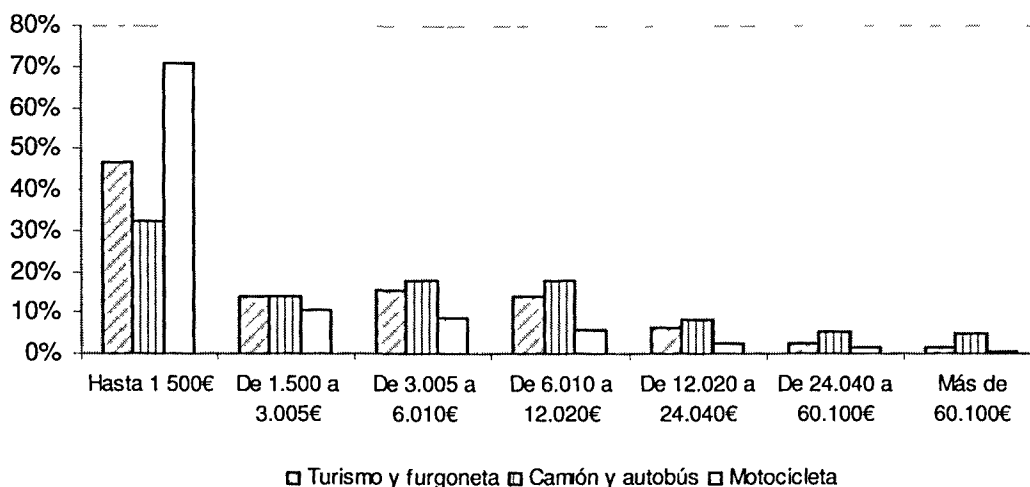
TABLA 2.1 Coste medio de los siniestros por coberturas (Año 2005)

Cobertura	Coste medio del siniestro (€)
Responsabilidad civil personal	3.073,48
Responsabilidad civil material	569,32
Defensa jurídica y reclamación	212,86
Daños propios	499,34
Robo	732,43
Ocupantes	731,35
Asistencia en viaje	103,08
Total	622,42

Fuente: ICEA, 2007a.

Si analizamos la distribución de los siniestros por intervalos de coste (Gráfico 2.2), observamos que la mayoría de los siniestros generan pagos de pequeñas cuantías, existiendo importantes diferencias según el tipo de vehículo implicado. Nótese que, en el caso de motocicletas, por ejemplo, el primer intervalo (pagos inferiores a 1.500€) supone el 70% de los siniestros; en cambio, para los camiones y autobuses, representa poco más del 30%. En el otro extremo, menos del 0,5% de los siniestros tienen un coste superior a los 300.000€ (UNESPA, 2006).

GRÁFICO 2.2 Distribución de los siniestros por intervalos de coste

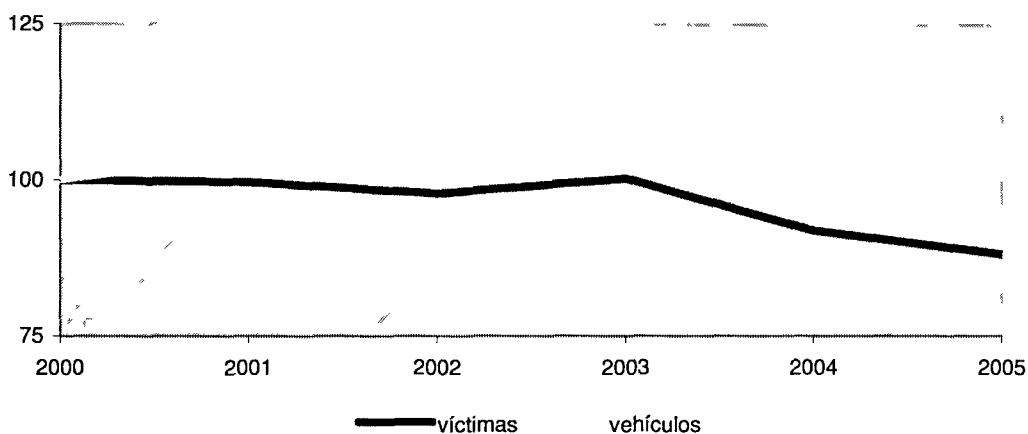


Fuente: Unespa (2006).

2.3.2 Perspectivas sobre la futura siniestralidad

A pesar de que en el período 2000-2005 aumentó un 19% el parque de vehículos en España, alcanzando los 27,7 millones de vehículos matriculados¹⁹, las diferentes políticas de seguridad vial, así como la mejora en la seguridad de los automóviles, han logrado que, en el mismo intervalo de tiempo, el número total de víctimas en accidentes de tráfico disminuyera en un 12%. En el Gráfico 2.3 se compara la evolución en el número de vehículos matriculados y el número de lesionados en accidentes de tráfico para el período 2000-2005.

GRÁFICO 2.3 Evolución del número de vehículos y víctimas en el período 2000-2005 (Año base=100%)



Fuente: DGT (2007).

Estos datos son positivos puesto que reflejan una disminución en la frecuencia de siniestros por daños personales. Ahora bien, para cuantificar la siniestralidad, se ha de tener en cuenta también la evolución del coste unitario de los siniestros. En este sentido, para el período 2001-2004, el coste total por responsabilidad civil (personal y material) en el seguro del automóvil aumentó desde los 4.319 hasta los 5.000 millones de euros, representando un incremento superior al 16%. En este mismo período, las víctimas en accidentes de tráfico disminuyeron en un 7%. Por

¹⁹ ICEA (2007b).

otro lado, según los datos del sistema CICOS²⁰, los siniestros con sólo daños materiales crecieron en un 6%. De estos datos se desprende que el incremento del coste total por responsabilidad civil no puede venir explicado por el aumento en la frecuencia de los siniestros, sino por el incremento del coste unitario de los mismos. Numerosos investigadores han advertido sobre el peligro para la industria aseguradora del continuo aumento en el coste de los siniestros, señalando que se debe, principalmente, al incremento en el nivel de compensaciones por daños corporales (Swiss Re, 2004; Bell, 2006). Durante el período 2000-2005, por ejemplo, se estima que el coste medio de los daños corporales graves por accidentes de tráfico en España se incrementó en promedio en un 10% anual (SCOR, 2006).

Al inicio del 2007, las perspectivas para el futuro más inmediato son de que se mantengan las actuales tendencias en la siniestralidad. Por un lado, en relación a la frecuencia de siniestros, se espera que la implantación del carnet de conducir por puntos, desde el 1 de julio de 2006, haya tenido un impacto positivo en la reducción del número de accidentes, y se prevé que durante el año 2007 se mantenga el efecto. En cuanto al coste de los siniestros, con la entrada en vigor de la Quinta Directiva (2005/14/CE) se aumenta el límite mínimo del seguro de RC Obligatoria hasta un millón de euros por víctima, o de cinco millones de euros por siniestro²¹. Este incremento en el límite supondrá, previsiblemente, un aumento en el coste de las indemnizaciones, puesto que éstas se establecen según los límites obligatorios asegurados (capítulo 3). Por otra parte, la Dirección General de Seguros (DGS) ha declarado que pretende revisar y actualizar las cuantías del baremo durante el año 2007. El impacto de estas medidas sobre el incremento en el coste de los siniestros por daños personales será aún mayor si, como se espera, tienen carácter retroactivo y,

²⁰ El sistema CICOS gestiona los siniestros sin daños personales entre dos vehículos cubiertos por compañías aseguradoras diferentes. Según UNESPA (2006) este sistema recoge aproximadamente el 70% de los siniestros con daños materiales.

²¹ Actualmente se diferencia entre daños personales, donde el límite es de 350.000 euros por víctima, y los daños materiales, con un mínimo asegurable de 100.000 euros por siniestro.

por tanto, afectan a todos los siniestros que estén abiertos en la compañía. En conjunto, el resultado global es incierto, pero todo parece indicar que, como hasta ahora, la disminución en el número de siniestros no será suficiente para compensar el aumento del coste. Además, lo anterior se debe situar dentro de un contexto con una fuerte competitividad en precios entre compañías (ya iniciada en el año 2004²²) y, por tanto, con dificultad para repercutir los incrementos del coste en las primas.

²² El incremento porcentual de las primas medias en el año 2004 fue del 2%, muy por debajo del IPC general de ese año que se situó en el 4%, y en el año 2005 las primas medias han tenido un crecimiento nulo (0%).

Capítulo 3

La valoración económica del daño corporal: aspectos legales

3.1 Introducción

La elevada accidentalidad vial es uno de los grandes retos para la sociedad española en general, y para el sector asegurador del automóvil en particular. Cuando ocurre un accidente de tráfico con víctimas, éstas deben ser recompensadas económicamente por el daño ocasionado. Cómo cuantificar adecuadamente la indemnización por el daño sufrido es un tema de continuo debate entre los especialistas. En la valoración económica del perjuicio producido a la víctima deben quedar recogidos conceptos de muy diversa naturaleza. Por un lado, deben considerarse las repercusiones económicas que el accidente le ha ocasionado, como serían el *lucro cesante* o los gastos asistenciales, pero también ha de quedar incluida la compensación económica por el daño corporal propiamente dicho.

Un primer criterio para el cálculo de la 'justa' indemnización podría consistir en aplicar, siempre que sea posible, el principio de reparación integral por equivalente monetario. Es decir, lograr que el lesionado se encuentre en situación igual a la que estaría si el daño no se hubiese producido. En este sentido, el daño patrimonial normalmente podrá ser valorado económicamente utilizando este concepto. En cambio, respecto al daño biológico o el daño moral, ¿cómo podemos cuantificar económicamente la reparación integral de una lesión? ¿y la pérdida de

una vida humana? La cuantía de reparación total para este tipo de daños en numerosas ocasiones será próxima al infinito. Además, en los casos que exista una cuantía finita, ésta dependerá de la valoración subjetiva de la víctima, y, por tanto, será muy difícil de conocer por parte del juzgador. Desafortunadamente, el juez a menudo debe hacer frente a este tipo de situaciones en las que ha de establecer la compensación económica para un accidentado por el daño personal sufrido, pero le es imposible evaluar (o, al menos, observar) el equivalente monetario que repara íntegramente el daño ocasionado. De lo anterior se deriva que, sin directrices que ayuden a los juzgadores a fijar la indemnización económica, nos podremos encontrar con casos de lesionados que, siendo aparentemente muy similares en el perjuicio sufrido, presenten importantes diferencias en las cuantías indemnizatorias que les han sido otorgadas.

Como señalábamos en el capítulo 2, la elevada accidentalidad vial es un problema común para todos los Estados Miembros de la Unión Europea. Con el objetivo de agilizar los procesos de compensación económica y reducir la variabilidad de las indemnizaciones, la mayoría de Estados Miembros disponen de sistemas regulados de valoración económica de los daños personales, en contraposición al sistema que otorga total discrecionalidad a los jueces.

En el siguiente apartado se detalla el sistema de valoración económica de los daños corporales aplicado en España. Posteriormente, en la sección 3.3, se describen diferentes mecanismos de valoración del daño corporal vigentes en otros Estados europeos. Finalmente, en el último apartado se considera el funcionamiento del futuro baremo europeo.

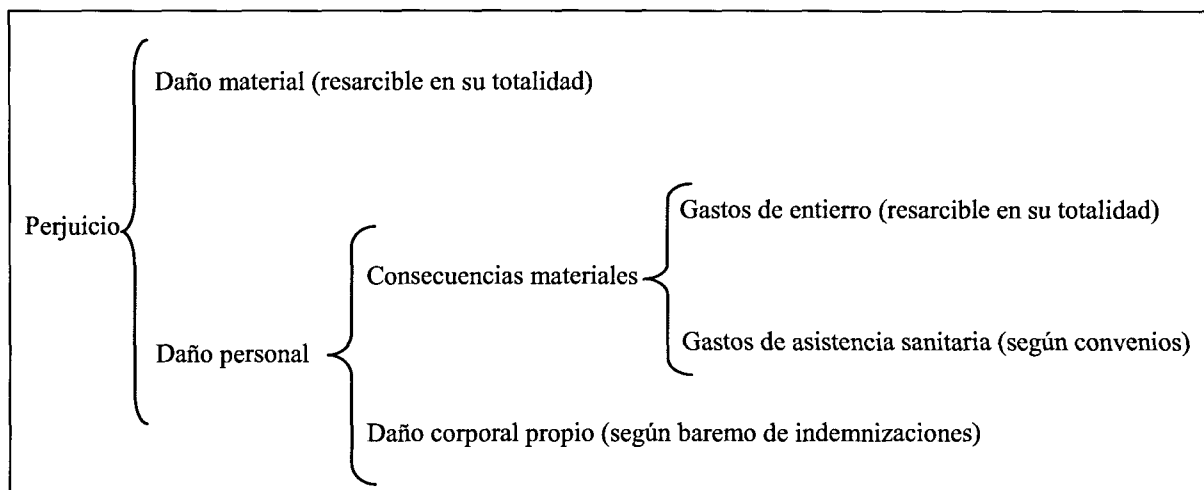
3.2 Valoración de daños corporales en España

3.2.1 Indemnización por el perjuicio derivado de un accidente de circulación

El seguro de suscripción obligatoria (SOA) del automóvil, al ser un seguro de responsabilidad civil, su ámbito de cobertura son los daños y perjuicios ocasionados a terceros por hechos derivados de la circulación y de cuyas consecuencias civiles

sea responsable el conductor del vehículo asegurado²³. De acuerdo con Fernández (1999), la compensación económica por el daño causado a una víctima no responsable civilmente de un accidente de circulación debe cubrir al menos tres diferentes perjuicios (Gráfico 3.1).

GRÁFICO 3.1 Esquema de indemnización



En primer lugar, deben ser indemnizados todos los daños materiales que se hayan derivado del accidente como, por ejemplo, la reparación del automóvil, rotura de las gafas, del móvil, etc. Para ser resarcido del daño material, deberá probarse que realmente se ha producido el perjuicio y la cuantía indemnizatoria deberá basarse en el principio de reparación integral por equivalente monetario, teniendo en cuenta, en su caso, la depreciación de valor que haya podido sufrir el elemento a resarcir.

²³ Quedan excluidos de la cobertura del SOA, por tanto, todos los daños y perjuicios ocasionados por las lesiones o fallecimiento del conductor responsable del siniestro. Además, según ciertas circunstancias, incluso las prestaciones sanitarias y hospitalarias realizadas al conductor responsable, pueden estar limitadas en cuantía o excluidas. Dadas las anteriores deficiencias, la mayoría de entidades aseguradoras establecen en sus pólizas un contrato de seguro complementario, es el Seguro de Ocupantes. Con esta modalidad, la entidad aseguradora garantiza una indemnización, pactada previamente, en los casos de fallecimiento o invalidez permanente del conductor del vehículo asegurado, aunque sea el responsable del siniestro, así como su asistencia sanitaria.

En segundo lugar, están los daños personales. En este apartado cabe distinguir entre el perjuicio económico que genera el daño personal sufrido y el propio daño personal, siendo ambos conceptos indemnizables. Al igual que los daños materiales, los primeros deberán ser resarcidos íntegramente según lo pretendido y probado. En cambio, para los segundos se deberá aplicar el sistema de valoración legal vigente.

3.2.2 Convenios de asistencia sanitaria

Con el fin de garantizar que a todo lesionado de un accidente de tráfico le fuesen cubiertos los gastos asistenciales derivados del accidente, independientemente de quién fuera el responsable del mismo, en 1989 se suscribieron los primeros convenios entre entidades aseguradoras, el Consorcio de Compensación de Seguros e instituciones sanitarias, mediante los cuáles se fijaban las tarifas de los diferentes servicios asistenciales y se establecía, en función de diversas circunstancias, la entidad aseguradora obligada al pago de estas prestaciones sanitarias. La característica más novedosa de estos convenios era que las entidades aseguradoras adheridas no podían alegar como causa para no hacerse cargo del coste de la prestación “la no culpabilidad del siniestro”, ni podían reclamarse posteriormente las cantidades abonadas en virtud de los convenios.

Desde su origen, el objetivo de estos convenios ha consistido en proteger tanto al lesionado como al centro sanitario que le ha asistido, evitando que puedan quedar descubiertos los gastos de los servicios sanitarios prestados o condicionados a la resolución de posibles discrepancias surgidas entre entidades aseguradoras y el Consorcio, o entre las propias entidades aseguradoras. En la actualidad, a nivel nacional, disponemos de dos convenios con instituciones sanitarias suscritos por el Consorcio de Compensación de Seguros y la Unión Española de Entidades Aseguradoras y Reaseguradoras (UNESPA):

- El convenio marco de asistencia sanitaria derivada de accidentes de tráfico suscrito con instituciones sanitarias públicas.
- El convenio de asistencia sanitaria derivada de accidentes de tráfico suscrito con distintas Federaciones y Asociaciones de Hospitales y Clínicas privadas.

Ambos convenios fueron aprobados mediante Resolución de la Dirección General de Seguros y Fondos de Pensiones de 24 de mayo de 2002 y publicados el 14 de junio del mismo año. Estos convenios tienen idéntica estructura y contenido, incorporándose, como anexos, las tarifas aplicables para el año de vigencia del convenio de los diferentes servicios asistenciales provistos. Para años posteriores, ambos convenios se prorrogan automáticamente con mecanismos de actualización de las cuantías estipulados en los mismos, excepto que alguna de las partes manifieste su disconformidad.

La entidad aseguradora obligada al pago de la asistencia médica y el límite máximo de prestación quedan determinados por el tipo de accidente, la institución médica que realiza la asistencia, así como por el vehículo en que viajaba el lesionado o por si éste era el conductor o un acompañante. El esquema que describe el responsable del pago y el límite de prestación se muestra en la Tabla 3.1.

TABLA 3.1 Esquema de cobertura en asistencia sanitaria

<i>Tipo de accidente</i>	<i>Lesionado</i>	<i>Centro sanitario</i>	
		<i>Público</i>	<i>Privado</i>
Atropello peatón	Peatón	A cargo del vehículo asegurado	A cargo del vehículo asegurado
Intervención de un único vehículo	Conductor	Cubierto hasta 4.763,67€* (excluidos vehículos de 3ª categoría†)	Excluido del Convenio
	Ocupantes	Cubiertos sin límite de cantidad	Cubiertos sin límite de cantidad
Intervención de más de un vehículo	Conductor propio	Cubierto sin límite de cantidad‡	Cubierto sin límite de cantidad
	Ocupante propio	Cubierto sin límite de cantidad	Cubierto sin límite de cantidad
	Conductor y Ocupantes contrarios	A cargo de su propia compañía	A cargo de su propia compañía

* Cuantía para los años 2006 y 2007 según el convenio con el Servicio Canario de la Salud.

† Ciclomotores, Motocicletas y asimilables.

‡ Puede reclamar posteriormente el coste a la otra compañía si el vehículo es de 3ª categoría.

En el caso que el vehículo sea robado o carezca de seguro, entonces el Consorcio de Compensación de Seguros reemplaza a la entidad aseguradora y es quien soporta los gastos asistenciales de los lesionados ocupantes del vehículo, a excepción de su conductor²⁴. Con el fin de conseguir el efectivo cumplimiento de estos convenios y dirimir sobre posibles desacuerdos entre las partes, los convenios prevén la creación de una Comisión de Vigilancia y Arbitraje cuyas resoluciones sean de carácter vinculante para las partes. En el último apartado de los convenios se recogen las normas de procedimiento para el desarrollo práctico de los mismos.

3.2.3 Daño corporal propio: antecedentes al baremo

En España, hasta principios de la década de los noventa, se aplicaba un sistema abierto en la evaluación de los daños corporales derivados de un accidente de circulación, mediante el cuál, el juez disponía de total libertad en la fijación de la indemnización económica.

En 1991, por medio de la Orden Ministerial 6601/91, de 5 de marzo, se daba publicidad al primer sistema de valoración de los daños personales ocasionados por vehículos de motor en el ámbito del seguro de responsabilidad civil. Como queda reflejado en los primeros párrafos de la O.M., este sistema de cuantificación de las indemnizaciones nacía como respuesta a las dificultades que estaba atravesando el ramo del automóvil en ese momento. En particular, se destacaban tres elementos que habían incidido especialmente en el desequilibrio técnico del ramo; una elevada litigiosidad, la tendencia alcista de las indemnizaciones y la enorme dispersión en las cuantías indemnizatorias que se otorgaban.

Este nuevo y primer sistema de valoración del daño corporal se realizaba mediante una tabla o baremo de indemnizaciones que recogía, en función de diferentes criterios, la cuantía total a pagar al perjudicado por las lesiones sufridas.

²⁴ Si el Consorcio demuestra que los acompañantes ocupaban voluntariamente el vehículo, también quedaría exento de pagar sus gastos asistenciales.

Se designaba esta tabla de indemnizaciones como procedimiento apto para la entidad aseguradora en el cálculo de las provisiones técnicas por prestaciones pendientes para este tipo de daños. Por otra parte, también se consideraba como elemento orientador para determinar las indemnizaciones a otorgar por daños corporales por parte de los Tribunales. Se trataba, por tanto, de una herramienta de que disponían los jueces para aplicarla en la valoración del daño corporal, cuando las cantidades consignadas en el baremo coincidieran con los perjuicios reales surgidos, pero, en cualquier caso, su aplicación no era de carácter vinculante (en el Apéndice A se presenta un resumen de la evolución de la legislación española en el ámbito del seguro del automóvil).

3.2.4 La ley 30/95, de 8 de noviembre: introducción del baremo vinculante

Con la entrada en vigor de la Ley de Responsabilidad Civil y Seguro en la Circulación de Vehículos a Motor, aprobada a través de la Disposición adicional octava de la Ley 30/1995 de Ordenación y Supervisión de los Seguros Privados, la aplicación del baremo pasó a ser obligatoria en la determinación de las indemnizaciones por daños personales causados a las personas en accidentes de circulación, y así queda establecido en su art. 1:

“Los daños y perjuicios causados a las personas, comprensivos del valor de la pérdida sufrida y de la ganancia que hayan dejado de obtener, previstos, previsibles o que conocidamente se deriven del hecho generador, incluyendo los daños morales, se cuantificarán en todo caso con arreglo a los criterios y dentro de los límites indemnizatorios fijados en el Anexo de la presente Ley”.

El funcionamiento del baremo es bastante sencillo. En primer lugar se determina una indemnización básica sobre la que, posteriormente, se aplican factores correctores que permitirán adecuarse a las características particulares de cada caso. Concretamente, el baremo recoge y cuantifica tres supuestos que originan el derecho de percepción de esta primera indemnización básica:

- Por muerte (Tabla I del baremo), donde se tiene en cuenta el número de perjudicados y su relación (parentesco) con la víctima, por una parte, y la edad de la víctima.
- Incapacidad Temporal (Tabla V del baremo). En esta tabla se diferencian tres posibles situaciones durante el proceso de curación de las lesiones y se fija la cuantía a indemnizar por día para cada una de las mismas. En primer lugar, se establecen los días que ha necesitado de estancia hospitalaria; en segundo término, los días que ha estado incapacitado para desarrollar su ocupación o actividad habitual sin estancia hospitalaria; y por último, los días que, sin estar incapacitado laboralmente, sigue de recuperación²⁵.
- Lesiones permanentes. Transcurrido el período de curación hasta la consolidación de la lesión, marca el tránsito a la última partida de indemnización básica. En la Tabla VI²⁶ del baremo se definen los diferentes tipos de lesiones permanentes indemnizables, diferenciando entre el menoscabo psicofísico (secuelas) y el perjuicio estético. Cada secuela se evalúa mediante una horquilla de puntos, en la que el juez deberá fijar la puntuación final en función del grado de limitación o pérdida de función que haya sufrido el miembro u órgano afectado. Del mismo modo, para el perjuicio estético, se definen diferentes niveles según la intensidad, con una horquilla de puntuación para cada nivel,

²⁵ Por medio de la Disposición Adicional Decimoquinta de la Ley 50/1998, se modificó la Tabla V del baremo, recogiendo por primera vez el concepto de día de baja no impeditivo. Esta modificación afectaría al baremo publicado para el año 1999 y sucesivos.

²⁶ Mediante la Ley 34/2003, de 4 de noviembre, se modifica la Tabla VI del baremo para adaptarse a la normativa Comunitaria, afectando al número y definición de las lesiones permanentes indemnizables. Posteriormente, mediante el R.D. legislativo 8/2004, de 29 de octubre, se aprueba el texto refundido de la Ley sobre Responsabilidad Civil y Seguro en la Circulación de Vehículos a Motor incorporando la nueva Tabla VI en el anexo.

siendo el juez quién deberá determinar la puntuación otorgada por este concepto dentro de la horquilla correspondiente.

Cuando el lesionado tiene más de una secuela producidas por el accidente, se les otorga una puntuación conjunta, nunca superior a 100 puntos, que se obtiene mediante la aplicación recursiva de la siguiente fórmula,

$$P = \frac{(100 - M) * m}{100} + M,$$

donde M es la puntuación de la secuela de mayor valor y m la puntuación de la secuela de menor valor. Si además ha sufrido perjuicio estético, se suma aritméticamente su puntuación a la conjunta de las secuelas para obtener la puntuación total. Una vez calculada la puntuación total por las lesiones permanentes, en la Tabla III del baremo se establece la indemnización monetaria por cada punto. La valoración económica del punto varía inversamente con la edad del perjudicado y positivamente con el número total de puntos concedidos por la lesión.

FACTORES DE CORRECCIÓN

a) Aumentativo por perjuicios económicos

Este factor aumentativo es un índice corrector que se aplica sobre la indemnización básica para compensar la pérdida de ingresos por el cese temporal (tiempo de recuperación) o definitivo (muerte/invalidez) del desarrollo de una actividad retribuida²⁷. El índice corrector está definido por tramos según intervalos de renta. Mediante este factor, la indemnización básica puede incrementarse hasta un 75% en función de los ingresos anuales demostrables por la víctima. Si la víctima no prueba la obtención de ingresos pero se encontraba en edad laboral en el momento del siniestro, se aplica el porcentaje correspondiente al tramo más bajo.

²⁷ La sentencia del Tribunal Constitucional, de 29 de junio de 2000, declaró inconstitucional y nulo aplicar factores de corrección para las indemnizaciones por días de baja, pero únicamente cuando existiera culpa exclusiva del conductor (responsabilidad civil subjetiva).

b) Otros factores correctores aumentativos

Son factores correctores que se aplican cuando concurren circunstancias familiares especialmente desfavorables. En el caso de muerte, por ejemplo, se aplica un índice corrector cuando fallecieron ambos padres o una cuantía indemnizatoria complementaria cuando la fallecida estaba embarazada y perdió el feto. Por su parte, con relación a las lesiones permanentes, se asignan por daños morales complementarios²⁸, invalidez o adecuación del vehículo, entre otros.

c) Elementos correctores de disminución

Si la víctima ha influido en la producción del accidente o en la agravación de sus consecuencias, esto es, cuando exista concurrencia de culpas, se debe reducir la indemnización, incluso para los gastos de asistencia médica y de entierro y funeral, en el porcentaje de culpa que le corresponda, nunca superior al 75%. Otro factor reductor se aplica cuando subsisten incapacidades preexistentes que han influido en el resultado final de la lesión.

Criterios de revalorización de la indemnización

En la mayoría de casos no coincide el año de ocurrencia del siniestro con el de la sentencia judicial. Para estos casos, ¿qué baremo se debe utilizar? ¿el vigente en la fecha de sentencia? ¿o el de la fecha del siniestro? No existe consenso entre los especialistas en la respuesta y depende de la consideración que den a la indemnización económica. Si se considera que es una deuda dineraria, entonces se debe aplicar el vigente en la fecha del siniestro, puesto que el propio baremo ofrece los mecanismos para actualizar dicha cantidad. En cambio, si se considera como deuda de valor, se ha de aplicar el vigente en la fecha de la sentencia.

²⁸ Se entiende que se generan cuando una sola secuela excede de 75 puntos, o las concurrentes superan los 90 puntos.

Independientemente del baremo utilizado, cuando la entidad aseguradora incurra en mora, se devengarán intereses de acuerdo a lo dispuesto en el art. 20 de la Ley de Contrato del Seguro. El objetivo del interés por mora es compensar al beneficiario por el *lucro cesante* durante el tiempo que no ha podido disponer de la cuantía indemnizatoria. En este sentido, según el art. 20, el asegurador incurre en mora cuando no haya indemnizado o consignado judicialmente la cuantía dentro de los tres meses desde la ocurrencia del siniestro. Este interés por mora consiste en el interés legal del dinero más el 50% y, en cualquier caso, no puede ser inferior al 20% a partir del segundo año.

Conversión de la indemnización en renta vitalicia

El baremo prevé la posibilidad de sustituir la indemnización a tanto alzado por una renta vitalicia a favor del perjudicado. Hasta el momento se ha utilizado muy poco esta opción. En la mayoría de situaciones que se ha asignado una renta vitalicia ha sido para cubrir los gastos de cuidado en grandes inválidos a lo largo de su vida, pero, incluso en estos casos, se ha otorgado una cuantía a tanto alzado para el resto de conceptos indemnizables (secuelas, días de baja, etc.).

3.2.5 Críticas a la imposición de un baremo

El baremo introducido en la Ley 30/1995 ha estado sujeto a una gran controversia desde su entrada en vigor²⁹. Las críticas más relevantes pueden resumirse en los siguientes puntos (véase Aragón, 1997; García, 2002):

- Limitación de las funciones de los tribunales de justicia, ya que la aplicación de la ley general y abstracta al caso concreto la lleva a cabo el legislador y no el juez.
- El poder legislativo sólo puede intervenir en el ámbito del seguro obligatorio, ya que el seguro voluntario pertenece al libre mercado. En este sentido, la entidad

²⁹ Algunas de las sentencias que han creado doctrina al respecto son: STS 280/1997, de 26 de marzo; STC 181/2000, de 29 de junio; STC 102/2002, de 6 de mayo y STC 42/2003, de 3 de marzo.

aseguradora cobra una sobreprima por el seguro voluntario, puesto que, en caso de siniestro, responderá de acuerdo a los límites fijados por el baremo que han sido establecidos basándose en las cuantías del seguro obligatorio.

- La vinculación obligatoria a un baremo sustituye el principio de reparación del daño causado por una compensación. Cuando esta compensación no coincide con el total del daño causado, se está vulnerando el derecho a la vida y a la integridad física de la víctima, al no ser completamente reparada de un atentado contra tal derecho.
- Infracción del derecho a la tutela judicial efectiva en aquellos casos que el órgano competente no pueda atender las pretensiones indemnizatorias del perjudicado por no estar dentro de los límites del baremo.

El Tribunal Constitucional, mediante sentencia de 29 de junio del 2000, desestimó la mayoría de las anteriores cuestiones de inconstitucionalidad planteadas al baremo, legitimándolo como sistema de valoración vinculante para daños corporales. Ahora bien, estimó parcialmente la vulneración del derecho a la tutela judicial efectiva. Para corregir este aspecto declaró nulos los factores de corrección de la indemnización por incapacidad temporal, argumentando que su aplicación podía dejar sin cubrir la totalidad de los perjuicios económicos sufridos por la inactividad laboral de la víctima. Limitó la no aplicación de estos elementos correctores únicamente al ámbito de la responsabilidad civil subjetiva, es decir, a aquellos casos que el accidente fuera imputable exclusivamente a la actuación culposa o negligente del conductor del vehículo.

Para algunos expertos (Fernández, 2001; Pintos-Ager, 2000, 2003) no es explicable que el argumento de inconstitucionalidad de los factores correctores por perjuicios económicos se aplique sobre la indemnización por incapacidad temporal y no sobre la de muerte o lesiones permanentes, puesto que estos factores funcionan igual para los tres tipos de indemnizaciones básicas. Por otra parte, estiman que el número de casos a los que afectará es muy reducido, dado que en la mayoría de los accidentes de circulación suele existir concurrencia de culpas y, por tanto, recaen en

el ámbito de la responsabilidad civil objetiva. Sin desestimar las consecuencias prácticas de la distinción en la sentencia del Tribunal Constitucional entre responsabilidad civil objetiva y subjetiva, ya que puede verse incrementada la litigiosidad en los Juzgados al no aceptar ninguna de las partes la culpa exclusiva en la producción del accidente.

3.2.6 La acción judicial

El procedimiento judicial penal

Nuestro Código Penal no solamente castiga las lesiones ocasionadas como consecuencia de agresiones dolosas a las personas, sino también aquellas lesiones que tienen su origen en imprudencias, es decir, en acciones llevadas a cabo por personas que no pretendían lesionar, pero que no adoptaron la diligencia suficiente para evitar los daños. El concepto de imprudencia es fundamental porque en ocasiones su grado determinará si la acción se considera delito o falta. La falta lleva asociada una sanción consistente en una multa, en cambio, el delito, además de la multa, puede suponer privación de la libertad y/o retirada del permiso de conducción. El único requisito que se establece para que el daño a la persona sea considerado falta o delito es que haya requerido más de una primera asistencia. Por otra parte, existe una estrecha relación entre la acción penal y la acción civil puesto que, como indica el art. 1902 del Código Civil, “(...) *de todo delito o falta nace una acción penal para el castigo del culpable, y puede nacer también una acción civil para la restitución de la cosa o la reparación del daño.*” Por tanto, además de la sanción penal, el autor del daño debe responder civilmente por el perjuicio ocasionado.

Del párrafo anterior se deriva que todas las lesiones cometidas por una persona a los mandos de un vehículo a motor, si han requerido más de una primera asistencia, conllevan responsabilidad penal, o por la comisión de una falta (imprudencia leve) o de origen delictivo (imprudencia grave o dolo)³⁰. La responsabilidad penal por

³⁰ Un ejemplo de delito imprudente es haber ocasionado un homicidio imprudente.

producir la lesión lleva anudada la responsabilidad civil, que se manifiesta en la obligación de indemnizar a la víctima por el daño personal. En este capítulo nos centramos en los casos que las lesiones se produjeron sin delito doloso, ya que, cuando existe dolo, la compensación económica por el daño corporal no está sujeta al baremo indemnizatorio³¹ (Fernández, 1999).

El plazo máximo para denunciar al autor de la falta es de seis meses desde la ocurrencia del accidente, y se siguen los trámites del juicio de faltas en el correspondiente Juzgado de Instrucción. En caso de delito imprudente, depende del plazo específico para el tipo de delito (siempre mayor a seis meses) y se siguen los trámites del procedimiento abreviado, en el que el Juzgado de Instrucción instruye las diligencias hasta la apertura del juicio oral, que se desarrolla en el Juzgado de lo Penal³². El Juzgado competente es el correspondiente al partido judicial donde ocurrió el accidente. Después del fallo, las partes disponen de cinco días hábiles para recurrir desde la notificación de la sentencia, en el caso de juicio de faltas, o de diez días, en el proceso abreviado. En el supuesto de que se presente recurso, la Audiencia correspondiente tiene la potestad de celebrar o no un nuevo juicio.

En el juicio de faltas, para estar obligado al pago de las costas procesales, debe haber un pronunciamiento respecto a las mismas en la sentencia. Si no hay condena, o si así se dictamina, las costas serán de oficio, lo que implica que cada parte paga

³¹ No existe una clara explicación para esta discriminación. El seguro obligatorio de responsabilidad civil no constituye tanto un instrumento de protección del patrimonio del asegurado como un medio para garantizar la indemnización a las víctimas, lo que provoca que la entidad aseguradora deba pagar la indemnización aunque exista dolo y la cuantía no haya sido fijada mediante el baremo, independientemente que se reserve el derecho de repetición sobre el asegurado.

³² La reforma en la Ley de Enjuiciamiento Criminal, introduce el Juicio Rápido y Juicio Inmediato de Faltas (Ley Orgánica 8/02 y Ley 38/02, ambas de 24 de Octubre de 2002), como nuevos procedimientos penales enfocados a agilizar el enjuiciamiento de determinadas faltas y delitos (Galcerá, 2004).

las suyas. En el proceso abreviado, en cambio, por regla general las costas se imponen al condenado.

El procedimiento judicial civil

Existe una alternativa al procedimiento penal que es la vía civil. Por esta vía, el perjudicado tiene la posibilidad de exigir tan solo la indemnización de las lesiones ocasionadas con motivo del uso de un vehículo a motor, sin exigir la responsabilidad penal del causante de las mismas. En el ámbito de lo civil, los procedimientos de accidentes de tráfico siguen el criterio de la cuantía³³(juicio ordinario o juicio verbal) en el Juzgado de 1ª Instancia. El plazo para exigir la indemnización de las lesiones es de un año desde la fecha del accidente.

El requisito para iniciar un procedimiento judicial civil es la existencia de un hecho (accidente), unos perjuicios (daños personales) y una relación entre ambos. Además, es necesario que no hayan existido actuaciones penales previas o que, habiendo existido, hayan sido archivadas sin declaración de responsabilidad, terminado con sentencia absolutoria sin renuncia de las acciones civiles o condenatoria con reserva de las acciones civiles. Si existe una sentencia penal firme condenando a una indemnización, ya no puede volverse a reclamar por el mismo hecho, dado que tiene la consideración de cosa juzgada. En el supuesto que haya existido un proceso penal previo en el cual no se ha podido demostrar la culpabilidad del imputado y el perjudicado no ha renunciado a la acción civil, tiene la opción de iniciar un Auto Ejecutivo. El Auto Ejecutivo es el último acto dentro del proceso penal, pero la demanda se ha de realizar mediante el cauce civil. A través de este proceso se aplica la responsabilidad civil objetiva para que la víctima pueda ser indemnizada por los daños personales³⁴. En el procedimiento civil, el plazo admisible para recurrir la sentencia así como las costas procesales funcionan de manera análoga al juicio de faltas.

³³ Con la entrada en vigor de la LEC 1/2000, de 7 de enero, se derogó el Juicio Verbal de Tráfico.

³⁴ Los daños materiales normalmente quedan excluidos en este proceso.

Problemas que se les plantean a las Entidades Aseguradoras

Algunos perjudicados, buscan beneficiarse del funcionamiento del procedimiento judicial, llegando a suponer en ocasiones un elevado coste adicional para las entidades aseguradoras. A modo de ejemplo, a continuación se detallan dos tipos de actuación bastante frecuentes.

Como mencionábamos cuando describimos el funcionamiento del baremo (apartado 3.2.4), la entidad aseguradora dispone de tres meses desde la fecha del siniestro para satisfacer la indemnización o consignarla ante el Juzgado competente. En cambio, el demandante dispone de un máximo de seis meses para interponer denuncia en el juicio de faltas, y de un plazo aún mayor para los procedimientos abreviados o civiles. Un comportamiento común por parte de los perjudicados consiste en presentar la demanda judicial lo más cerca posible al término del plazo disponible, consiguiendo de este modo que la entidad aseguradora no pueda consignar en el período establecido. Además, si la lesión no fue grave, cuando presenta la demanda probablemente esté totalmente recuperado y, por consiguiente, el médico forense no tendrá más opción que basarse en los informes médicos aportados por el propio paciente. Otra práctica por parte del perjudicado, aunque no tan habitual, es reservarse las acciones civiles cuando considera que el informe emitido por el médico forense no le ha sido favorable. Esta actuación se deriva del hecho de que el médico forense interviene únicamente en la jurisdicción penal, pero no en la vía civil, donde el juez dicta sentencia basándose exclusivamente en la información aportada por las partes.

3.3 Diferentes modelos europeos de valoración del daño personal

3.3.1 El caso francés

En Francia, con la entrada en vigor de la Ley Badinter (*Loi Badinter*) en 1985, se homogeneizaron los criterios de indemnización a las víctimas por los daños corporales derivados de un accidente de circulación (Martín, 2001; Moreno, 2001).

Cuando la víctima ha sufrido únicamente lesiones temporales, además del derecho a ser resarcida del perjuicio económico causado por el período de baja laboral, también tiene derecho al *préjudice de souffrance*. Este perjuicio consiste en el dolor que ha padecido la víctima por la lesión, y es el médico quién ha de valorarlo en función de la intensidad y duración de la curación. Algunos tribunales también conceden una indemnización por las perturbaciones que la lesión ha producido en la vida cotidiana de la víctima, especialmente cuando son personas que no pueden demostrar un perjuicio económico, como, por ejemplo, menores y jubilados.

En el caso de las lesiones permanentes, el médico debe evaluar el grado de déficit fisiológico de la víctima en base al porcentaje de reducción funcional del miembro u órgano afectado (denominado *taux d'incapacité permanente partielle* o *taux d'IPP*). Para determinar el valor de la IPP, el médico puede ayudarse de un baremo orientativo, conocido como *Barème Rousseau*. Este baremo clasifica las diferentes secuelas susceptibles de valoración y propone una horquilla de puntuación para cada una de ellas. Cabe mencionar que, aunque disfrute de gran reconocimiento, su utilización no es obligatoria por parte del médico.

Una vez determinada la tasa de IPP, se ha de cuantificar monetariamente el grado de incapacidad considerado. El método de cálculo de la indemnización consiste en multiplicar la tasa de IPP concedida por el valor monetario atribuible a cada punto porcentual. El valor del punto porcentual se fija según las indemnizaciones concedidas por otros juzgadores en casos similares. La *Loi Badinter* estableció la obligación de publicar periódicamente las indemnizaciones judiciales concedidas en casos de lesiones personales³⁵, por lo que, actualmente, cualquier persona interesada dispone de los datos estadísticos sobre los tipos de lesiones y su cuantificación económica. El valor monetario por cada punto depende, en sentido inverso, de la edad del lesionado y, de forma creciente, del porcentaje total de IPP. Estas tablas indemnizatorias no son vinculantes para el juez, a quien le han de servir

³⁵ La publicación de estos datos la lleva a cabo la AGIRA (*Association pour la Gestion des Informations sur le Risque Automobile*).

de referencia pero teniendo en cuenta las circunstancias individuales del caso a juzgar.

Por último, señalar que los tribunales franceses tienden a indemnizar separadamente el daño moral, así como otros daños anexos, tales como el perjuicio estético (*le préjudice esthétique*), la pérdida de placer (*le préjudice d'agrément après consolidation*) o el perjuicio por la imposibilidad de tener relaciones sexuales (*le préjudice sexual et d'établissement*).

3.3.2 El baremo judicial inglés

Los tribunales ingleses diferencian entre daños económicos y no económicos. Entre los perjuicios económicos, aparte del resarcimiento de los gastos médicos (véase Law Commission, 1999a), los jueces también tienen en cuenta la pérdida de ingresos futuros que sufre una víctima como consecuencia de una lesión. Para calcular esta pérdida, los tribunales se basan en el método de multiplicador-multiplicando (*multiplier-multiplicand method*). Este método consiste en calcular el producto del multiplicando (una estimación anual de pérdidas) por el multiplicador (estimación del número de años que deben ser pagadas estas pérdidas). El multiplicando se obtiene como la diferencia entre los ingresos de la víctima antes y después de la lesión³⁶. En la estimación de los ingresos post-lesión normalmente se toman los ingresos medios del grupo profesional para el que se considere que la víctima es apta.

Los multiplicadores, por su parte, se calculan actuarialmente y son publicados en las *Odgen Tables*. Estos multiplicadores tienen en cuenta el descuento por la actualización de los ingresos futuros, así como el riesgo de muerte anticipada e, incluso, el riesgo del mercado laboral, es decir, el riesgo de no trabajar continuamente hasta la jubilación, y están publicados por edad y sexo de la víctima (Lewis *et al.*, 2003).

³⁶ Si el demandante no trabaja en el momento de la lesión se le imputa una cantidad de ingresos pre-lesión basándose en datos publicados de ingresos medios.

En relación con la indemnización de los daños no económicos, los tribunales ingleses han creado un baremo judicial³⁷ en el cual se establece, para cada lesión, un intervalo de cuantías indemnizatorias. Lógicamente, la indemnización final dependerá de la gravedad de la lesión, hasta el máximo de la horquilla para el caso más grave. Las cuantías del baremo se actualizan anualmente para tener en cuenta la inflación. El órgano responsable de velar por la uniformidad en las cuantías indemnizatorias es el tribunal de apelación (*Court of Appeal*). El tribunal de apelación es el organismo jurisdiccional que resuelve en última instancia e interviene cuando las sentencias dictadas en órganos jurisdiccionales inferiores no han seguido los criterios por él establecidos. No obstante, las horquillas son suficientemente amplias para permitir al juzgador reflejar las circunstancias particulares de cada caso. El organismo responsable de dar publicidad a las indemnizaciones otorgadas en sentencia por daños corporales es el *Judicial Studies Board*, y lo realiza mediante la publicación bianual *Guidelines for the Assessment of General Damages in Personal Injury Cases*. Respecto al daño moral, a diferencia de lo que sucedía en Francia, los tribunales ingleses no suelen detallarlo separadamente, sino que establecen una cuantía indemnizatoria única por la lesión (Rogers, 2001).

Un buen ejemplo para entender el funcionamiento del Derecho inglés se puede obtener analizando el informe *Damages for personal injury: Non-pecuniary loss* elaborado por la *Law Commission*³⁸ en 1999. Esta Comisión consideró que se debían incrementar las indemnizaciones de las lesiones graves en un 50% y propuso que se llevara a cabo este incremento mediante la intervención de la *Court of Appeal*, indicando que sólo si este órgano judicial no actuaba se debería recurrir a medidas legislativas. Entre otras consideraciones, la *Law Commission* no recomendaba la

³⁷ El baremo judicial es un modelo que se basa en el análisis de las indemnizaciones concedidas anteriormente por los tribunales en casos similares.

³⁸ La *Law Commission* es un órgano independiente constituido por el parlamento inglés en 1965 cuyos objetivos son mantener las leyes de Inglaterra y Gales bajo continuo examen con el fin de recomendar reformas cuando éstas sean necesarias.

introducción de baremos vinculantes al considerarlos muy rígidos (Martín, 2001; Law Commission, 1999b).

3.3.3 El sistema legal irlandés

Un ejemplo más reciente lo encontramos en Irlanda, donde en octubre de 2002 el gobierno lanzó un programa de reformas en el mercado asegurador con el objetivo de reducir los altos costes del sector. Entre las principales medidas que incluía el programa, además de mejorar la seguridad de las carreteras o endurecer la lucha contra el fraude en los siniestros con daños corporales, se establecía la creación de un organismo estatal independiente cuyo cometido fuera cuantificar económicamente las indemnizaciones a las víctimas por los daños corporales sufridos, denominado *Personal Injuries Assessment Board* (PIAB³⁹). Mediante el decreto *PIAB Act 2003*, de 28 de diciembre, se reguló su funcionamiento y durante el año 2004 entró en vigor. Concretamente, desde el 1 de junio de 2004 todas las demandas por daños personales⁴⁰ deben someterse al PIAB, cuyo objetivo principal es reducir los costes de litigación y el tiempo de duración del proceso de compensación.

La principal actuación del PIAB consiste en fijar la indemnización económica a recibir (pagar) por la víctima (el responsable) en los siniestros con daños corporales en los que no hay disputa sobre la culpabilidad. El PIAB distingue entre el perjuicio general (*General Damages*) y el perjuicio particular (*Special Damages*) de una lesión. El primero consiste en el perjuicio no económico de la lesión (*pain and suffering*) y se cuantifica mediante un baremo de indemnizaciones (*Book of Quantum*). Este baremo estipula para cada lesión un intervalo de cuantías de indemnización. Los límites de los intervalos se han fijado basándose en las compensaciones otorgadas en la sociedad irlandesa para el mismo tipo de lesiones. El PIAB fija la indemnización económica final por la lesión en función de su gravedad, dentro del intervalo de

³⁹ El gobierno irlandés ha habilitado la página web, www.piab.ie/, para tramitar los expedientes de siniestros con daños corporales.

⁴⁰ Excepto las demandas por negligencia médica.

cuantías correspondiente. La evaluación de la gravedad de la lesión se basa en las evidencias médicas aportadas por el lesionado e informes médicos independientes.

Por otra parte, el PIAB debe valorar también el perjuicio particular de la lesión. Este daño corresponde al perjuicio económico e incluye el *lucro cesante*, los gastos médicos así como cualquier otro daño patrimonial que demuestre que ha incurrido la víctima y que se derive del accidente. Cuando la gravedad de la lesión así lo exija, el PIAB deberá también realizar una estimación sobre la pérdida de ingresos o costes que tendrá la víctima en el futuro a consecuencia de la misma. La indemnización total por el daño corporal será la suma de las diferentes partidas indemnizables valoradas.

El demandado tiene la opción de rechazar la intervención del PIAB en la cuantificación de la compensación o, una vez fijada la indemnización económica, cualquiera de las dos partes involucradas tienen el derecho de no aceptar la cuantía asignada. Cuando lo anterior ocurre, se inician los trámites de apertura del proceso judicial.

3.4 Perspectiva: el futuro baremo europeo

Dentro de la Unión Europea, cada vez es mayor el número de litigios derivados de accidentes de circulación entre ciudadanos de diferentes Estados Miembros. Este aumento de las repercusiones transfronterizas de los accidentes de tráfico hace deseable un importante grado de armonización de las legislaciones vigentes en el ámbito del Seguro del Automóvil. En este sentido, un elemento fundamental es el sistema de valoración económica de la indemnización por daños corporales aplicado por cada Estado Miembro.

El baremo europeo

Con el objetivo de analizar la posibilidad de armonización de las prácticas de valoración entre Estados Miembros de la Unión Europea, la Comisión de Asuntos Jurídicos y Mercado Interior del Parlamento Europeo creó en 1999 un grupo de

trabajo formado, fundamentalmente, por juristas y médicos⁴¹ de diferentes países europeos (Martín, 2001; Ayuso y Santolino, 2006b). Dicho grupo, conocido como Grupo Rothley, presentó su propuesta en la conferencia “La racionalización de la valoración médico legal para el perjuicio no-económico” celebrada en Trier el 8 y 9 de Junio de 2000, y que desembocó en el proyecto de informe sobre una “Guía baremo europea para la evaluación de las lesiones físicas y psíquicas” tramitado por la Comisión a finales del 2003 (Rothley, 2003).

En el informe, se distinguen, respecto a la valoración del daño personal, dos tipos de perjuicios generados: los perjuicios económicos y los perjuicios no económicos. Los primeros, también llamados daños patrimoniales, incluirían tanto las consecuencias materiales del daño personal (los gastos asistenciales), como las ganancias dejadas de ganar por la incapacidad derivada de la lesión (*el lucro cesante*). Estos perjuicios deben ser resarcibles en su integridad y, por tanto, quedarían excluidos del baremo. Los segundos, en cambio, son los que afectan a la calidad de la “vida cotidiana” de la víctima, independientemente de su repercusión patrimonial. En el proyecto de baremo se definen como “*aquellos que suponen una alteración de las actividades habituales del día a día, esto es, la serie de gestos y actos que mujeres y hombres realizan desde el momento en que se levantan hasta que se acuestan.*” Por ejemplo, una persona que tiene una lesión en una rodilla que le limita la movilidad se entendería afectada por un perjuicio no económico. Ahora bien, si la víctima era un futbolista profesional, entonces deberíamos tener en cuenta como afecta la lesión en su actividad profesional (perjuicio económico).

Dentro de los perjuicios no económicos, en el proyecto de informe se diferencian entre aquellos constatables y los pausibles, pero no constatables. Los perjuicios no constatables son los denominados daño moral puro y, al no ser

⁴¹ El equipo de juristas eran en su mayoría miembros del *European Group on Tort Law*. Los especialistas médicos, por su parte, pertenecían al CEREDOC (*Confédération Européenne d'Experts en Réparation et Evaluation du Dommage Corporel*).

objetivables, se señala que únicamente podrán ser evaluados considerando que afectan por igual a todos los individuos. Por otro lado, para los perjuicios constatables, en el informe se distinguen entre los daños evaluables y los no evaluables. Los primeros serían el daño biológico (o daño psicofísico) y afectan a todas las víctimas de forma idéntica. Por el contrario, los segundos serían los perjuicios específicos de la víctima en cuestión e incluirían básicamente el perjuicio sobre actividades específicas del ocio, el perjuicio estético, el sexual, o los dolores excepcionales. Concretamente, el baremo europeo define el daño psicofísico como *“la reducción definitiva del potencial físico y/o psíquico médicamente constatable o médicamente explicable, a la que se añaden los dolores y las repercusiones psíquicas que el médico sabe que se asocian normalmente a la secuela, así como las consecuencias en la vida diaria habitualmente y objetivamente asociadas a dicha secuela”*. Siguiendo con nuestro ejemplo, nuestra víctima padece una rotura de ligamentos en la rodilla izquierda (lesión psicofísica), impidiéndole practicar como *amateur* su deporte favorito que es el fútbol (perjuicio particular). En el proyecto de informe se señala que el médico especialista debería cuantificar el daño biológico mediante el baremo europeo y, por el contrario, limitarse a emitir un dictamen sobre los perjuicios particulares que se hubieran podido producir.

Una vez establecido que tipo de daños personales recoge el baremo, debemos analizar su funcionamiento. En el futuro baremo se describen las diferentes secuelas susceptibles de padecer la víctima y el porcentaje de incapacidad personal que provocan sobre el individuo. Este porcentaje se fija respecto a un máximo teórico del 100% y se refiere al individuo en su totalidad; es decir, como afecta esa secuela a la reducción en su calidad global de vida. Cuando concurren múltiples secuelas, el baremo remarca que el efecto total no corresponderá a la suma de los porcentajes individuales, dejando en manos del médico evaluador la valoración de su efecto total. En el informe se señala que el baremo médico debe tener un carácter exclusivamente indicativo. En este sentido, se enfatiza el carácter orientativo del mismo especialmente para las secuelas graves. Nótese que este sistema de valoración de la

lesión mediante un porcentaje de incapacidad es muy similar a la *taux d'IPP* del baremo francés descrito en el apartado anterior.

A modo de ejemplo, si comparamos el futuro baremo europeo con el baremo médico legal vigente en España observamos interesantes diferencias. Por un lado, no coinciden en el número de secuelas a valorar, siendo considerablemente más numerosas las descritas en el baremo español. En éste, además, se fija un mecanismo de puntuación conjunta cuando concurren diversas secuelas. Por último, destacar, como diferencia más importante, el carácter indicativo de uno y vinculante del otro.

La quinta directiva europea

El baremo europeo nace con la vocación de ser aplicable a todas las situaciones en las que se deba valorar económicamente un daño psicofísico y no únicamente para los daños corporales sufridos en accidentes de circulación. A consecuencia de que la Unión Europea carece de competencias en materia de Derecho Civil, el baremo presumiblemente se introducirá en el ámbito del seguro del automóvil, pero con la esperanza que los ordenamientos jurídicos nacionales lo extiendan al resto de situaciones.

Actualmente la utilización del baremo ya es obligatoria para la valoración de la gravedad en caso de enfermedad o accidente de los trabajadores de las instituciones europeas. Está en trámite en el Parlamento Europeo, con discusión respecto a su forma jurídica final. Probablemente se publicará como una Recomendación o como una Directiva para los accidentes de tráfico que tengan lugar fuera del Estado de origen del accidentado. En este sentido, la Quinta Directiva (2005/14/CE), del 11 de mayo de 2005, no ha incluido el baremo europeo. No obstante, en relación con los accidentes de tráfico con víctimas extranjeras involucradas, la Directiva ha regulado el derecho de una víctima a reclamar desde la jurisdicción donde tenga establecida su residencia habitual, independientemente del Estado Miembro en el que el asegurador tenga establecida su sede social (Fernández, 2006). En el Apéndice A se detallan las diferentes Directivas europeas que han habido hasta la fecha en el seguro del automóvil.

Limitaciones del baremo europeo

Como hemos comentado, el proyecto de un único baremo europeo es un paso más en el objetivo perseguido por la UE de convergencia entre los Estados Miembros. Con la introducción del baremo se unifican criterios sobre cuáles son las secuelas psicofísicas que se deben considerar en la evaluación del daño personal, dado que a día de hoy existen divergencias en el número y definición de secuelas a valorar entre ordenamientos jurídicos. Además, se homogeneiza el peso relativo entre ellas, es decir, en como afectan estas secuelas a la vida cotidiana del individuo. Un ejemplo esclarecedor es el presentado por Rogers (2001). En Italia la indemnización por ceguera total supone el 95% de la indemnización otorgada en el mismo país por tetraplejía; en Inglaterra, en cambio, solamente representaría el 68% de dicho concepto. Con el nuevo baremo, la ceguera total supondría el 89% de la incapacidad padecida por un lesionado con tetraplejía completa en ambos países.

Ahora bien, aún queda mucho camino por recorrer en cuanto a la racionalización de las indemnizaciones por daños corporales entre los Estados. En primer lugar, hemos de tener en cuenta que este baremo es un baremo médico, por lo que faltaría establecer una metodología común, mediante la cuál, el daño psicofísico sufrido por la víctima se tradujera a los términos monetarios en los que debe estar expresada la indemnización. Esta metodología debería respetar las particularidades socioeconómicas de los distintos Estados Miembros, y podría tener en cuenta otros factores como, siguiendo el caso del baremo español, la edad del lesionado o la gravedad total de la víctima.

Quizás la carencia más significativa de este baremo es que no describe el sistema de valoración a utilizar en caso de muerte. Hay partidarios de considerar la muerte como el grado máximo de incapacidad y, por tanto, asignarle el valor máximo teórico del 100%. Otros autores son reacios a esta solución puesto que argumentan que este daño tiene características particulares que han de ser tenidas en cuenta. En especial, tiene dos particularidades diferenciadoras del resto de daños corporales. La primera característica es que, en numerosas ocasiones, la muerte de la víctima no será instantánea, sino que se producirá tiempo después del accidente. En este sentido,

por ejemplo, no hay unanimidad entre ordenamientos jurídicos sobre la posibilidad de transmisión (a los beneficiarios) de las acciones de indemnización por el daño moral que sufrió la víctima. En segundo lugar, la indemnización por muerte no se otorga directamente a la víctima, sino a terceros. Tampoco existe un único criterio sobre quiénes son los beneficiarios de la indemnización, si se deben considerar únicamente razones de afecto, o de parentesco o deben producirse ambas.

Por último, pero no menos importante, hay que considerar que las mayores diferencias entre indemnizaciones se producen en las compensaciones por perjuicios particulares y daños morales puros, excluidos expresamente ambos del baremo médico europeo. El problema que suscita este tipo de daños es doble. Por un lado, las divergencias existentes en las cuantías concedidas por el mismo daño, y no sólo entre países, sino incluso dentro del propio país (véase, para este último caso, Gómez y Muntaner, 2004). En este sentido, estudios como los de Rogers (2001) o McIntosch y Holmes (2003) han comparado las indemnizaciones concedidas en distintos países de Europa por daños morales, demostrando que las grandes variaciones en las cuantías concedidas no vienen explicadas únicamente por las diferencias en sus niveles de vida. Por otro lado, no hay unanimidad de criterios entre Estados Miembros sobre los daños que deben ser indemnizados. El baremo europeo recoge únicamente cuatro tipos de perjuicios particulares, señalando que el resto de perjuicios de este tipo considerados en los ordenamientos jurídicos de los Estados Miembros, tales como *le préjudice d'agrément après consolidation* del derecho francés, el *danno esistenziale* del derecho italiano o *loss of expectation of life* del derecho inglés, son artificiales y no requieren de la valoración del médico. No obstante, el baremo no menciona como deben ser cuantificados los cuatro perjuicios particulares que reconoce. Con relación a qué daños morales puros deben ser compensados, tampoco existe consenso. Por ejemplo, países como Francia reconocen el derecho de las víctimas secundarias⁴² de una lesión a ser indemnizadas (*préjudice d'affection*), mientras que la mayoría de

⁴² Son las personas que no sufren directamente el daño corporal, pero reaccionan emocionalmente ante el suceso traumático. Normalmente son familiares y allegados.

Estados lo limitan exclusivamente al caso de muerte. En conclusión, aún siendo conscientes de que este tipo de daños tienen una componente subjetiva muy alta, se hace necesaria una cierta aproximación entre los diferentes ordenamientos jurídicos en cuanto al tratamiento y valoración de los mismos, que de momento parece no quedar recogida dentro del nuevo baremo europeo.

Capítulo 4

Base de datos

4.1 Descripción de la muestra

La base de datos utilizada en la estimación de los modelos ha sido creada a partir de una selección aleatoria de siniestros de una de las principales entidades del mercado asegurador. Todos los siniestros de la muestra hacen referencia a víctimas de accidentes de circulación de los que el asegurado es civilmente responsable y, por consiguiente, el resarcimiento del daño ocasionado queda cubierto por el seguro obligatorio (SOA) suscrito con la compañía aseguradora. La característica en común de los siniestros es que la indemnización del daño corporal se determinó mediante sentencia judicial en firme, por no haberse llegado a un acuerdo amistoso de compensación entre las partes.

La información proporcionada por la muestra se basa en 159 expedientes de siniestros que representan un total de 204 víctimas de daños corporales cuyas indemnizaciones fueron fijadas mediante resolución judicial⁴³. El período de

⁴³ En los 159 siniestros se han visto afectados un número mayor de víctimas con derecho a indemnización por daño corporal, pero sólo se consideran aquellas víctimas indemnizadas mediante sentencia judicial.

acotamiento temporal de la muestra corresponde a siniestros cerrados⁴⁴ por la compañía aseguradora entre el último semestre del 2001 y el primer semestre del 2003. La información proporcionada cubre principalmente el área geográfica Cataluña-Aragón⁴⁵, excepto para ocho expedientes de siniestros, con diez lesionados implicados, que ocurrieron fuera de estas dos comunidades autónomas.

En la Tabla 4.1 se muestra el total de víctimas con daños corporales cuyos expedientes fueron cerrados por la compañía aseguradora durante el período 2001-2002. Si tenemos en cuenta que el comportamiento anual de la accidentalidad en las carreteras españolas para el período 2001-2003 no sufrió importantes variaciones⁴⁶, podemos establecer la hipótesis de que el número de casos cerrados por la compañía durante el primer semestre del 2001 coincide aproximadamente con los cerrados en el primer semestre del 2003. Asumiendo dicha hipótesis, nuestro conjunto de datos representaría en torno al 8,2% del total de víctimas por daños corporales de la compañía aseguradora cuyas indemnizaciones se fijaron mediante sentencia judicial.

Respecto al ámbito geográfico, en el centro responsable de la zona Cataluña-Aragón durante el año 2002 se cerraron 580 siniestros de víctimas vía resolución judicial y, para el primer semestre del 2003, 246 siniestros. Siguiendo el mismo criterio de igualdad de comportamiento en el 2001 y 2003, la muestra representaría

⁴⁴ Se entiende por siniestro cerrado cuando la compañía aseguradora ya ha indemnizado al perjudicado o las partes han confirmado que no recurrirán la sentencia.

⁴⁵ La entidad aseguradora que ha suministrado la información sigue una estrategia organizativa descentralizada por zonas geográficas dentro del territorio español, dónde cada centro es responsable de su área geográfica. Para el presente estudio todos los expedientes seleccionados han sido tramitados por el centro responsable de la zona Cataluña-Aragón. Los siniestros de la muestra no ocurridos en la zona Cataluña-Aragón pertenecían a pólizas de otra entidad que fue absorbida por la compañía aseguradora objeto de estudio. Estos siniestros ya estaban abiertos y, después de la absorción, pasaron a ser gestionados por el centro responsable de la zona Cataluña-Aragón, aún cuando siguiendo el criterio geográfico no corresponderían a esta zona.

⁴⁶ Información de la siniestralidad por años disponible en la DGT (en Internet: <http://www.dgt.es>).

aproximadamente el 19% de los casos gestionados por el centro Cataluña-Aragón que fueron cerrados mediante resolución judicial durante el período considerado.

TABLA 4.1 Número total de siniestros cerrados por la entidad aseguradora en el período 2001-2002

Tipo de caso	Descripción	Número de casos	Porcentaje
<i>Sin culpa</i>	Asegurado no es responsable civil del accidente	21.873	48,96%
<i>Transacción</i>	Acuerdo privado entre las partes	20.305	45,45%
<i>Sentencia</i>	Indemnización fijada por resolución judicial	2.498	5,59%
<i>Total</i>	Total de víctimas por daños corporales	44.676	

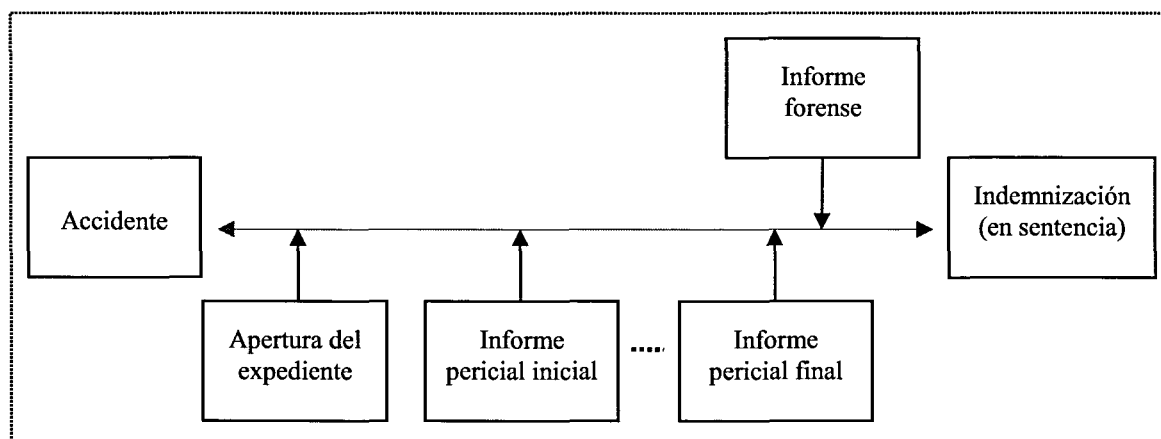
4.2 Etapas del siniestro

Una de las principales características de la base de datos es el carácter secuencial de la información. La compañía no dispone de toda la información referente al siniestro en el momento de su apertura, sino que la va incorporando durante el tiempo que éste está abierto dentro de la compañía.

Con relación al flujo de información, se establecen dos hipótesis de trabajo realistas. En primer lugar, consideramos que no existe pérdida de información, por lo que, con la entrada de nuevos datos, la compañía aumenta la información anterior. Por otro lado, asumimos que la información respecto a un siniestro no fluye de forma continua dentro de la compañía, sino que se incorpora en momentos determinados de la vida del siniestro (etapas). Estas etapas quedan delimitadas por las fases en que se producen entradas de nueva información del siniestro. Por tanto, el flujo de información de un siniestro a lo largo de su vida se considera un proceso de etapas crecientes.

Dado que la información disponible de un siniestro se va ampliando a lo largo de su vida, un primer paso consistirá en identificar las fases que se suceden hasta el pago de la indemnización final (cierre del expediente). En el Gráfico 4.1 se presentan cinco de las etapas más importantes por las que transcurre un siniestro desde su ocurrencia.

GRÁFICO 4.1 Etapas en la vida de un siniestro con daños corporales



La primera etapa de la vida del siniestro es el momento de comunicación del accidente a la compañía aseguradora. En esta fase inicial, a la compañía se le facilita información relativa a las características de los individuos lesionados (p.ej. edad, sexo), al tipo de vehículos involucrados en el accidente (marca, modelo, etc.) y a las características del mismo (posición en el vehículo, responsabilidad del accidente). Posteriormente, los médicos peritos de la compañía aseguradora visitan a las víctimas durante el período de recuperación. En cada visita, el perito médico examina a la víctima y realiza un informe dónde hace constar la estimación de la gravedad final esperada de la víctima suponiendo una evolución normal de la lesión. En el informe médico, el perito normalmente debe incluir todos los conceptos susceptibles de compensación de acuerdo con el baremo médico, como, por ejemplo, el número de días de baja (hospitalarios, impeditivos y/o no impeditivos), la descripción y puntuación de las secuelas, o si el accidente le ha producido incapacidad permanente. Una vez finalizado el período de curación, el perito médico realiza un último informe dónde examina a la víctima ya recuperada, o con las secuelas estabilizadas.

En una siguiente fase, si la demanda judicial sigue el procedimiento penal, el médico forense del juzgado competente debe también examinar a la víctima y emitir un informe. En cuanto al contenido mínimo del informe forense, en éste debe constar el número de días de baja que ha necesitado la víctima para su recuperación, diferenciando entre hospitalarios, impeditivos y no impeditivos, así como las

secuelas derivadas del accidente, o si sufre alguna invalidez permanente a consecuencia del choque (atropello), ya sea parcial, total o gran invalidez. Ahora bien, cabe señalar que el médico forense no está obligado a puntuar las secuelas que estime que el accidente le ocasionó a la víctima, sino, únicamente, a que la descripción de las mismas se ajuste a las definiciones ofrecidas por el baremo médico legal, siendo el juez en última instancia quién debe valorar su gravedad. Finalmente, en la última etapa, el juez dicta sentencia teniendo en cuenta todas las pruebas médicas presentadas. En el fallo deben detallarse los conceptos indemnizados del daño corporal, los cuáles deben coincidir con los descritos en el baremo legal. En concreto, en la sentencia deberá constar el número y tipo de días de baja indemnizados, la descripción, puntuación y valoración económica de las secuelas otorgadas y, en su caso, la cuantificación económica de la incapacidad permanente producida. En el caso que la demanda siga el procedimiento civil, la figura del médico forense no interviene, y el juez deberá basar su valoración exclusivamente en los informes médicos aportados por las partes.

4.3 Recogida de información

La muestra ha sido diseñada mediante la consulta directa de los expedientes de siniestros con lesionados de la compañía aseguradora. El criterio seguido en la recogida de información ha sido confeccionar un cuestionario, a rellenar para cada una de las víctimas que su indemnización se hubiera determinado mediante sentencia judicial. El objetivo fue capturar todos aquellos aspectos del siniestro susceptibles de influir en la valoración económica final de la indemnización (en el Apéndice B se presenta el cuestionario completo). La recogida de información se realizó desde febrero a septiembre del 2003.

El cuestionario se estructuró en los siete apartados siguientes: I. Información del siniestro; II. Datos del lesionado; III. Informe perito médico inicial; IV. Informe perito médico final; V. Informe del médico forense; VI. Sentencia y VII. Apelación. Con este diseño se ha pretendido reflejar la evolución del siniestro desde su apertura hasta su cierre definitivo. En concreto, con el esquema descrito, para cada lesionado

se consideran dos informes parciales (informe pericial inicial e informe pericial final), un informe neutral (informe médico forense) y, por último, el resultado final del proceso (sentencia o, si es necesario, apelación).

Cabe señalar que el tamaño muestral no es homogéneo para cada uno de los apartados del cuestionario, es decir, no se dispone del mismo tipo de información para cada una de las observaciones. En particular, para las víctimas fallecidas en el accidente, por ejemplo, no dispondremos de informes médicos. De igual modo, en los casos resueltos por la vía civil no habrá informe forense. Sin olvidar aquellos casos en los que no se realizaron los informes periciales por imposibilidad de localizar a la víctima, o porque ésta no se dejase visitar, entre otros motivos. El número de casos de que se dispone para cada uno de los diferentes apartados en los que queda definido el cuestionario se muestra en la Tabla 4.2.

TABLA 4.2 Número de casos en cada apartado del cuestionario

Apartados del cuestionario	Número de casos
I. <i>Información del siniestro</i>	204
II. <i>Datos del lesionado</i>	204
III. <i>Informe Perito Médico inicial</i>	119
IV. <i>Informe Perito Médico final</i>	120
V. <i>Informe Médico forense</i>	178
VI. <i>Sentencia</i>	204
VII. <i>Apelación</i>	59

En la siguiente tabla (Tabla 4.3) se presenta el número de casos con la información completa de la vida del siniestro hasta la etapa considerada. Es decir, las observaciones con la información de la etapa analizada y, también, con la procedente de las etapas anteriores. Cabe señalar que la base de datos está formada por siniestros cerrados, por lo que se conoce el resultado final del proceso judicial para todas las observaciones (indemnización en sentencia o apelación). De este modo, por ejemplo, observamos que de los 120 casos en los que disponemos del informe pericial final, para 6 lesionados no se realizó el informe pericial inicial, quedando, por tanto, 114 observaciones con el informe pericial inicial y el final. Asimismo, de estas 114

observaciones, en 12 casos la demanda siguió el cauce civil y, por consiguiente, no participó el médico forense.

TABLA 4.3 Número de casos para las diferentes etapas de la vida del siniestro

	<i>1ª fase</i>	<i>2ª fase</i>	<i>3ª fase</i>	<i>4ª fase</i>
<i>1ª fase: Apertura del siniestro</i>	204	119	114	102
<i>2ª fase: Informe pericial inicial</i>	-	119	114	102
<i>3ª fase: Informe pericial final</i>	-	-	114	102
<i>4ª fase: Informe forense</i>	-	-	-	102
<i>Indemnización final (Sentencia/apelación)</i>	204	119	114	102

Descripción de las variables

La información contenida en la base de datos hace referencia a un total de 167 variables, agrupadas según los distintos capítulos del cuestionario. En términos generales, la información recogida por las variables en cada sección es la que se detalla a continuación (en el Apéndice C puede encontrarse la descripción completa de cada una de las variables):

- 15 variables relacionadas con la identificación-coste del siniestro (número de siniestro, número de víctima, fecha de ocurrencia del siniestro, fecha de apertura y cierre del mismo, culpa del siniestro⁴⁷, tipo de vehículo⁴⁸, y desglose en ocho apartados del coste por lesionado para la entidad).
- 5 variables relacionadas con el lesionado (edad, sexo, estado civil, actividad laboral⁴⁹, tipo de víctima⁵⁰).
- 38 variables relacionadas con el informe del perito médico inicial (realización del informe⁵¹, fecha visita, profesión, código, estado y puntuación de cada una de las

⁴⁷ Se señala si la culpa del accidente recae sobre el asegurado, el contrario o es dudosa.

⁴⁸ Se consideran cuatro categorías diferentes (moto, turismo, furgoneta/camión, y peatón/ciclista).

⁴⁹ Se tienen en cuenta cinco posibles situaciones respecto a la actividad laboral.

⁵⁰ Se distingue si era conductor del vehículo contrario, ocupante del vehículo contrario, ocupante del vehículo asegurado, o peatón/ciclista.

secuelas⁵², puntuación total de las secuelas, días de baja hospitalarios, impeditivos y días de baja no impeditivos y, finalmente, si el accidente le produjo a la víctima algún tipo de incapacidad permanente⁵³).

- 27 variables relacionadas con el informe del perito médico final (información análoga a la presentada en el informe del perito médico inicial).
- 29 variables relacionadas con el informe del médico forense (realización del informe, fecha de realización, médico forense emisor⁵⁴, si puntúa secuelas o marca la horquilla, código y puntuación de las secuelas, puntuación total de las mismas, días de baja hospitalarios, días de baja impeditivos y días de baja no impeditivos, si señala incapacidad permanente y, en caso afirmativo, tipo de incapacidad).
- 30 variables relacionadas con la sentencia (población y tipo de juzgado que emite la sentencia, fecha de la sentencia, tipo de sentencia, asignación de las costas procesales⁵⁵, baremo que se aplica -el del año del siniestro o el del año de la sentencia-, si existe reducción por concurrencia de culpas y el porcentaje de dicha reducción, puntuación total de las secuelas y valoración económica de las mismas, número de días de baja y su valoración económica, aplicación del factor de corrección por perjuicios económicos, daños morales complementarios, tipo y, en su caso, valoración de la incapacidad permanente, valoración básica por muerte y elementos correctores que se le aplican, costes económicos justificados, costes por daños materiales y, por último, el total de la sentencia, así como el tipo de interés a aplicar).

⁵¹ En caso negativo, el motivo de la no realización del informe (4 opciones).

⁵² Se codificaron las secuelas del baremo para facilitar la tramitación de los cuestionarios. En cuanto al estado de cada secuela, se hace la distinción entre secuela provisional o definitiva.

⁵³ Se consideran tres tipos distintos de incapacidad permanente (Parcial, Total y Absoluta).

⁵⁴ Se distingue entre clínica médico forense, forense del juzgado instructor, forense de exhorto o médico de cabecera.

⁵⁵ Si las costas procesales van a cargo de la entidad aseguradora, la parte contraria o son compartidas.

- 23 variables relacionadas con la apelación (información análoga a la presentada para la sentencia).

4.4 Algunos estadísticos descriptivos de la base de datos

Dado el carácter secuencial de los datos, resulta de especial importancia el análisis de la información relativa al tiempo en la vida del siniestro. En la Tabla 4.4 se muestra el tiempo medio entre la ocurrencia del accidente y las principales etapas por las que transcurre el siniestro hasta el cierre definitivo del expediente, así como la duración media entre informes periciales. Nótese que el tiempo medio desde el accidente hasta el pronunciamiento del juez en sentencia es superior al año y medio. Esta duración se incrementa hasta los dos años y medio para los casos en los que hubo apelación de la primera sentencia. En general, el tiempo medio desde la ocurrencia del siniestro al cierre definitivo del expediente por parte de la compañía aseguradora es de dos años y cinco meses, aproximadamente.

TABLA 4.4 Tiempo medio de las diferentes etapas del siniestro

	Número de casos	Media (en días)	Desv.típ.
<i>Tiempo desde ocurrencia a apertura del siniestro</i>	204	36,848	95,591
<i>Tiempo desde ocurrencia a informe pericial inicial</i>	119	59,142	71,744
<i>Tiempo desde ocurrencia a informe pericial final</i>	120	175,841	252,032
<i>Tiempo entre informes periciales</i>	114	89,526	165,373
<i>Tiempo desde ocurrencia a informe forense</i>	176	218,000	152,945
<i>Tiempo desde ocurrencia a sentencia</i>	204	563,460	382,287
<i>Tiempo desde ocurrencia a apelación</i>	59	918,305	501,866
<i>Tiempo desde ocurrencia a cierre del siniestro</i>	204	879,245	521,374

El análisis del coste medio de las indemnizaciones en relación a diferentes atributos de la víctima o características del accidente aparecen en la Tabla 4.5. De este modo, por ejemplo, la indemnización concedida a la víctima será sensiblemente inferior si el automóvil donde viajaba era un turismo, frente a si lo hacía en otro tipo de vehículo, o era un peatón. En la misma línea, existen diferencias importantes en la indemnización media concedida si las víctimas iban en el vehículo asegurado por

parte de la compañía (ocupantes sin incluir conductor), o si pertenecen al vehículo contrario (ocupantes incluido conductor). Otro resultado esperado es que la indemnización varía en función de la situación laboral de la víctima. Por último, señalar el aumento en la indemnización económica media asociado a las víctimas que fallecieron a consecuencia del accidente, en comparación con la compensación media para el resto de lesionados.

TABLA 4.5 Indemnización media según características generales del siniestro

		Número de casos	Media (€)	Desv.típ.
<i>Culpa del siniestro</i>	<i>Asegurado/a</i>	162	9.642,69	17.195,505
	<i>Contrario/a</i>	34	9.483,11	13.323,591
	<i>Dudosa</i>	8	2.988,74	1.618,244
<i>Tipo de vehículo</i>	<i>Moto</i>	47	12.313,62	14.696,036
	<i>Turismo</i>	130	6.422,71	11.164,705
	<i>Furgoneta/Camión</i>	4	17.948,42	22.997,568
	<i>Ciclista/peatón</i>	23	18.389,80	31.991,891
<i>Sexo</i>	<i>Hombre</i>	102	9154,90	13.774,527
	<i>Mujer</i>	102	9555,40	18.521,675
<i>Estado civil*</i>	<i>Casado/a</i>	83	9.902,63	19.527,885
	<i>Soltero/a</i>	95	9.396,33	14.808,460
	<i>Divorciado/a</i>	4	13.447,23	10.655,35
	<i>Pareja de Hecho</i>	1	2.943,17	-
	<i>Viudo/a</i>	3	11.590,48	10.938,619
<i>Situación laboral**</i>	<i>Activo cuenta propia</i>	20	8.730,62	17.893,052
	<i>Activo cuenta ajena</i>	87	11.298,98	20.365,600
	<i>Estudiante</i>	36	10.652,61	18.873,707
	<i>Jubilado</i>	10	13.415,27	9.630,236
	<i>Desocupado</i>	26	5.244,04	5.517,565
<i>Tipo de víctima</i>	<i>Conductor contrario</i>	103	8.243,37	11.615,364
	<i>Ocupante contrario</i>	59	6.320,85	9.053,217
	<i>Ocupante propio</i>	19	13.867,80	23.396,767
	<i>Ciclista/peatón</i>	23	18.389,80	31.991,891
<i>Fallecimiento de la víctima</i>	<i>No</i>	197	7.391,73	9.504,766
	<i>Sí</i>	7	64.611,62	48.271,517
<i>Total</i>		204	9.355,15	16.282,599

*18 casos perdidos

**25 casos perdidos

En la Tabla 4.6 se presenta la indemnización media para las diferentes etapas de la vida del siniestro. El propósito de esta Tabla es examinar si existen diferencias en la indemnización concedida al lesionado cuando se realizan los informes, con respecto a cuando no se realizan. Por este motivo, no se han incluido los casos en los que la víctima falleció, puesto que en esos siniestros no se realizaron los informes y, por tanto, sesgarían a la alza la indemnización media de los casos sin informes. Como se muestra en la Tabla 4.6, la indemnización media es menor para aquellos siniestros en los que el perito médico de la compañía no realizó el informe médico, tanto en la primera etapa (informe pericial inicial) como en la segunda (informe pericial final). Por otro lado, la compensación media a las víctimas es mayor en aquellos casos en los que no interviene el médico forense, o cuando se ha recurrido la primera sentencia.

**TABLA 4.6 Indemnización media según las etapas del siniestro
(sin incluir víctimas fallecidas)**

	Categorías	Número de casos	Media (€)	Desv.típ.
<i>Realización informe pericial inicial</i>	<i>No</i>	78	5.661,05	7.395,136
	<i>Sí</i>	119	8.526,12	10.540,082
<i>Realización informe pericial final</i>	<i>No</i>	77	6.225,55	8.066,480
	<i>Sí</i>	120	8.140,02	10.285,695
<i>Informe forense</i>	<i>No</i>	19	7.811,99	12.078,255
	<i>Sí</i>	178	7.346,87	9.229,382
<i>Apelación sentencia</i>	<i>No</i>	138	6.591,01	8.174,714
	<i>Sí</i>	59	9.264,58	11.930,961
	<i>Total</i>	197	7.391,73	9.504,766

Cabe señalar que, entre los casos que no se realizaron los informes periciales, existen diferencias importantes en la indemnización económica media, en función del motivo de no elaboración del informe (Tabla 4.7). De este modo, por ejemplo, cuando el lesionado no se deja visitar (primera categoría), la compensación media es casi tres veces superior a aquellos casos en los que la compañía decidió no realizar el informe (cuarta categoría).

TABLA 4.7 Indemnización media según el motivo de la no realización de los informes periciales

Motivo no realización		Número de casos	Media (€)	Desv.típ.
<i>Informe Inicial</i>	<i>No se deja visitar</i>	19	9.319,89	9.458,435
	<i>Paradero desconocido</i>	6	5.839,15	4.144,277
	<i>Desconocimiento existencia lesionado</i>	39	4.545,62	7.405,350
	<i>Compañía no lo realizó</i>	14	3.726,43	2.408,791
	<i>Total</i>	78	5.661,05	7.395,136
<i>Informe Final</i>	<i>No se deja visitar</i>	22	11.396,82	9.798,284
	<i>Paradero desconocido</i>	5	5.218,88	4.310,827
	<i>Desconocimiento existencia lesionado</i>	36	4.177,03	7.459,180
	<i>Compañía no lo realizó</i>	14	3.726,43	2.408,791
	<i>Total</i>	77	6.225,55	8.066,480

En relación con la información proporcionada por el informe forense (Tabla 4.8), remarcar la gran diferencia en la compensación media en aquellos casos en que el médico forense puntúa las secuelas, con respecto a aquellos que únicamente marca la horquilla o no concede secuelas. Por otro lado, no se observan grandes diferencias en las cuantías medias si el informe se realizó por un forense de una clínica médico-forense o del Juzgado instructor. En cambio, la compensación media disminuye para aquellos casos en los que el forense pertenecía a un Juzgado exhortado. Nótese que, tanto este apartado como en el resto del capítulo, sería necesario realizar contrastes de medias para llegar a conclusiones significativas sobre el comportamiento observado en las diferentes categorías.

TABLA 4.8 Indemnización media según características de informe forense

		Número de casos	Media (€)	Desv.típ.
<i>Médico Forense</i>	<i>Clínica Médico Forense</i>	37	7.546,92	10.061,714
<i>Emisor</i>	<i>Forense del Juzgado instructor</i>	120	7.417,41	9.522,702
	<i>Forense Juzgado exhortado</i>	21	6.591,29	5.600,650
<i>¿Puntúa secuelas?</i>	<i>Puntúa las secuelas</i>	44	13.920,49	11.566,067
	<i>Marca la horquilla</i>	66	7.819,86	7.751,908
	<i>Forense no concede secuelas</i>	68	2.634,26	5.453,402
	<i>Total</i>	178	7.346,87	9.229,382

Por último, en la Tabla 4.9 se compara el efecto sobre la compensación media si se considera la indemnización económica como deuda dineraria o se sigue el criterio de deuda de valor (véase sección 3.2.4). Cuando el juez determina que la indemnización económica es deuda dineraria y, por tanto, aplica el baremo vigente en la fecha del siniestro, la indemnización esperada es sensiblemente inferior a si asume que es deuda de valor y, por ende, aplica el baremo del año de la sentencia.

TABLA 4.9 Indemnización media en sentencia según el baremo aplicado (sin incluir víctimas fallecidas)

		Número de casos	Media (€)	Desv.típ.
<i>Aplicación del baremo en sentencia</i>	<i>Año del siniestro</i>	96	6.296,05	6.758,062
	<i>Año de la sentencia</i>	48	9.300,13	11.330,663
	<i>Mismo año siniestro y sentencia</i>	22	7.648,94	11.491,851
	<i>Otro criterio</i>	38	7.464,75	11.347,272
	<i>Total</i>	197	7.391,73	9.504,766
<i>Aplicación del baremo en apelación</i>	<i>Año del siniestro</i>	33	8.105,18	9.883,020
	<i>Año de la sentencia</i>	12	12.799,75	15.533,412
	<i>Mismo año siniestro y sentencia</i>	3	5.022,93	4.355,323
	<i>Otro criterio</i>	11	10.043,05	14.776,809
	<i>Total</i>	59	9.264,58	11.930,961

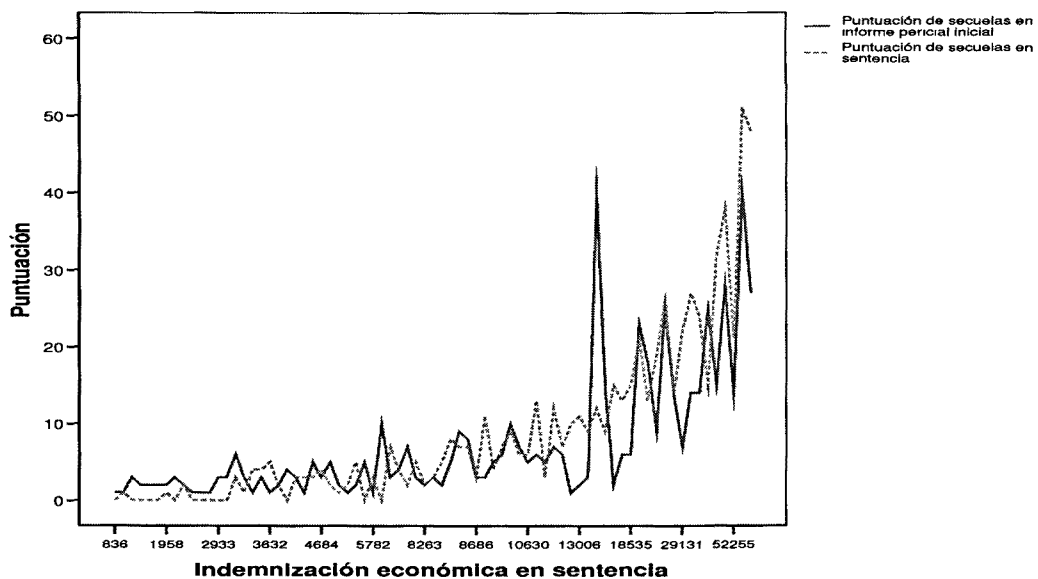
En la Tabla 4.10 se muestra la diferencia entre la cuantía media de las indemnizaciones fijadas en las sentencias y el coste total medio de liquidación de los siniestros. Este último incluye la indemnización establecida en sentencia más los intereses que se deriven, así como todos los gastos de gestión y de representación (minutas de los abogados) imputables al siniestro.

TABLA 4.10 Coste total medio del siniestro

	Número de casos	Media (€)	Desv.típ.
<i>Sin víctimas fallecidas</i>			
<i>Indemnización media en sentencia</i>	197	7.391,73	9.504,766
<i>Coste final medio por lesionado</i>	197	9.985,27	13.127,117
<i>Con víctimas fallecidas</i>			
<i>Indemnización media en sentencia</i>	204	9.355,15	16.282,599
<i>Coste final medio por lesionado</i>	204	12.113,977	18.982,399

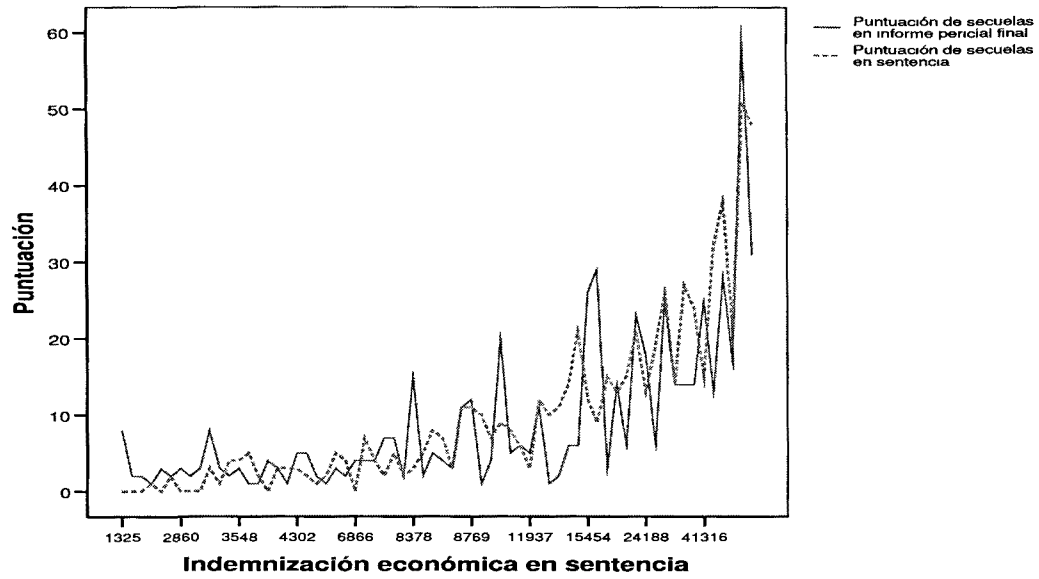
Antes de finalizar este capítulo, en los Gráficos 4.2 y 4.3 se compara la puntuación asignada en los informes periciales con la concedida por el juez, así como la relación de estas puntuaciones con la indemnización económica otorgada en sentencia. En este sentido, en el Gráfico 4.2 se aprecian claramente dos patrones diferenciados. Un primer tramo, que abarcaría aproximadamente todas las indemnizaciones menores de 10.000 euros, en el cuál no existen diferencias importantes entre la puntuación otorgada en el informe inicial y la concedida en sentencia. Por el contrario, cuando las compensaciones económicas son superiores a 10.000 euros, se observa una mayor subestimación de la puntuación que concede el perito médico con relación a la que finalmente asignará el juez.

GRÁFICO 4.2 Indemnización económica y puntuación de secuelas en sentencia *versus* puntuación en informe pericial inicial



En cambio, cuando comparamos la puntuación otorgada en el informe pericial final con la concedida en sentencia (Gráfico 4.3), se suavizan las diferencias, manteniendo un comportamiento más constante de infrapuntuación de las secuelas (por parte del perito médico) para todas las cuantías indemnizatorias.

GRÁFICO 4.3 Indemnización económica y puntuación por secuelas en sentencia *versus* puntuación en informe pericial final



Capítulo 5

Predicción de la gravedad del daño corporal: Métodos de estimación cualitativa

5.1 Introducción

En el ámbito actuarial, en numerosas situaciones, el fenómeno a modelizar toma valores discretos. En ocasiones, estos valores tienen sentido en sí mismos, como, por ejemplo, en la estimación del número esperado de accidentes de una póliza. En otras muchas ocasiones, por el contrario, los valores representan únicamente categorías de interés. En relación a las variables categóricas, conceptualmente pueden distinguirse entre las que reflejan un comportamiento de elección por parte del individuo, de las que no. Ejemplos de modelización del comportamiento humano serían, entre otros, cuando pretendemos estimar la probabilidad de defraudar por parte del cliente, o de cancelar la póliza después de una subida de la prima (véase Ayuso, 1998; Pérez-Marín, 2006). Por su parte, un ejemplo de modelización de variable dependiente categórica en el que no interviene el comportamiento de elección es el de estimación de la gravedad de una víctima en un accidente de circulación. Metodológicamente, ambos tipos se tratan idénticamente, mediante los llamados modelos de elección discreta, sin embargo, la teoría en que se sustentan es muy diferente. Los primeros se basan en la teoría económica, concretamente, en la maximización de la función de utilidad, y pueden requerir de interpretaciones adicionales en su análisis. Los segundos, en cambio, recogen relaciones entre elementos y, por tanto, se derivan exclusivamente de la teoría de la probabilidad. Nótese, por consiguiente, que el

nombre de “modelos de elección discreta” para estos últimos puede inducir a confusión, puesto que no interviene la decisión del individuo.

El objetivo en el presente capítulo es estimar la gravedad de la víctima no culpable de un accidente de tráfico a quien la compañía aseguradora debe indemnizar. En este estudio no se incluyen las víctimas que fallecieron a consecuencia del accidente, sino únicamente aquellas que resultaron heridas. Para llevar a cabo la estimación, supondremos que la gravedad de la lesión de una víctima puede representarse mediante una variable ordinal. Como señalábamos en el capítulo 4, asumimos que la información respecto a un siniestro dentro de una compañía aseguradora no evoluciona continuamente, sino que se va incrementando por etapas. En consecuencia, proponemos ajustar un modelo logit ordenado secuencial para la estimación de la gravedad de la víctima en las principales etapas por las que transcurre el expediente del siniestro antes de cerrarse.

El presente capítulo se organiza de la siguiente forma. En el siguiente apartado describimos brevemente el modelo logit ordenado y como puede ser implementado en el análisis de siniestros de accidentes de tráfico con lesionados. Los resultados son mostrados en la sección 5.3. En el último apartado, nos centramos en la aplicación de los resultados obtenidos respecto a la estimación de la gravedad, para el cálculo de las provisiones técnicas al final del ejercicio.

5.2 El modelo logit ordenado en la valoración del daño corporal

5.2.1 Antecedentes

En el análisis de las causas y consecuencias de los accidentes de circulación, en numerosas ocasiones la variable a explicar será categórica ordenada, donde la especificación de los modelos lineales generalizados (MLG) es de gran utilidad. Desde que fueran diseñados por McKelvey y Zavoyna (1975), numerosos autores han aplicado los modelos logit (probit) ordenados en muy diferentes ámbitos, como el financiero, actuarial o del marketing. McKelvey y Zavoina los desarrollaron para modelizar la intención de voto de los miembros del Congreso de los Estados Unidos

sobre un proyecto de ley que pretendía introducir un seguro médico obligatorio estatal para ancianos. Para ello definieron la variable dependiente en tres categorías (a favor, abstención y en contra del proyecto de ley) y, como variables explicativas, tomaron el partido político de la región, el nivel de desempleo o el porcentaje de población mayor de 65 años, entre otras. Contribuciones más recientes son las de Adams *et al.* (2003) o Nayga *et al.* (2004). Adams *et al.* modelizan los factores que influyen en la clasificación otorgada a las entidades aseguradoras por las principales agencias de ranking crediticio. Por su parte, Nayga *et al.* ajustan un probit ordenado para estimar la disposición de las personas a consumir alimentos que han sido tratados con radiaciones.

En relación a los accidentes de tráfico, a diferencia de lo que sucede en países como EE.UU., en Europa existe muy poca literatura científica en este campo. En este sentido, autores como Kockelman y Kweon (2002) han analizado la gravedad de las lesiones de víctimas de accidentes ocurridos en EE.UU., en función de características del conductor y del tipo de accidente, diferenciando entre accidentes donde intervinieron dos vehículos, y accidentes donde únicamente había un vehículo involucrado. En el estudio consideraron cuatro niveles de gravedad y propusieron un probit ordenado para su estimación. Entre sus resultados destacan, entre otros, que las mujeres tienen una mayor probabilidad de sufrir una lesión grave, o que los accidentes más peligrosos son los ocurridos con colisión frontal o por vuelco del vehículo. Por su parte, Abdel-Aty (2003), utilizando datos de accidentes de tráfico en Florida, estima tres diferentes modelos probit ordenados para explicar la gravedad de las víctimas en función de las características de la calzada, de si ocurrieron en cruces señalizados, o si tuvieron lugar en las cercanías de un peaje, respectivamente. Entre los factores específicos de las características de la calzada, los accidentes con mayor probabilidad de que haya lesionados son los ocurridos en curvas o con poca visibilidad. Del mismo modo, tienen más probabilidad de sufrir una lesión los conductores que no fueron responsables del accidente. Finalmente, en relación a los accidentes en peajes, el autor señala que si el vehículo disponía de *teletac* es más probable que el conductor sufra una lesión. Respecto a los factores comunes de los

tres modelos, entre otros resultados, de nuevo, las mujeres tienen una mayor probabilidad de sufrir una lesión grave, y la gravedad de la lesión está positivamente relacionada con la edad de la víctima.

En un estudio similar, Abdel-Aty y Keller (2005) consideran los factores que influyen en la gravedad de las lesiones en accidentes ocurridos en intersecciones, corrigiendo la insuficiente representación de los accidentes leves en las bases de datos de tráfico convencionales, derivada del hecho que no siempre los afectados comunican su acaecimiento cuando el accidente no fue grave. Entre sus resultados destaca que los accidentes más graves se producen cuando hay ciclistas o peatones involucrados. Por su parte, Lee y Abdel-Aty (2005) combinan un modelo log-linear y un probit ordenado para analizar los accidentes de tráfico con peatones en las intersecciones de Florida. Por una parte, utilizan el modelo log-linear para identificar los factores que influyen en los atropellos a peatones, tales como grupos de conductores y de peatones con mayor riesgo, efectos de las condiciones atmosféricas, etc. Una vez ocurrido el accidente con peatones involucrados, proponen un probit ordenado para estimar la gravedad de sus lesiones. De acuerdo con sus resultados, la gravedad de la lesión del peatón dependerá positivamente de su edad y de si es mujer, entre otros factores. Zajac y Ivan (2003) también analizan los factores que influyen en la gravedad de las lesiones de peatones atropellados en carreteras americanas mediante un probit ordenado. En su artículo, se centran en el efecto que tiene el tipo de calzada y la zona donde se produjo el accidente en la explicación de la gravedad, obteniendo, entre otros resultados, que la amplitud de la calzada o la edad de la víctima influyen positivamente en la severidad de la lesión. Por su parte, Austin y Faigin (2003) se centran en la estimación de la gravedad de las lesiones de los ocupantes de mayor edad en accidentes de tráfico en EE.UU. Entre sus resultados destaca que los lesionados de mayor edad tienen una probabilidad más elevada de sufrir una lesión grave si se han visto involucrados en un accidente de colisión lateral.

En cuanto al análisis de las causas y consecuencias socio-económicas de los accidentes de circulación en las carreteras europeas, dos contribuciones interesantes son las de Karlaftis *et al.* (2003) y Ayuso y Santolino (2006a). El primero se centra

en la valoración que hacen los conductores europeos de su propia conducción. Mediante dos modelos probit ordenados estiman los efectos que influyen en la percepción que tienen los conductores, por una parte, sobre su peligrosidad al volante y, por la otra, sobre la velocidad con la que conducen. Los resultados son muy similares en ambos modelos, destacando que los conductores jóvenes con alto poder adquisitivo son el grupo de personas con mayor probabilidad de considerarse (ellos mismos) como personas con una conducción temeraria y más rápida que la de la media. Por su parte, Ayuso y Santolino ajustan un modelo logit ordenado para estimar la gravedad esperada de una lesión producida en un accidente de tráfico, en las diferentes etapas por las que transcurre un siniestro mientras está abierto dentro de la entidad aseguradora, y las repercusiones que tiene esta estimación en el cálculo de provisiones por siniestros pendientes.

A nivel metodológico, todos los trabajos comentados asumen que la varianza del término de perturbación es constante. Sin embargo, dos posibles extensiones al supuesto de homocedasticidad en el término de perturbación son los modelos logit ordenados heterocedásticos (LOH) y los modelos logit ordenados mixtos (LOM). En este sentido, un artículo excelente que desarrolla los logit/probit heterocedásticos en el ámbito de los accidentes de circulación es el desarrollado por O'Donnell y Connor (1996). Los autores estiman un logit/probit ordenado heterocedástico sobre un amplio conjunto de datos *cross-section* para explicar la gravedad de las lesiones derivadas de accidentes de tráfico con víctimas en las carreteras australianas. La varianza del término de perturbación depende de la edad de la víctima, la velocidad y la hora del accidente. Como regresores del modelo proponen atributos del lesionado, como la edad o el sexo, y características del accidente, como, por ejemplo, si el choque fue frontal o si estaban involucrados dos vehículos en el siniestro. Los niveles de gravedad a explicar fueron definidos en cuatro categorías: no lesión, asistencia médica, hospitalización y muerte. De entre sus conclusiones destaca, entre otras, que a mayor edad de la víctima, mayor probabilidad de sufrir una lesión grave o morir. Otros factores que influyen en las probabilidades de los diferentes tipos de gravedad de las víctimas son el sexo, la velocidad, la posición de la víctima en el

vehículo o el tipo de colisión. De acuerdo con sus resultados, por ejemplo, las mujeres tendrían mayor probabilidad que los hombres de sufrir lesiones graves, o la posición más peligrosa dentro del vehículo sería el lado izquierdo de la parte trasera. Más recientemente, Wang y Kockelman (2005) estiman un LOH para explicar la gravedad de las lesiones de los ocupantes de un vehículo que ha sufrido un accidente, haciendo depender la varianza del error de la velocidad a la que iba el vehículo, el tipo de vehículo y su peso. Entre otros resultados, demuestran que los ocupantes mayores y las mujeres, de nuevo, tienen una mayor probabilidad de sufrir una lesión.

En relación a los modelos mixtos, Srinivasan (2002) sugiere un LOM para estimar la gravedad de las víctimas, permitiendo a los umbrales variar y estar correlacionados para un individuo dado. Desde un punto de vista teórico, demuestra que el supuesto de umbrales constantes, puede conllevar a inconsistencia y sesgo en la estimación de la gravedad. Entre sus resultados destaca que la variabilidad de los umbrales depende del individuo considerado, características del vehículo, del tráfico o del tipo de accidente, entre otros factores. Por su parte, Eluru y Bhat (2006) proponen una combinación de un logit dicotómico mixto con un logit ordenado mixto para capturar factores individuales inobservables que afectan a la gravedad final. Los autores demuestran que el uso del cinturón de seguridad es un factor endógeno de la gravedad de la lesión, puesto que los conductores que no lo utilizan tienen, en general, comportamientos más arriesgados al volante y, por tanto, lesiones más graves.

5.2.2 El modelo logit ordenado

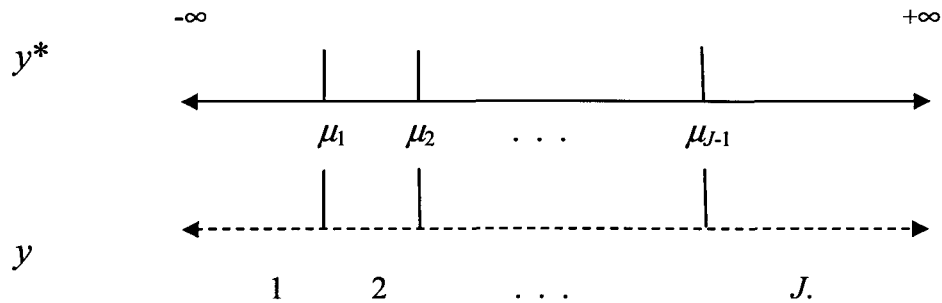
En el presente capítulo, la variable dependiente a explicar, es la gravedad de las lesiones de las víctimas de accidentes de tráfico a quienes la entidad aseguradora debe indemnizar por el daño corporal sufrido. Como mencionábamos en la sección anterior, la gravedad de las lesiones sufridas por las víctimas normalmente se representa como una variable categórica ordenada, donde el orden entre las categorías refleja diferentes niveles de severidad considerados. En este sentido, el modelo logit ordenado definido por Zavoina y McElvey (1975) se basa en la

existencia de una variable continua latente y^* que puede ser ajustada mediante una regresión lineal,

$$y_i^* = \mathbf{x}_i \boldsymbol{\beta} + \varepsilon_i, \quad -\infty < y_i^* < +\infty \quad (5.1)$$

donde y_i^* mide la gravedad de la lesión, $\boldsymbol{\beta}(K \times 1)$ es el vector de K parámetros desconocidos y $\mathbf{x}_i(1 \times K)$ el vector de los K valores observados para cada individuo. Finalmente, ε_i es el término de perturbación aleatorio, con valor esperado nulo y varianza σ_i^2 (tenemos en cuenta, por tanto, que la varianza del error puede variar entre individuos -caso heterocedástico-). En Ayuso y Santolino (2006a) puede encontrarse una aplicación análoga en la que la varianza del término de error se supone constante para todas las observaciones.

Desafortunadamente, y_i^* no es directamente observable. En cambio, la variable directamente observada y_i es discreta con J categorías de respuesta $j = 1, 2, \dots, J$, relacionándose con la variable latente no observable de la siguiente forma,



Los μ 's son los umbrales que recogen los intervalos donde quedan definidas las respuestas observadas discretas,

$$\begin{aligned}
 y_i = 1 & \quad \text{si } -\infty < y_i^* < \mu_1 & \quad i = 1, \dots, N, \\
 y_i = 2 & \quad \text{si } \mu_1 \leq y_i^* < \mu_2 & \quad i = 1, \dots, N, \\
 y_i = 3 & \quad \text{si } \mu_2 \leq y_i^* < \mu_3 & \quad i = 1, \dots, N, \\
 \dots & \quad \dots & \quad \dots \\
 y_i = J & \quad \text{si } \mu_{J-1} \leq y_i^* < +\infty & \quad i = 1, \dots, N,
 \end{aligned} \quad (5.2)$$

siendo N el tamaño muestral. Por lo general, los μ 's no se conocerán y, por tanto, deberán ser también estimados. Nótese que las categorías reflejan un orden entre ellas, característica que no tendríamos en cuenta si aplicásemos un logit multinomial clásico en la modelización (Clogg y Shihadeh, 1994; Scott Long, 1997).

Recordemos brevemente la forma funcional general introducida por McCullagh y Nelder (1989) para variables dependientes ordinales,

$$\begin{aligned} \text{link}[\gamma_j(x_i, z_i)] &= (\mu_j - \mathbf{x}_i \boldsymbol{\beta}) / \sigma_i, \\ \text{donde } \sigma_i &= \exp(z_i \boldsymbol{\tau}). \end{aligned} \quad (5.3)$$

En la definición anterior, $\gamma_j(x_i, z_i)$ es la probabilidad acumulada para el individuo i de pertenecer a la j -ésima categoría o a las categorías inferiores, esto es, $\gamma_j(x_i, z_i) = P(y_i \leq j | x_i, z_i)$. Nótese que el numerador $(\mu_j - \mathbf{x}_i \boldsymbol{\beta})$ es el predictor lineal del valor medio y σ_i es la desviación estándar que permite corregir la heterocedasticidad en el término de perturbación. Normalmente, para garantizar que σ_i toma valores positivos, se considera que tiene una forma exponencial $\sigma_i = \exp(z_i \boldsymbol{\tau})$, donde $z_i \boldsymbol{\tau}$ sería el predictor lineal de la varianza, siendo $\boldsymbol{\tau}(G \times 1)$ el vector de los G parámetros desconocidos y $z_i(1 \times G)$ los valores observados (O'Donell y Connor, 1996). En el caso homocedástico, $\boldsymbol{\tau} = \mathbf{0}$ y, por tanto, $\sigma_i = 1$. Es decir, mediante los modelos lineales generalizados (MLG) suponemos que una determinada forma funcional para la probabilidad acumulada puede ajustarse linealmente⁵⁶. A esta función McCullagh y Nelder la denominan *link function* y debe ser fijada cuando se define el modelo. En este sentido, el modelo logit ordenado sigue la siguiente estructura,

$$\log \left[\frac{\gamma_j(x_i, z_i)}{1 - \gamma_j(x_i, z_i)} \right] = \frac{\mu_j - \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \dots + \beta_K x_{Ki}}{\sigma_i}, \quad j = 1, \dots, J; \quad i = 1, \dots, N. \quad (5.4)$$

⁵⁶ Aunque el tratamiento sea muy similar, formalmente sólo el caso homocedástico ($\sigma_i = 1$) es un modelo lineal generalizado (MLG).

Si observamos la ecuación (5.4), considerando el caso que la varianza es constante ($\sigma_i = \sigma$), μ_j es independiente de las variables explicativas, dependiendo únicamente de la probabilidad asociada a la j -ésima categoría. De igual modo, la parte predictora del modelo $\beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \dots + \beta_k x_{ki}$ no depende de la categoría considerada. Estas dos propiedades garantizan que los resultados obtenidos para la observación i son un conjunto de líneas paralelas (Borooah, 2002). En la sección siguiente describiremos con mayor profundidad esta propiedad.

Una *link function* alternativa al logit ordenado es $link[\gamma_j(x_i, z_i)] = \Phi((\mu_j - x_i \beta) / \sigma_i)$, donde Φ es la distribución normal estándar acumulada. Este modelo es el conocido como probit ordenado. La diferencia entre ambos modelos se basa, por tanto, en el supuesto considerado respecto a la distribución del término de error, normal o logística. Ahora bien, en la mayoría de estudios empíricos no existen diferencias significativas entre los resultados obtenidos con ambos modelos (véase, por ejemplo, O'Donnell y Connor, 1996). En el pasado se han utilizado más frecuentemente los probit ordenados por su sencilla forma funcional, aunque los logit ordenados suelen converger de forma más eficiente (Wang y Kockelman, 2006). Una tercera opción de *link function* es el complementario log-log, $link[\gamma_j(x_i, z_i)] = \log\{-\log[1 - \gamma_j(x_i, z_i)]\}$. Este modelo se conoce como modelo de regresión de riesgos proporcionales (*proportional-hazards model*) y su aplicación es frecuente en el análisis de la supervivencia (véase Pérez-Marín, 2006).

Considerando de nuevo el modelo logit ordenado, si despejamos la probabilidad acumulada de la ecuación (5.4), obtenemos la siguiente expresión,

$$P(y_i \leq j) = P(y_i^* \leq \mu_j) = \frac{e^{(\mu_j - \sum_{k=1}^K \beta_k x_{ki}) / \sigma_i}}{1 + e^{(\mu_j - \sum_{k=1}^K \beta_k x_{ki}) / \sigma_i}} = \Lambda_i(j), \quad (5.5)$$

donde $\Lambda(\cdot)$ es la función de distribución logística. Obviamente, si deseamos formular el modelo en términos de las probabilidades de cada categoría, obtenemos,

$$P(y_i = j) = P(y_i \leq j) - P(y_i \leq j-1) = \Lambda_i(j) - \Lambda_i(j-1) \quad j=1, \dots, J, \quad (5.6)$$

donde $\mu_0 = -\infty$ y $\mu_J = +\infty$.

En ocasiones, especialmente en la literatura biométrica, se define el modelo logit ordenado como una ratio entre la probabilidad acumulada en la categoría j y la probabilidad de que sea mayor a j para distintos individuos. Es el denominado modelo de *proportional-odds* (véase McCullagh, 1980; Scott Long, 1997). Supongamos el caso homocedástico, entonces el *odd* sobre la categoría j para el individuo i se establecería como,

$$\Omega_j(\mathbf{x}_i) = \frac{\gamma_j(\mathbf{x}_i)}{1 - \gamma_j(\mathbf{x}_i)} = e^{\mu_j - \sum_{k=1}^K \beta_k x_{ik}}$$

Y si consideramos también el sujeto s , la ratio entre *odds* se establece como,

$$\frac{\Omega_j(\mathbf{x}_i)}{\Omega_j(\mathbf{x}_s)} = e^{\sum_{k=1}^K \beta_k (x_{ik} - x_{sk})}$$

que es independiente de la categoría j .

Estimación de los parámetros

Generalmente, la estimación de los parámetros del modelo se realiza mediante la maximización de la siguiente función de verosimilitud (McKelvey y Zavoina, 1975),

$$L = \prod_{i=1}^N \prod_{j=1}^J [\Lambda_i(j) - \Lambda_i(j-1)]^{v_{ij}} \quad (5.7)$$

donde v_{ij} es una variable dicotómica que toma valor 1 si el valor observado para el individuo i es j , y 0 en caso contrario. En términos logarítmicos, la función (5.7) tiene la siguiente forma,

$$L^* = \log L = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^J v_{ij} \log [\Lambda_i(j) - \Lambda_i(j-1)]. \quad (5.8)$$

Igualando a cero las derivadas parciales de la función (5.8), obtenemos las siguientes ecuaciones,

$$\frac{\partial L^*}{\partial \beta_k} = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^J v_y \frac{\lambda_i(j-1) - \lambda_i(j)}{\Lambda_i(j) - \Lambda_i(j-1)} (x_{ki} / \sigma_i) = 0 \quad k = 1, \dots, K.$$

$$\frac{\partial L^*}{\partial \tau_g} = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^J v_y \frac{\lambda_i(j-1) \frac{(\mu_{j-1} - x_i \beta)}{\sigma_i} z_{gi} - \lambda_i(j) \frac{(\mu_j - x_i \beta)}{\sigma_i} z_{gi}}{\Lambda_i(j) - \Lambda_i(j-1)} = 0 \quad g = 1, \dots, G.$$

$$\frac{\partial L^*}{\partial \mu_l} = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^J v_y \frac{\delta_{j,l} \frac{\lambda_i(j)}{\sigma_i} - \delta_{j-1,l} \frac{\lambda_i(j-1)}{\sigma_i}}{\Lambda_i(j) - \Lambda_i(j-1)} = 0, \quad l = 1, \dots, J-1.$$

donde $\lambda(\cdot)$ es la función de densidad logística $\lambda(\varepsilon) = e^\varepsilon / (1 + e^\varepsilon)^2$ y $\delta_{j,l}$ es la delta de Kronecker, es decir, $\delta_{j,l} = 1$ si $j=l$ y $\delta_{j,l} = 0$ en caso contrario. Estas ecuaciones han de ser resueltas mediante algún proceso iterativo como, por ejemplo, el algoritmo de Newton-Raphson (implementado en SAS). Pratt (1981) demostró que la matriz de segundas derivadas de L^* es siempre definida negativa y, por tanto, que el procedimiento iterativo de Newton-Raphson converge al máximo global de la función. Nótese que la matriz de segundas derivadas parciales de L^* con signo negativo, es la matriz de información observada, cuya inversa, es la matriz de varianzas y covarianzas estimada de los parámetros.

Efectos marginales

El efecto marginal que origina la variación de una unidad en el regresor x_k sobre la probabilidad de pertenecer a la categoría j se calcula de acuerdo a la siguiente expresión,

$$\frac{\partial P(y = j | x, z)}{\partial x_k} = [\lambda(j-1) - \lambda(j)] \frac{\beta_k}{\sigma}. \quad (5.9)$$

La ecuación anterior se cumple cuando el regresor afecta únicamente a la parte predictora del valor esperado medio. Consideremos el supuesto en que la variable de interés es un regresor de la parte predictora de la media, pero también afecta a la varianza, es decir, $x_k = z_g$. En este caso el efecto marginal de la variación de una unidad en la variable de interés tiene la siguiente estructura,

$$\frac{\partial P(y = j | x, z)}{\partial x_k} = [\lambda(j-1) - \lambda(j)] \frac{\beta_k}{\sigma} + \left[\lambda(j-1) \frac{\tau_g(\mu_{j-1} - x\beta)}{\sigma} - \lambda(j) \frac{\tau_g(\mu_j - x\beta)}{\sigma} \right]. \quad (5.10)$$

Dado que ambas ecuaciones dependen de los valores que tomen las variables explicativas, para computar el efecto marginal deberemos asignar valores a los regresores. En la práctica se aplican mayoritariamente dos técnicas para la fijación de valores. Una primera posibilidad consiste en calcular el efecto marginal medio en base a los valores de la muestra, como,

$$\frac{\partial \hat{P}(y = j | \mathbf{X}, \mathbf{Z})}{\partial x_k} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [\hat{\lambda}_i(j-1) - \hat{\lambda}_i(j)] \frac{\hat{\beta}_k}{\hat{\sigma}_i}$$

o,

$$\frac{\partial \hat{P}(y = j | \mathbf{X}, \mathbf{Z})}{\partial x_k} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left\{ [\hat{\lambda}_i(j-1) - \hat{\lambda}_i(j)] \frac{\hat{\beta}_k}{\hat{\sigma}_i} + \left[\hat{\lambda}_i(j-1) \frac{\hat{\tau}_g(\hat{\mu}_{j-1} - x_i \hat{\beta})}{\hat{\sigma}_i} - \hat{\lambda}_i(j) \frac{\hat{\tau}_g(\hat{\mu}_j - x_i \hat{\beta})}{\hat{\sigma}_i} \right] \right\},$$

dependiendo de si estamos en el caso (5.9) o en el (5.10), respectivamente. Una opción más utilizada radica en estimar el efecto marginal para los valores medios de los regresores (Scott Long, 1997),

$$\frac{\partial \hat{P}(y = j | \bar{x}, \bar{z})}{\partial x_k} = [\hat{\lambda}(\bar{x}, \bar{z})(j-1) - \hat{\lambda}(\bar{x}, \bar{z})(j)] \frac{\hat{\beta}_k}{\hat{\sigma}},$$

o,

$$\frac{\partial \hat{P}(y = j | \bar{x}, \bar{z})}{\partial x_k} = [\hat{\lambda}(\bar{x}, \bar{z})(j-1) - \hat{\lambda}(\bar{x}, \bar{z})(j)] \frac{\hat{\beta}_k}{\hat{\sigma}} + \left[\hat{\lambda}(\bar{x}, \bar{z})(j-1) \frac{\hat{\tau}_g(\hat{\mu}_{j-1} - \bar{x} \hat{\beta})}{\hat{\sigma}} - \hat{\lambda}(\bar{x}, \bar{z})(j) \frac{\hat{\tau}_g(\hat{\mu}_j - \bar{x} \hat{\beta})}{\hat{\sigma}} \right]$$

donde $\hat{\lambda}(\cdot) = \frac{e^{(\hat{\mu} - \bar{x} \hat{\beta}) / \hat{\sigma}}}{[1 + e^{(\hat{\mu} - \bar{x} \hat{\beta}) / \hat{\sigma}}]^2}$ y $\hat{\sigma} = e^{\bar{z}}$.

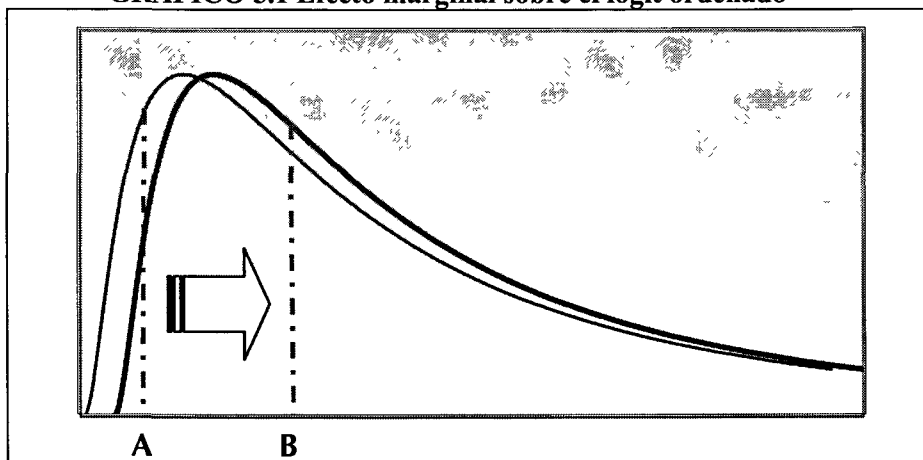
Obviamente, la suma de las variaciones de probabilidad para las diferentes categorías de la variable de respuesta siempre es igual a cero, como consecuencia de que la suma de las probabilidades sea igual a 1. Cuando la variable explicativa es dicotómica, el enfoque anterior no resulta apropiado para la evaluación del efecto marginal. En estos casos, el efecto marginal normalmente se calcula como la diferencia entre las probabilidades si evaluamos la variable en cada uno de sus valores posibles, y con valores representativos para el resto de regresores. Normalmente, se toman las medias muestrales como valores representativos (Liao, 1994). Un análisis detallado, acompañado de una aplicación empírica, puede encontrarse en Ayuso y Santolino (2006a).

Interpretación de los parámetros

Como hemos señalado anteriormente, el efecto marginal sobre las probabilidades no es constante, sino que depende del valor de las variables explicativas, lo que origina que la interpretación de los coeficientes no sea directa. Supongamos, en primer lugar, el caso homocedástico. En este sentido, ante una variación de la variable de interés, directamente únicamente observaremos la dirección de la variación de la probabilidad por medio del signo del coeficiente y, además, sólo para las categorías extremas. Consideremos, por ejemplo, que aumentamos el regresor x_k en una unidad, siendo positivo el coeficiente del parámetro $\beta_k > 0$, y que el resto se mantiene constante. Este aumento de x_k es equivalente a un desplazamiento de la función de densidad hacia la derecha (Gráfico 5.1).

Si analizamos el Gráfico 5.1, el aumento de una unidad en el regresor provoca que la probabilidad de la última categoría aumente (el área a la derecha de la línea B) y disminuya la probabilidad de la primera categoría (el área a la izquierda de la línea A). Sin embargo, no podemos conocer la dirección de la variación de la probabilidad de la categoría intermedia (el área entre A y B) y será necesario calcularla numéricamente.

GRÁFICO 5.1 Efecto marginal sobre el logit ordenado



Interpretación de los predictores de la varianza

La interpretación anterior no es aplicable para los parámetros de escala. Imaginemos, en primer lugar, que en el modelo ajustado no coinciden los regresores de la varianza y los predictores del valor esperado medio, $x_k \neq z_g \quad \forall k \in K, g \in G$. En este caso, la dirección de la variación de la probabilidad de las categorías extremas derivada de un incremento en z_g dependerá del signo del coeficiente $\hat{\tau}_g$ y del signo de la expresión $(\hat{\mu}_j - x_i \hat{\beta})$ para $j=1, \dots, J$. Supongamos, por ejemplo, que el coeficiente del parámetro de escala es negativo $\hat{\tau}_g < 0$, y que se cumple $(\hat{\mu}_j - x_i \hat{\beta}) > 0 \quad \forall j, i$. Dada la anterior situación, si se incrementa en una unidad el regresor de la varianza ($\Delta z_{ig}=1$), directamente observamos que aumentará la probabilidad de la primera categoría y disminuirá la de la última, pero no sabemos en que dirección variará la probabilidad de las categorías intermedias y deberemos calcularlas. Ahora bien, si se cumple que $(\hat{\mu}_j - x_i \hat{\beta}) < 0 \quad \forall j, i$, para el mismo parámetro de escala $\hat{\tau}_g < 0$, entonces un aumento de z_{ig} en una unidad produce el efecto contrario, disminuyendo la probabilidad de la primera categoría y aumentando la de la última. Este último resultado es el mismo que se obtendría si $\hat{\tau}_g > 0$ y $(\hat{\mu}_j - x_i \hat{\beta}) > 0 \quad \forall j, i$.

Hasta el momento hemos considerado que el efecto en las probabilidades extremas siempre es opuesto y que depende del signo del coeficiente del parámetro

de interés y, en su caso, del signo de $(\hat{\mu}_j - x_i \hat{\beta})$, asumiendo que este último no varía para todo $j=1, \dots, J$ y $i=1, \dots, N$. Supongamos ahora que, fijado x , la expresión $(\hat{\mu}_j - x_i \hat{\beta})$ toma valores positivos y negativos en función de la categoría j considerada. En este caso, la dirección de la variación de las probabilidades extremas coincidirá. Consideremos, por ejemplo, un modelo con tres categorías en la variable de respuesta, siendo $(\hat{\mu}_1 - x_i \hat{\beta}) < 0$, $(\hat{\mu}_2 - x_i \hat{\beta}) > 0$ y el parámetro de escala $\hat{\tau}_g < 0$, entonces un incremento de z_{ig} originará una disminución en la probabilidad de la primera categoría y también en la probabilidad de la última. Obviamente, en esta situación, ambos descensos serán compensados con el aumento de la probabilidad de la categoría intermedia. Ahora bien, si hubiesen cuatro categorías y el incremento en z_{ig} originase una disminución en la probabilidad de las categorías extremas, sabemos que al menos una categoría intermedia aumentará su probabilidad, pero directamente no podremos observar cuál de las dos será, o si se incrementará la probabilidad para ambas.

En los párrafos anteriores hemos considerado que los regresores de la varianza son diferentes a los de la media. Ahora bien, cuando la variable de interés afecte a la parte predictora del valor medio y a la de la varianza, únicamente podremos deducir la dirección del efecto total sobre las probabilidades extremas ante una variación en la variable de interés, cuando coincida la dirección de los movimientos en las probabilidades derivados del cambio en la variable, es decir, cuando no se compensen los efectos.

5.2.3 Evaluación del modelo logit ordenado

Un primer criterio para analizar la capacidad explicativa del modelo es el estadístico de la ratio de verosimilitud. Concretamente, el estadístico se computa como -2 veces la diferencia entre el valor del logaritmo de verosimilitud cuando el modelo se estima únicamente con las constantes (verosimilitud restringida) y cuando incluimos las variables explicativas (verosimilitud ampliada). El estadístico se distribuye

aproximadamente según una χ^2 con q grados de libertad, donde q es la diferencia en el número de parámetros entre ambos modelos.

Por otro lado, el análisis de la significación individual de los parámetros se realiza, fundamentalmente, con el estadístico de Wald.

Medidas de bondad del ajuste

Una vez evaluada la capacidad explicativa del modelo, deberemos analizar las diferencias entre las predicciones del modelo ajustado con respecto a los valores realmente observados. Las medidas que se centran en valorar esta diferencia son conocidas como de bondad del ajuste (*Goodness-of-fit*). En particular, para medir la bondad del ajuste en los modelos logit ordenados se suelen considerar estadísticos aproximadamente χ^2 distribuidos y medidas pseudo- R^2 . Entre los estadísticos aproximadamente χ^2 distribuidos, normalmente se consideran el estadístico de la desviación (*deviance*) y el estadístico χ^2 de Pearson. El primero se define como dos veces la diferencia entre el valor del logaritmo de la verosimilitud del modelo saturado (modelo con tantos parámetros como número de observaciones y, por tanto, con la máxima verosimilitud alcanzable) y el del logaritmo de la verosimilitud del modelo ajustado. Por su parte, el estadístico χ^2 de Pearson se computa como la diferencia al cuadrado entre el valor observado y el valor predicho para cada observación, dividido por la varianza estimada de la predicción. Si el modelo está bien definido, ambos estadísticos deberían mostrar niveles de significación elevados.

Una limitación de estos estadísticos es que son muy sensibles a la existencia en el modelo de variables explicativas continuas, especialmente el estadístico χ^2 de Pearson. Esto se debe a que, ambos estadísticos, se basan en el análisis de patrones de resultados mediante la agrupación de las observaciones que tengan el mismo valor en el vector de variables explicativas. Desafortunadamente, si el modelo ajustado incluye variables continuas, un gran número de patrones tendrán un único valor, por lo que obtendremos una tabla de agrupación enorme con la mayoría de casillas vacías.

Cuando esto ocurra, deberemos tener cuidado con la interpretación de ambos estadísticos⁵⁷.

Las restricciones descritas de los estadísticos anteriores, utilizados para determinar si el modelo ajustado es adecuado, nos llevan a complementar el análisis con otras medidas de bondad del ajuste. En este sentido, una técnica adicional para la valoración de la bondad del ajuste es la estimación del coeficiente de determinación, conocido como pseudo- R^2 . En la literatura existen dos métodos ampliamente utilizados para su estimación en los modelos lineales generalizados. La característica en común de estos métodos es que se basan en ratios de verosimilitud más que directamente en los residuos (por este motivo se les denomina pseudo- R^2 , para diferenciarlos del R^2 de la regresión lineal clásica). La primera medida definida por Cox y Snell (1989), tiene la siguiente forma,

$$R_{C-S}^2 = 1 - \left[\frac{L_{rest}}{L_{amp}} \right]^{2/N}$$

siendo N el tamaño muestral. El inconveniente de este criterio es que el pseudo- R^2 obtenido tiene un valor máximo teórico menor a uno. Por este motivo, Nagelkerke (1991) propuso la siguiente modificación,

$$R_{Na}^2 = \frac{R_{C-S}^2}{R_{Máx}^2},$$

donde $R_{Máx}^2 = 1 - (L_{rest})^{2/N}$. Otra medida muy utilizada en la evaluación del modelo, dada su directa interpretación, consiste en generar la matriz de confusión. Mediante

⁵⁷ Nótese que el estadístico de la ratio de verosimilitud, utilizado para evaluar la capacidad explicativa del modelo, puede considerarse como la diferencia entre dos estadísticos de desviación,

$$-2(\log L_{rest} - \log L_{amp}) = 2(\log L_{sat} - \log L_{rest}) - 2(\log L_{sat} - \log L_{amp}),$$

donde L_{rest} es la verosimilitud del modelo restringido (sólo constantes), L_{amp} la del modelo ajustado (con regresores) y L_{sat} la del modelo saturado. Aunque los estadísticos de desviación tengan limitaciones con variables continuas, normalmente la diferencia entre ellos se aproxima adecuadamente mediante una χ^2 (McCullagh y Nelder, 1989; Hosmer y Lemeshow, 1989).

esta matriz, cruzamos en una tabla de clasificación las categorías pronosticadas con las categorías realmente observadas. De este modo, la tabla obtenida nos permite realizar un examen, global o individualizado por categorías, de la frecuencia con la que el modelo predice correctamente.

Contraste de líneas paralelas

Como ya señalábamos al principio del capítulo, el logit ordenado reconoce orden en las categorías resultado, mientras que el logit multinomial no lo hace (McCullagh y Nelder, 1989). Ahora bien, el logit ordenado tiene ciertas restricciones respecto al logit multinomial. Concretamente, imponiendo que los predictores del modelo no dependen de la categoría resultado, asumimos que el vector de coeficientes β no varía entre categorías. Lo anterior implica que, mediante un logit ordenado homocedástico, el efecto de un predictor sobre las categorías extremas siempre será opuesto⁵⁸. Un ejemplo clásico en la predicción de la gravedad de las víctimas en accidentes de tráfico que no satisface el supuesto anterior es el de la utilización de *airbags*. Muchos especialistas opinan que los *airbags* disminuyen la probabilidad de no lesión y de lesiones graves o muerte, pero, en cambio, aumentan la probabilidad de sufrir lesiones no graves. Por tanto, para este ejemplo, probablemente el logit multinomial sería más adecuado, aun cuando trata las categorías resultado como no ordenadas. Autores como Ulfarsson y Mannering (2004) han utilizado un logit multinomial para analizar las diferencias en la gravedad de las lesiones de accidentes de tráfico, teniendo en cuenta el sexo de las víctimas.

En la sección anterior señalábamos que la propiedad de invariabilidad de los β s en el logit ordenado homocedástico origina que la ecuación (5.4) se interprete como un conjunto de líneas paralelas, una para cada categoría. En este sentido, el contraste de líneas paralelas nos permite valorar si el supuesto de igualdad de β s es

⁵⁸ Como mencionamos en el apartado 5.2.2, con la inclusión de parámetros de escala se puede relajar la restricción de influencia opuesta en la probabilidad de las categorías extremas del logit ordenado homocedástico.

adecuado para nuestros datos. Concretamente, el contraste compara dos veces la diferencia entre el valor de la verosimilitud si consideramos que los coeficientes son diferentes para cada categoría y el valor de la verosimilitud del logit ordenado. Este contraste sigue aproximadamente una χ^2 con tantos grados de libertad como indique la diferencia de parámetros estimados. Nótese que formalmente no estamos comparando directamente con el logaritmo de verosimilitud obtenido si estimáramos un logit multinomial, puesto que el logit ordenado no es un caso particular del logit multinomial (Borooah, 2002). En este sentido, un estadístico con valor significativo nos señala exclusivamente que todas las categorías de la variable respuesta no pueden ser ajustadas mediante la misma relación logit y, por tanto, es una señal de potencial mejora en la estimación si ajustásemos un logit multinomial, pero también podría deberse a una incorrecta elección de la *link function*.

5.3 Predicción de la gravedad del daño corporal sufrido

El objetivo de este capítulo es estimar mediante un logit ordenado secuencial la gravedad de la víctima a quien la compañía aseguradora debe indemnizar. Por tanto, un primer paso ha de consistir en definir la variable dependiente que pretendemos explicar. Esta variable, a la que denominaremos *sever*, deberá ser categórica ordenada, donde las categorías reflejen el nivel de gravedad de la lesión. Un posible criterio consiste en determinar las diferentes categorías de la variable dependiente en función de la puntuación total otorgada en la sentencia judicial. Probablemente, entre la información disponible en la muestra (véase Apéndice B), otras variables podrían también haber sido utilizadas para construir la variable dependiente como, por ejemplo, el número de días de baja, o si la víctima sufre algún tipo de incapacidad permanente. Una limitación para utilizar la información del número de días de baja es que engloba diferentes tipos y, por tanto, puede resultar más confuso establecer una categorización de la gravedad del lesionado basándose en esta variable. Respecto a si el lesionado sufre incapacidad permanente, a parte de que también se incluyen diferentes tipos de incapacidad, su crítica principal es el bajo número de casos a los que afecta.

Una vez decidido el criterio para categorizar la variable a explicar, deberemos definir los diferentes niveles que la componen. En este sentido, la primera categoría lógicamente consistirá en aquellos casos en los que el juez considere que el accidente no ha dejado secuelas permanentes a la víctima y, por tanto, con puntuación por secuelas igual a cero. A esta categoría la denominaremos *Días de baja*. En relación al resto de categorías de la variable, cabe mencionar que pretendemos aplicar el modelo en el cálculo de provisiones. Por tanto, parece deseable que el nivel en las categorías refleje un coste esperado creciente de la indemnización económica media. En la Tabla 5.1 se muestra la indemnización media de los siniestros según la puntuación otorgada en sentencia.

TABLA 5.1 Distribución de la compensación media por daños corporales según la puntuación por secuelas otorgada en sentencia

Puntuación de las secuelas	Indemnización media (€)
<8	<10.000
9	12.511,07
10	13.784,73
11	10.078,36
12	18.378,11
13	18.005,33
14	16.915,44
15	25.556,92
18	23.177,15
19	34.550,90
20	18.000,34
21	30.192,10
22	29.130,83
>22	>30.000

Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos.

Si analizamos la Tabla 5.1, observamos una variación importante en las cuantías medias concedidas a víctimas con puntuaciones medias por la lesión de 14 puntos o menos, y a partir de los 15 puntos. Por otro lado, la experiencia histórica de la entidad aseguradora avalaría este resultado⁵⁹. En consecuencia, y con el propósito

⁵⁹ Hasta finales de los años 90, la compañía no obligaba a sus médicos periciales a establecer qué tipo de secuelas padecía el lesionado, cuando la puntuación era menor a 15 puntos.

de simplificar lo máximo posible la estructura del modelo, consideraremos que la variable dependiente esta formada únicamente por tres categorías⁶⁰: *Días de baja*, *Leve* y *Grave*. En este sentido, la categoría *Leve* recogerá aquellas víctimas a quienes se les ha otorgado una puntuación por secuelas superior a cero e inferior a 15 puntos. La categoría *Grave*, por su parte, constará de aquellas víctimas con 15 puntos o más concedidos en sentencia por las secuelas padecidas. Siguiendo este criterio de clasificación, en la Tabla 5.2 se muestra la variable dependiente (*sever*) generada.

TABLA 5.2 Compensación media según las categorías de la variable *sever*

Variable dependiente	Etiqueta	n_j	Indemnización media (€)
<i>sever=1</i>	<i>Días de Baja</i>	71	1.784,42
<i>sever=2</i>	<i>Leve</i>	109	7.330,77
<i>sever=3</i>	<i>Grave</i>	17	31.201,30
		N=197	7.391,72

5.3.1 Estimación secuencial de la gravedad sufrida por el lesionado

Una vez categorizada la variable dependiente, debemos ajustar el logit ordenado secuencial. En este sentido, como señalábamos en el capítulo anterior, asumimos que la entidad aseguradora obtiene la información respecto a un siniestro de daños corporales por etapas (vida del expediente). Suponemos que la obtención de datos de un siniestro es un proceso abierto, es decir, con la entrada de nueva información, la compañía actualiza la información pasada.

Nuestro objetivo es estimar un logit ordenado en cuatro momentos diferentes de la vida del siniestro, en función del nivel de información disponible.

⁶⁰ No se ha considerado una última categoría de gravedad de la lesión para aquellas víctimas que fallecieron a consecuencia del accidente, debido a que los siete fallecidos de nuestra muestra murieron en el momento del accidente (o poco tiempo después) y, por tanto, para ninguno de ellos había incertidumbre respecto al resultado final en el daño corporal producido. Por este motivo, no se han incluido estas observaciones en la estimación de la probabilidad de los niveles de gravedad de la lesión.

Concretamente, estimaremos la probabilidad asociada a los diferentes niveles de gravedad de la lesión, antes de disponer de informes periciales, después del primer informe pericial, después del último informe pericial y, finalmente, cuando la compañía también posee el informe forense. En el proceso de estimación del logit ordenado secuencial, durante la sucesión de etapas, iremos introduciendo en el modelo las nuevas variables, siempre teniendo en cuenta la información pasada conocida por la compañía hasta ese momento. Asimismo, en cada estimación, compararemos la predicción obtenida para cada víctima con la clasificación final otorgada por el juez (sentencia). En la Tabla 5.3 se detallan las variables utilizadas para la estimación del modelo logit ordenado secuencial.

TABLA 5.3 Variables explicativas incluidas en el modelo logit ordenado secuencial y estadísticos descriptivos

		Media	Desv. Est.
<i>Antes de los informes periciales</i>			
<i>año</i>	Año del accidente (1=1994; 2=1995;...; 10=2003).	6,975	1,430
<i>año2</i>	Año del accidente al cuadrado.	50,680	17,151
<i>turi</i>	1 si el vehículo de la víctima es un turismo; 0 en caso contrario.	0,650	0,478
<i>edad</i>	Edad de la víctima (en decenas).	3,930	1,606
<i>sexo</i>	1 si es hombre; 0 en caso contrario.	0,497	0,501
<i>ocup</i>	1 si la víctima es ocupante del vehículo asegurado; 0 en caso contrario.	0,091	0,289
<i>Después del primer informe pericial</i>			
<i>sec</i>	Número de secuelas.	1,092	1,340
<i>dbi</i>	Número de días de baja improductivos para el trabajo.	53,563	53,971
<i>dbni</i>	Número de días de baja no improductivos para el trabajo.	29,109	45,472
<i>Después del último informe pericial</i>			
<i>mismo</i>	1 si se realizó un único informe pericial (mismo informe el inicial y el final); 0 en caso contrario.	0,316	0,467
<i>sec_ul</i>	Número de secuelas.	1,114	1,655
<i>varsec</i>	Variación en el número de secuelas (el último informe menos el primero).	0,009	0,917
<i>dbi_ul</i>	Número de días de baja improductivos para el trabajo.	53,131	63,027
<i>vardbi</i>	Variación en el número de días de baja improductivos (el último informe menos el primero).	2,079	37,601
<i>dbni_ul</i>	Número de días de baja no improductivos para el trabajo.	37,596	59,699
<i>Después del informe forense</i>			
<i>foren</i>	1 si el forense no otorga secuelas; 0 resto de situaciones.	0,342	0,477

Antes de los informes periciales (Modelo I)

La primera etapa de la vida del siniestro surge en el momento de apertura del expediente. En esta primera fase, la compañía obtiene información general sobre el accidente como, por ejemplo, características sociodemográficas del lesionado, el tipo de vehículo en el que viajaba, o su posición en el mismo, entre otros. Por tanto, en este primer momento, buscamos una relación causal entre la gravedad de la lesión y las características generales del siniestro, sin disponer aún de información médica respecto al daño corporal.

Los parámetros estimados se muestran en la Tabla 5.4. La estimación se ha realizado mediante el método de máxima verosimilitud detallado en la sección anterior. De esta primera modelización podemos extraer algunas consideraciones interesantes. El estadístico de la razón de verosimilitud es significativo, por lo que rechazamos la hipótesis de que todos los coeficientes (excepto las constantes) sean iguales a cero. Las conclusiones son similares si analizamos las medidas de bondad del ajuste. En particular, observamos que tanto el estadístico de la desviación como el χ^2 de Pearson muestran niveles de significación elevados. Cabe señalar que los pseudo- R^2 obtenidos para este modelo son relativamente bajos, resultado por otra parte esperable, ya que estimamos el modelo con información muy general del siniestro. En las sucesivas estimaciones del modelo, la comparación entre los pseudo- R^2 estimados nos permitirá evaluar la mejora en el ajuste al introducir nueva información. Nótese que al introducir un parámetro de escala, estamos asumiendo la posibilidad de diferencias en la variabilidad para diferentes valores de los predictores. En concreto, consideramos que, fijada la categoría $j \in J$, el vector de coeficientes $(\sigma_i^{-1} \times \beta)$ y el escalar (μ_j / σ_i) varían en función de σ_i , por lo que no se lleva a cabo el contraste de líneas paralelas⁶¹ (véase sección 5.2.3).

⁶¹ Se realizó el contraste de líneas paralelas para el caso homocedástico, obteniendo un valor del estadístico de 4,755, con un nivel de significación de 0,576 (6 g.d.l).

**TABLA 5.4 Estimación de los parámetros
(Antes de los informes periciales)**

		Coefficiente	P-valor
μ_1	Umbral.	-0,041	0,979
μ_2	Umbral.	2,996	0,059***
<i>año</i>	Año del accidente (1=1994; 2=1995;...; 10=2003).	0,795	0,129
<i>año2</i>	Año del accidente al cuadrado.	-0,082	0,066***
<i>turi</i>	1 si el vehículo de la víctima es un turismo; 0 en caso contrario.	-1,462	0,000*
<i>edad</i>	Edad de la víctima (en decenas).	0,142	0,101
<i>sexo</i>	1 si es hombre; 0 en caso contrario.	-0,895	0,003*
<i>ocup</i>	1 si la víctima es ocupante del vehículo asegurado; 0 en caso contrario.	0,472	0,319
<hr/>			
<i>Parámetro de escala</i>			
<i>turi</i>	1 si el vehículo de la víctima es un turismo; 0 en caso contrario.	-0,165	0,377

Número de observaciones: 197; χ^2 -cuadrado: 33,844 (0,000); Desviación: 260,108(0,929); χ^2 -cuadrado de Pearson: 270,027(0,849); R^2_{c-s} : 0,158; R^2_{Na} : 0,189; * indica nivel de significación del 1%; ** indica nivel de significación del 5%; *** indica nivel de significación del 10%.

En relación al contraste individual de los parámetros, cuatro coeficientes resultan estadísticamente significativos (dos al 1% y dos al 10%). Uno hace referencia al segundo umbral, y los otros tres, aparecen asociados a diferentes variables explicativas. En todos estos casos, el signo de los parámetros estimados es el esperado. En este sentido, la víctima tendrá una mayor probabilidad de sufrir una lesión grave cuanto más alejado sea el año en que sucedió el accidente (coeficiente con signo negativo en la variable *año2*). Aunque el coeficiente de la variable *año* no sea significativo, una interpretación lógica es considerar el efecto conjunto de ambas variables sobre la probabilidad de cada categoría de gravedad. Cuando consideramos ambas variables, el efecto máximo (positivo) se obtiene en el quinto año. En el capítulo 4 señalábamos que todos los siniestros de la base de datos fueron cerrados por la compañía aseguradora entre el segundo semestre del 2001 y el primer semestre del 2003. Por consiguiente, las variables *año* y *año2* nos están reflejando, al menos aproximadamente, el número de años que permanece abierto el expediente dentro de la compañía. Por lo tanto, la probabilidad de que la víctima sufra una lesión grave aumenta con el número de años que el siniestro esté abierto dentro de la compañía, hasta alcanzar el efecto máximo que se encuentra para los expedientes que han

tardado alrededor de 4 o 5 años en cerrarse. Una vez superado este período, si el siniestro continúa abierto, entonces el efecto sobre la gravedad del daño corporal continúa siendo positivo, pero decreciente. Una posible interpretación es que los casos más graves tardan más tiempo en cerrarse, pero si el expediente dura mucho tiempo en liquidarse, puede ser debido más a sustanciales desacuerdos de las partes con la sentencia judicial dictada (apelándola y alargando el proceso), que a la gravedad de la lesión. En relación al resto de coeficientes significativos, si la víctima viajaba en una moto, furgoneta, era un ciclista o un peatón, es más probable que su lesión sea grave, respecto a si viajaba en un turismo⁶². Por último, señalar que el coeficiente con signo negativo de la variable dicotómica *sexo* nos indica que las mujeres tienen una mayor probabilidad de sufrir una lesión grave que los hombres.

En la Tabla 5.5 se presentan las frecuencias observadas y las pronosticadas para cada nivel. La matriz de confusión nos refleja que el modelo ajustado realiza correctas predicciones de la gravedad del lesionado en el 63,4% de los casos. Es decir, con muy poca información del siniestro, la compañía aseguradora es capaz de realizar razonables predicciones sobre la gravedad final de la víctima. Ahora bien, estas predicciones presentan algunas limitaciones. Por ejemplo, el modelo estimado no captura adecuadamente los casos de lesionados graves, reforzando de este modo nuestra hipótesis sobre la posibilidad de mejorar las predicciones del modelo a medida que se introduzca más información de los siniestros.

**TABLA 5.5 Matriz de confusión
(Antes de los informes periciales)**

Predicho	Observado (de acuerdo con la sentencia judicial)			Total
	Días de baja	Leve	Grave	
Días de baja	33	17	1	51
Leve	38	92	16	146
Total	71	109	17	197

⁶² En la siguiente sección detallamos el efecto conjunto de que la variable *turi* también sea utilizada como regresor de la varianza.

Después del primer informe pericial (ModeloII)

En esta sección, presentamos el logit ordenado incorporando la información del primer informe médico-pericial. Al realizar esta nueva estimación del modelo con la información aportada por el informe pericial inicial, hemos de esperar un mejor comportamiento predictivo respecto a la gravedad final del lesionado, ya que disponemos de una primera valoración profesional de la gravedad de la víctima. En la Tabla 5.6 se muestran los estimadores de los parámetros para el nuevo modelo ajustado.

**TABLA 5.6 Estimación de los parámetros
(Después del primer informe pericial)**

		Coefficiente	P-valor
μ_1	Umbral.	4,167	0,097***
μ_2	Umbral.	8,168	0,004*
<i>año</i>	Año del accidente (1=1994; 2=1995;...; 10=2003).	1,237	0,118
<i>año2</i>	Año del accidente al cuadrado.	-0,104	0,111
<i>turi</i>	1 si el vehículo de la víctima es un turismo; 0 en caso contrario.	-0,608	0,159
<i>edad</i>	Edad de la víctima (en decenas).	0,194	0,082***
<i>sexo</i>	1 si es hombre; 0 en caso contrario.	-0,877	0,016**
<i>ocup</i>	1 si la víctima es ocupante; 0 en caso contrario.	0,678	0,134
<i>sec</i>	Número de secuelas.	0,701	0,002*
<i>dbi</i>	Número de días de baja improductivos para el trabajo.	0,015	0,001*
<i>dbni</i>	Número de días de baja no improductivos para el trabajo.	0,008	0,078***
<i>Parámetro de escala</i>			
<i>turi</i>	1 si el vehículo de la víctima es un turismo; 0 en caso contrario.	-0,649	0,028**

Número de observaciones: 119; χ^2 -cuadrado: 56,046 (0,000); Desviación: 133,374(1,000); χ^2 -cuadrado de Pearson: 316,375(0,000); R^2_{c-s} : 0,514; R^2_{Na} : 0,611; * indica nivel de significación del 1%; ** indica nivel de significación del 5%; *** indica nivel de significación del 10%.

En primer lugar, destacar que el contraste de la razón de verosimilitud es significativo al 1%. Este contraste compara el logaritmo de la verosimilitud para el logit ordenado estimado sin los informes periciales (hipótesis nula⁶³) y el logaritmo

⁶³ Dado que el tamaño muestral en el modelo estimado sin informe pericial es diferente al utilizado en el modelo después del primer informe pericial, para computar la razón de verosimilitud, calculamos de

de la verosimilitud para el logit ordenado incluyendo la información del informe pericial inicial (hipótesis alternativa). Por tanto, la significación del estadístico nos indica que la información aportada al modelo logit por el informe pericial inicial es relevante. Respecto a las medidas de bondad del ajuste, como señalábamos en el apartado anterior (sección 5.2.3), el estadístico de desviación y el χ^2 de Pearson son muy sensibles a las variables explicativas continuas. En esta etapa de estimación del modelo, al introducir covariables continuas (*sec*, *dbi*, *dbni*), obtenemos unos estadísticos con niveles de significación poco fiables. Por el contrario, el incremento mostrado por los pseudo- R^2 si nos permite evaluar, al menos de forma intuitiva, la mejora en el ajuste al incorporar la información del informe médico inicial.

Respecto al contraste individual de los parámetros, ocho coeficientes resultan estadísticamente significativos (tres al 1%, dos al 5% y tres al 10%). En comparación con el modelo estimado anterior, el año de accidente al cuadrado (*año2*) y el hecho de que el vehículo sea un turismo (*turi*) pierden capacidad explicativa, y dejan de ser significativos. Por el contrario, el coeficiente de la variable que refleja la edad de la víctima (*edad*) ahora es significativo. El signo del coeficiente es positivo, por lo que la gravedad de la lesión está positivamente relacionada con la edad del lesionado. Finalmente, el género de la víctima (*sexo*) continúa siendo un predictor significativo (y con idéntico signo) de la gravedad de la lesión.

Por otro lado, observamos que las tres nuevas variables incorporadas al modelo (*sec*, *dbi*, *dbni*), tienen coeficientes significativos y positivos. De acuerdo con nuestros resultados, por tanto, el número de días de baja impeditivos para el trabajo (*dbi*) que considere el médico perito de la compañía como necesarios para que la víctima se recupere de la lesión, así como el número de días de baja no impeditivos (*dbni*) y el número de secuelas (*sec*) que le dejará el accidente de tráfico después de

nuevo el logaritmo del valor que maximiza la función sobre los regresores del modelo sin informes periciales, pero únicamente para el conjunto de observaciones que forman la muestra del modelo cuando se incluye la información del primer informe pericial.

la recuperación, tienen capacidad explicativa en la gravedad final otorgada por el juez en la sentencia. El signo positivo de todos los coeficientes nos señala que, tal como cabía esperar, cuanto mayor sea el valor de estas variables, más probable será que la lesión de la víctima sea grave.

Nótese que en el modelo presentado en la Tabla 5.6 el coeficiente del parámetro de escala es significativo. El signo negativo del estimador nos refleja que si la variable dicotómica *turi* toma valor uno, la desviación $\hat{\sigma}_i$ para el individuo *i* será inferior a la unidad. En este sentido, supongamos que se cumple $(\hat{\mu}_j - x_i \hat{\beta}) > 0 \quad \forall j, i$. Si consideramos la variación en $\hat{\sigma}_i$, y el resto lo mantenemos constante, la probabilidad de la categoría *Días de baja* aumentará y la de la categoría *Grave* disminuirá. Cabe señalar que, en el modelo propuesto, la variable *turi* está igualmente incluida como regresor del valor esperado medio. En los resultados mostrados en la Tabla 5.6, el coeficiente para dicha variable tiene también signo negativo ($\hat{\beta}_{turi} = -0,608$), por lo que influye en la misma dirección sobre las probabilidades de los niveles de gravedad y, por tanto, no se producirá compensación de efectos opuestos. Sin embargo, si el signo del estimador $\hat{\beta}_{turi}$ hubiera sido positivo, no se podría observar directamente el efecto marginal que se produciría en las probabilidades de las categorías extremas el hecho de que la víctima viajara en un turismo (véase sección 5.3.2).

Por último, en la Tabla 5.7 se comparan i) las categorías pronosticadas por el logit ordenado; y ii) la clasificación realizada por el médico perito, con el nivel de gravedad finalmente otorgado en la sentencia judicial. Nótese que el modelo estimado predice correctamente la gravedad de las víctimas en el 72,3% de los casos, mientras que el médico perito de la compañía clasifica correctamente a los lesionados únicamente en el 62,2%. El tiempo medio estimado que transcurre entre la apertura del expediente y la realización del primer informe pericial es de unos 37 días (Tabla 4.4). Por tanto, con el modelo propuesto, la compañía sería capaz de estimar correctamente la gravedad final de las víctimas en un porcentaje elevado de casos, en poco más de un mes desde que se le informa que ha ocurrido el accidente.

**TABLA 5.7 Matriz de confusión
(Después del primer informe pericial)**

Clasificación del perito médico	Observado (de acuerdo con la sentencia judicial)			Total
	Días de baja	Leve	Grave	
No lesión [†]	3	1	0	4
Días de baja	24	18	0	42
Leve	13	45	7	65
Grave	0	3	5	8
Total	40	67	12	119

[†] El médico perito no concedió ni secuelas ni días de baja a la víctima.

Predicho	Observado (de acuerdo con la sentencia judicial)			Total
	Días de baja	Leve	Grave	
Días de baja	26	13	0	39
Leve	14	52	4	70
Grave	0	2	8	10
Total	40	67	12	119

Después del último informe pericial (Modelo III)

En esta nueva etapa ajustamos el logit ordenado agregando la información del último informe médico-pericial, es decir, cuando la víctima está totalmente recuperada de la lesión, o se le han estabilizado las secuelas. Nuestro propósito es combinar la información del nuevo informe pericial con la del informe inicial. En el nuevo modelo propuesto, incorporamos las variables que reflejan el número de secuelas (*sec_ul*), el número de días de baja impeditivos (*dbi_ul*) y el de no impeditivos (*dbni_ul*) considerados por el perito en el último informe. Lógicamente, estas variables estarán correlacionadas con sus homólogas del informe inicial. Con el fin de evitar posibles problemas de colinealidad entre variables explicativas, hemos incluido como regresores las variaciones observadas entre informes médicos, más que los valores absolutos de la información proporcionada en los informes periciales. Los parámetros estimados se presentan en la Tabla 5.8.

**TABLA 5.8 Estimación de los parámetros
(Después del último informe pericial)**

		Coeficiente	P-valor
μ_1	Umbral.	4,114	0,178
μ_2	Umbral.	8,462	0,011**
<i>año</i>	Año del accidente (1=1994; 2=1995;...; 10=2003).	1,429	0,152
<i>año2</i>	Año del accidente al cuadrado.	-0,124	0,129
<i>turi</i>	1 si el vehículo de la víctima es un turismo; 0 en caso contrario.	-0,770	0,112
<i>edad</i>	Edad de la víctima (en decenas).	0,245	0,049**
<i>sexo</i>	1 si es hombre; 0 en caso contrario.	-1,162	0,008*
<i>ocup</i>	1 si la víctima es ocupante; 0 en caso contrario.	0,643	0,206
<i>mismo</i>	1 si se realizó un único informe pericial (mismo informe el inicial y el final); 0 en caso contrario.	-0,823	0,065***
<i>sec_ul</i>	Número de secuelas.	0,676	0,006*
<i>varsec</i>	Variación en el número de secuelas (el último informe menos el primero).	-0,686	0,031**
<i>dbi_ul</i>	Número de días de baja impeditivos para el trabajo.	0,014	0,005*
<i>vardbi</i>	Variación en el número de días de baja impeditivos (el último informe menos el primero).	-0,014	0,018**
<i>dbni_ul</i>	Número de días de baja no impeditivos para el trabajo.	0,007	0,059***
<i>Parámetro de escala</i>			
<i>turi</i>	1 si el vehículo de la víctima es un turismo; 0 en caso contrario.	-0,582	0,055***

Número de observaciones: 114; χ -cuadrado: 6,847 (0,077); Desviación: 120,535(1,000); χ -cuadrado de Pearson: 301,126(0,000); R^2_{c-s} : 0,544; R^2_{Na} : 0,646; * indica nivel de significación del 1%; ** indica nivel de significación del 5%; *** indica nivel de significación del 10%.

Señalar que el contraste de la razón de verosimilitud, que compara, en este caso, el logaritmo de la verosimilitud del modelo estimado previo (con informe pericial inicial), y el logaritmo de la verosimilitud para el nuevo modelo, es significativo al 10%⁶⁴. Es decir, con la incorporación de la información relacionada con el último informe pericial se mejora significativamente el ajuste del modelo. Obviamente, los pseudos- R^2 también aumentan con la introducción de nueva información explicativa al modelo.

⁶⁴ De nuevo, para realizar el contraste, se ha calculado el logaritmo de la verosimilitud del logit estimado con la información del primer informe pericial, usando la muestra disponible en esta nueva etapa.

La interpretación de las variables explicativas del último informe pericial es bastante similar a la señalada para el informe pericial inicial. En particular, las variables que recogen el número de secuelas consideradas por el perito en el último informe (*sec_ul*), así como el número de días de baja impeditivos (*dbi_ul*), y el número de días de baja no impeditivos (*dbni_ul*), tienen coeficientes significativos y con signo positivo, por lo que están positivamente relacionadas con la gravedad de la víctima. Un resultado interesante se encuentra en el hecho de que las variables que aportan información del informe inicial pericial sean relevantes en la estimación del modelo en esta última etapa. Cabe recordar que, a diferencia del informe inicial, en el último informe, las víctimas están recuperadas. Concretamente, las variables que reflejan la diferencia en el número de secuelas considerado entre el último y el primer informe (*varsec*), y la variación en el número de días de baja concedidos entre ambos (*vardbi*), tienen capacidad explicativa en la gravedad esperada de la víctima. Por lo tanto, el signo negativo de los coeficientes indica que cuando las secuelas, o el número de días de baja considerados en el primer informe, sean superiores a los otorgados en el último, la probabilidad estimada de que la víctima sufra una lesión grave se incrementa. Finalmente, señalar que la variable que nos recoge que se ha realizado un único informe pericial y que, por tanto, el informe pericial inicial y el final coinciden, tiene un coeficiente significativo y con signo negativo. De lo anterior se deriva que, lógicamente, será más probable que el accidente no haya dejado secuelas a la víctima si la compañía requirió de una única visita médica.

En relación al resto de regresores, remarcar que la edad (*edad*), y el género de la víctima (*sexo*), continúan siendo predictores significativos de la gravedad esperada de la víctima, y con el mismo signo en sus coeficientes. Del mismo modo, el parámetro de escala vuelve a mostrar un coeficiente significativo y con signo negativo.

Finalmente, se muestra la matriz de confusión para el modelo estimado (Tabla 5.9). Como hacíamos en la sección previa, comparamos las predicciones de los niveles de gravedad estimados, y la gravedad considerada por el médico perito, con la concedida por el juez en sentencia. Cabe remarcar que el porcentaje de casos

clasificados adecuadamente por el modelo estimado se incrementa notablemente (78,1%). Por el contrario, disminuye el porcentaje de casos clasificados correctamente por el médico de la compañía en el último informe pericial (61,4%).

**TABLA 5.9 Matriz de confusión
(Después del último informe pericial)**

Clasificación del perito médico	Observado (de acuerdo con la sentencia judicial)			Total
	Días de baja	Leve	Grave	
No lesión [†]	3	1	0	4
Días de baja	29	21	0	50
Leve	8	36	6	50
Grave	0	5	5	10
Total	40	63	11	114

[†] El médico perito no concedió ni secuelas ni días de baja a la víctima

Predicho	Observado (de acuerdo con la sentencia judicial)			Total
	Días de baja	Leve	Grave	
Días de baja	30	12	0	42
Leve	9	51	3	63
Grave	1	0	8	9
Total	40	63	11	114

Después del informe forense (Modelo IV)

En esta última fase, estimamos de nuevo el logit ordenado agregando la información recogida en el informe forense. Como señalábamos en el capítulo 3, el informe forense se realiza únicamente para aquellos casos que se resuelven por vía procesal penal. Por este motivo, y con el objetivo de mantener la muestra lo más amplia posible, hemos incluido únicamente una variable *dummy* del informe forense (variable *foren*). La categorización de esta variable se ha realizado teniendo en cuenta la indicación o no de secuelas por parte del médico forense. Concretamente, esta variable toma valor 1 si el médico forense no otorgó secuelas a la víctima, y 0 para el resto de los casos (es decir, si el médico forense otorgó secuelas o

sencillamente no hubo informe forense). Con esta definición, tenemos en cuenta que aquellas demandas que siguieron el cauce civil no son observaciones con valores perdidos (*missings*) de la base de datos y, por lo tanto, son utilizadas en la estimación del modelo. En la Tabla 5.10 se presentan los parámetros estimados.

**TABLA 5.10 Estimación de los parámetros
(Después del informe forense)**

		Coefficiente	P-valor
μ_1	Umbral.	3,744	0,592
μ_2	Umbral.	17,331	0,049**
<i>año</i>	Año del accidente (1=1994; 2=1995;...; 10=2003).	2,291	0,330
<i>año2</i>	Año del accidente al cuadrado.	-0,179	0,357
<i>turi</i>	1 si el vehículo de la víctima es un turismo; 0 en caso contrario.	-1,074	0,443
<i>edad</i>	Edad de la víctima (en decenas).	0,590	0,086***
<i>sexo</i>	1 si es hombre; 0 en caso contrario.	-2,369	0,072***
<i>ocup</i>	1 si la víctima es ocupante; 0 en caso contrario.	-0,275	0,878
<i>mismo</i>	1 si se realizó un único informe pericial (mismo informe el inicial y el final); 0 en caso contrario.	-2,686	0,170
<i>sec_ul</i>	Número de secuelas.	1,825	0,039**
<i>varsec</i>	Variación en el número de secuelas (el último informe menos el primero).	-2,172	0,049**
<i>dbi_ul</i>	Número de días de baja impeditivos para el trabajo.	0,021	0,110
<i>vardbi</i>	Variación en el número de días de baja impeditivos (el último informe menos el primero).	-0,036	0,082***
<i>dbni_ul</i>	Número de días de baja no impeditivos para el trabajo.	0,017	0,046**
<i>foren</i>	1 si el forense no otorga secuelas; 0 resto de situaciones.	-10,159	0,005*
<i>Parámetro de escala</i>			
<i>turi</i>	1 si el vehículo de la víctima es un turismo; 0 en caso contrario.	0,695	0,074***

Número de observaciones: 114; χ -cuadrado: 57,511(0,000); Desviación: 63,024(1,000); χ -cuadrado de Pearson: 145,906(1,000); R^2_{c-s} : 0,724; R^2_{Na} : 0,861; * indica nivel de significación del 1%; ** indica nivel de significación del 5%; *** indica nivel de significación del 10%.

El contraste que compara la verosimilitud del modelo ahora estimado con la del modelo propuesto en la sección anterior es significativo, indicándonos, de este modo, que con la información aportada por la variable *foren* se mejora el ajuste. Relacionado con lo anterior, el contraste de Wald para la variable *foren* resulta también estadísticamente significativo y, por consiguiente, esta variable tiene

capacidad explicativa sobre la gravedad esperada de la víctima. En la misma dirección, el comportamiento de los pseudos- R^2 mejora sensiblemente.

En relación a el contraste individual de los parámetros, como señalábamos en el párrafo anterior, el coeficiente de la variable *foren* es significativo y, como cabía esperar, con signo negativo. Por tanto, si el forense no concede secuelas a la víctima, aumenta la probabilidad esperada de que el lesionado pertenezca a la categoría *Días de baja*. Para el resto de parámetros, su comportamiento es muy parecido al mostrado en la etapa previa (Tabla 5.8). Únicamente destacar que la variable que nos recoge el número de días de baja impeditivos considerado por el perito médico en el último informe (*dbi_ul*), y la que nos indica si el informe pericial inicial y final son iguales (*mismo*) pierden capacidad explicativa, dejando de presentar coeficientes significativos. Nótese que el parámetro de escala continúa siendo significativo, aunque ha variado su signo pasando a ser positivo, $(\hat{\sigma}_i | tur = 1) > 1$.

Por último, en la Tabla 5.11 se muestra la matriz de confusión para el modelo estimado. Cabe recordar que el forense no está obligado a puntuar las secuelas, sino únicamente a marcar la horquilla de valoración (capítulo 4). Por tanto, en aquellos casos en que el forense no otorgue puntuación, y únicamente describa la secuela, para la clasificación de la gravedad considerada, asumiremos el criterio de la puntuación media de la horquilla de valoración correspondiente. En comparación a los resultados obtenidos con el modelo previo (Tabla 5.9), destacar que con la introducción de la variable *foren* aumenta notablemente el porcentaje de casos correctamente clasificados por el modelo, pasando a predecir adecuadamente el 91,2% de los casos. Por otro lado, el porcentaje de casos clasificados correctamente por el médico forense es del 78,1% (si para aquellos casos que siguieron el cauce civil y, por tanto, no se realizó el informe forense, consideramos la clasificación asignada por el perito médico en el último informe –parte central de la Tabla 5.11-, el porcentaje de víctimas correctamente clasificadas aumenta hasta el 83,3%).

**TABLA 5.11 Matriz de confusión
(Después del informe forense)**

Observado (de acuerdo con la sentencia judicial)				
Clasificación del médico forense	Días de baja	Leve	Grave	Total
No informe [†]	4	6	2	12
Días de baja	35	4	0	39
Leve	1	46	1	48
Grave	0	7	8	15
Total	40	63	11	114

[†]Procedimiento civil

Observado (de acuerdo con la sentencia judicial)				
Clasificación en inform. médicos [†]	Días de baja	Leve	Grave	Total
Días de baja	36	4	0	40
Leve	4	49	1	54
Grave	0	10	10	20
Total	40	63	11	114

[†] En los casos que no se realiza informe forense se considera la clasificación otorgada por el perito en el último informe pericial.

Observado (de acuerdo con la sentencia judicial)				
Predicho	Días de baja	Leve	Grave	Total
Días de baja	37	3	0	40
Leve	3	59	3	65
Grave	0	1	8	9
Total	40	63	11	114

5.3.2 Efectos marginales

En este apartado calcularemos los efectos marginales para algunos de los regresores del modelo logit ordenado secuencial. En primer lugar, desarrollaremos el caso en que la variación afecta a una variable explicativa continua. Posteriormente, computaremos el efecto marginal si la variación afecta a una variable dicotómica. Por último, analizaremos que ocurre cuando el cambio afecta a un predictor de la

varianza. En particular, estudiaremos el cambio en la probabilidad asociado a las diferentes categorías de la variable respuesta, como consecuencia de la variación de una unidad en las variables *edad*, *sexo* y *turi*, respectivamente.

Efecto marginal de la variable relativa a la edad de la víctima

Para calcular el efecto marginal de una variación en la variable *edad* (x_{edad}) en las probabilidades asociadas a cada categoría, calculamos la siguiente derivada (sección 5.2.2),

$$\frac{\partial \hat{P}(y = j | \bar{x}, \bar{z})}{\partial x_{edad}} = \left[\hat{\lambda}(j-1) - \hat{\lambda}(j) \right] \frac{\hat{\beta}_{edad}}{\hat{\sigma}} = \frac{e^{(\mu_j - \beta \bar{x}) / \hat{\sigma}}}{\left(1 + e^{(\mu_j - \beta \bar{x}) / \hat{\sigma}}\right)^2} \left(-\frac{\hat{\beta}_{edad}}{\hat{\sigma}} \right) - \frac{e^{(\mu_{j-1} - \beta \bar{x}) / \hat{\sigma}}}{\left(1 + e^{(\mu_{j-1} - \beta \bar{x}) / \hat{\sigma}}\right)^2} \left(-\frac{\hat{\beta}_{edad}}{\hat{\sigma}} \right), \quad j = 1, \dots, J,$$

donde la varianza media estimada es $\hat{\sigma} = e^{\hat{t}_{turi} \bar{z}_{turi}}$, siendo \bar{z}_{turi} la media muestral del regresor *turi* y \hat{t}_{turi} el parámetro estimado correspondiente. Por su parte, los μ 's son los umbrales estimados donde están definidas las categorías de respuesta, β es el vector columna de parámetros estimados, y \bar{x} es el vector de medias de las covariables (Tabla 5.3). En la Tabla 5.12 se presentan los efectos marginales derivados de una variación en una unidad de la variable explicativa *edad*, para cada una de las etapas del logit ordenado secuencial.

TABLA 5.12 Efecto marginal de una variación en la variable *edad*

	Variación en la probabilidad de las categorías estimadas		
	Días de baja	Leve	Grave
Modelo I: sin informes periciales	-0,035	0,025	0,010
Modelo II: con informe pericial inicial	-0,044	0,041	0,003
Modelo III: con informe pericial final	-0,056	0,053	0,003
Modelo IV: con informe forense	-0,043	0,043	0,000
Efecto marginal medio	-0,044	0,040	0,004

En resumen, si aumenta una unidad la variable *edad*, en promedio disminuirá la probabilidad de que la víctima sólo padezca días de baja en un 4,4%. Esta disminución irá acompañada de incrementos en la probabilidad de que la lesión sea leve (4%), y de que la lesión sea grave (0,4%).

Efecto marginal de la variable relativa al género de la víctima

Cuando nuestro objetivo sea obtener el efecto marginal de una variación en una variable dicotómica como, por ejemplo, la variable *sexo*, se calcula como la diferencia entre las probabilidades para cada una de las categorías de respuesta si consideramos la variable de interés en cada uno de sus valores,

$$\frac{\partial \hat{P}(y = j | \bar{x}, \bar{z})}{\partial x_{\text{sexo}}} = \hat{P}(y = j | \bar{x}, \bar{z}, x_{\text{sexo}} = 1) - \hat{P}(y = j | \bar{x}, \bar{z}, x_{\text{sexo}} = 0) \quad j = 1, \dots, J,$$

donde \bar{x} es el vector de medias de las variables explicativas (excepto la variable *sexo*), y \bar{z}_{turi} la media muestral del regresor de la varianza *turi*. En este sentido, la probabilidad puntual de cada categoría en cada uno de los valores de la variable de interés se calcula de acuerdo con la ecuación (5.6).

Tabla 5.13 Efecto marginal de una variación en la variable *sexo*

	Variación en la probabilidad de las categorías estimadas		
	Días de baja	Leve	Grave
Modelo I: sin informes periciales	0,218	-0,156	-0,062
Modelo II: con informe pericial inicial	0,201	-0,187	-0,014
Modelo III: con informe pericial final	0,267	-0,253	-0,014
Modelo IV: con informe forense	0,179	-0,177	-0,002
Efecto marginal medio	0,216	-0,193	-0,023

De acuerdo con los efectos marginales mostrados en la Tabla 5.13, las mujeres en promedio tienen un mayor riesgo de sufrir lesiones leves ($y=2$) o graves ($y=3$), en

comparación con los hombres, los cuáles presentan una mayor probabilidad de que el accidente no les deje secuelas ($y=1$).

Efecto marginal de la variable relativa al tipo de vehículo

Por último, analizaremos el caso en que la variable dicotómica es un regresor del valor esperado medio y también de la varianza esperada. Igual que en el caso anterior, el efecto marginal se obtiene como la diferencia entre las probabilidades si consideramos la variable de interés en cada uno de sus valores y, para el resto de regresores, las medias muestrales como valores representativos (Tabla 5.14). En la primera parte de la Tabla 5.14 se presenta el caso hipotético del efecto marginal si varía el regresor de la varianza pero, en cambio, el regresor de la media no se modifica ($\Delta z_{turi}=1, \Delta x_{turi}=0$). En otras palabras, se computa la diferencia entre la probabilidad de las categorías de respuesta si $z_{turi}=1$ y la probabilidad si $z_{turi}=0$, dejando el resto sin variación. Por el contrario, en la segunda parte de la Tabla 5.14, se muestra el efecto marginal total de la variación en la variable de interés *turi*, es decir, el cambio en la probabilidad de las categorías si $\Delta z_{turi}=1$ y $\Delta x_{turi}=1$.

Como señalábamos en la sección 5.2.2, con la introducción de parámetros de escala, se relajan algunas restricciones del logit ordenado homocedástico, permitiendo capturar relaciones más complejas de los regresores. Concretamente, remarcábamos la posibilidad de variaciones en la misma dirección de las probabilidades de las categorías extremas, ante un cambio en el regresor de la varianza. Si analizamos los resultados presentados en la Tabla 5.14 para el caso hipotético ($\Delta z_{turi}=1, \Delta x_{turi}=0$), cabe destacar que el sentido de la variación de la probabilidad de la categoría *Días de baja* y el de la categoría *Grave* es el mismo para los cuatro casos estimados, decreciendo para los tres primeros modelos e incrementándose en el último.

Cuando examinamos el efecto total de la variación en la variable de interés *turi*, es decir, el efecto marginal de la variación en el regresor de la varianza y en el regresor de la media conjuntamente ($\Delta z_{turi}=1, \Delta x_{turi}=1$), los resultados no muestran un claro patrón de influencia en la gravedad esperada para las distintas fases del logit

secuencial, sino que dependerán de la etapa considerada. Tomando, por ejemplo, el efecto marginal promedio de los cuatro modelos, la influencia en las probabilidades de que la víctima viajase en coche ($x_{turi}=z_{turi}=1$) respecto a que no lo hiciera ($x_{turi}=z_{turi}=0$), consistirá en un incremento de la probabilidad de la categoría *Días de baja* (12,6%) en detrimento de la probabilidad de las otras dos categorías.

TABLA 5.14 Efecto marginal de una variación en la variable *turi*

<i>Efecto de la variación en el predictor de la varianza</i> ($\Delta z_{turi}=1, x_{turi}=\bar{x}_{turi}$)	Variación en la probabilidad de las categorías estimadas		
	Días de baja	Leve	Grave
Modelo I: sin informes periciales	-0,025	0,052	-0,027
Modelo II: con informe pericial inicial	-0,140	0,184	-0,044
Modelo III: con informe pericial final	-0,125	0,156	-0,031
Modelo IV: con informe forense	0,137	-0,142	0,005
Efecto marginal medio	-0,038	0,062	-0,024

<i>Efecto conjunto</i> ($\Delta z_{turi}=1, \Delta x_{turi}=1$)	Variación en la probabilidad de las categorías estimadas		
	Días de baja	Leve	Grave
Modelo I: sin informes periciales	0,294	-0,135	-0,159
Modelo II: con informe pericial inicial	-0,015	0,080	-0,065
Modelo III: con informe pericial final	0,034	0,018	-0,052
Modelo IV: con informe forense	0,191	-0,195	0,004
Efecto marginal medio	0,126	-0,058	-0,068

5.3.3 Información no significativa de la base de datos

Dependiendo de la investigación que se lleve a cabo, tan importante como el estudio de las variables explicativas que mostraron coeficientes significativos, puede ser el análisis de la información que no se incorporó en el modelo porque los resultados

obtenidos no lo justificaron. En el Apéndice C se detalla la información recogida en la base de datos.

En relación a la información obtenida en el momento de apertura del siniestro, las variables que nos indican de quién fue la culpa del accidente, el estado civil de la víctima, o su actividad laboral, no mostraron coeficientes significativos en ninguna de las estimaciones. Ahora bien, algunas de las categorías de estas variables como, por ejemplo, estar soltero, ser estudiante o jubilado, están fuertemente correlacionadas con la edad de la víctima (que si refleja capacidad explicativa en la gravedad de la lesión). En cuanto a la variable que recoge el tiempo que transcurre entre la fecha del accidente y la apertura del siniestro no parece guardar correlación con la gravedad.

Una vez analizada esta primera información del siniestro, debemos considerar la información aportada por los informes periciales. En este sentido, según nuestros resultados, con respecto a la información médica, ni el número de días de baja hospitalarios considerado en los informes, ni la variación entre informes del número de días de baja no impeditivos, poseen capacidad explicativa de la gravedad de la víctima. En cuanto a las variables temporales que nos indican el plazo transcurrido entre informes, o desde la apertura del siniestro a los informes, tampoco presentaron coeficientes significativos en las sucesivas estimaciones. Una posible explicación sería la correlación de estas variables con las que nos indican el número de días de baja impeditivos para el trabajo y el número de días de baja no impeditivos. Por otro lado, en cuanto a la falta de capacidad explicativa de las variables que indican si la víctima sufrió algún tipo de incapacidad permanente, probablemente esté motivada por el bajo número de casos a los que afecta.

Especial atención merece la no significación de los coeficientes de las variables que recogen la puntuación otorgada por el médico en los informes periciales. No olvidemos que la categorización de la variable respuesta se basa en la puntuación de las secuelas otorgada por el juez. Como consecuencia, la falta de capacidad explicativa de la puntuación de las secuelas otorgada por el médico perito nos sugiere

que no es un indicador preciso de la puntuación que finalmente se concederá a la víctima. La no significación se debe, probablemente, a la colinealidad existente entre estas variables y las que indican el número de secuelas consideradas por el perito (*sec*, *sec_ul* y *varsec*), que sí han sido incluidas en la estimación.

En relación a la información que aparece en el informe forense, señalar que la gravedad de la víctima considerada directamente por el médico forense coincide en casi el 90% de los casos a la otorgada finalmente por el juez. Por este motivo, únicamente se ha tenido en cuenta si el forense evalúa a la víctima y considera que el accidente le ha dejado secuelas.

5.3.4 Análisis global de los resultados

Cuando se informa a la compañía aseguradora de un nuevo siniestro de daños corporales, ésta estará interesada en conocer la gravedad esperada de la lesión de la víctima, como un indicador del coste total que le supondrá indemnizarla. Ciertos atributos pueden ayudar a estimar la gravedad esperada de la víctima mediante un modelo logit ordenado, pero normalmente la compañía no dispondrá de todos ellos en el momento de apertura del expediente, sino que los irá conociendo a lo largo de la vida del siniestro. Por este motivo, se ha ajustado un modelo logit ordenado secuencial en cuatro diferentes etapas, en función de la información disponible del mismo en cada momento por parte de la compañía.

En relación a la información obtenida en el momento de apertura del siniestro, el parámetro de la variable *sexo* es siempre significativo, y con el mismo signo a lo largo de los modelos estimados. Un comportamiento similar muestra la variable *edad*, presentando un coeficiente no significativo únicamente en el primer modelo estimado (nivel de significación: 0,101). Por tanto, de acuerdo con nuestros resultados, el grupo de víctimas con mayor riesgo de sufrir lesiones graves son las mujeres adultas. Respecto al resto de información recogida en el primer modelo, tanto el año de apertura (*año2*) como el tipo de vehículo (*turi*) parecen guardar relación con la gravedad esperada de la víctima, pero pierden capacidad explicativa

cuando la compañía dispone de una evaluación profesional de la lesión (informes médicos).

En una siguiente fase, la víctima es examinada por el perito médico de la compañía. Desde ese momento, la compañía dispone de una primera valoración médica (informe pericial inicial) que posteriormente irá ampliando mediante los sucesivos informes médicos. Desafortunadamente, los diferentes informes médicos pueden tener objetivos diferentes no siempre compatibles. Por un lado, los informes médicos son la base para calcular la provisión del siniestro. Pero, por otro lado, también son una herramienta de negociación para llegar a un acuerdo sobre la indemnización de la víctima o, en última instancia, como prueba en el juicio. Es decir, por cada secuela que la compañía admita, implícitamente esta aceptando su pago, y por tanto incrementando el coste. Es en este contexto donde debemos considerar que la información relativa al primer informe médico tiene capacidad explicativa, incluso cuando ya disponemos del último informe o que el médico perito clasifique casi el mismo porcentaje de casos correctamente en ambos informes (Tabla 5.7 y Tabla 5.9). Una posible interpretación sería que el informe médico pericial inicial está más cercano al primer objetivo (suficiente provisión) y, en cambio, el último informe pericial, está más cercano al segundo (prueba en el juicio).

Otro resultado interesante es que la puntuación otorgada por las secuelas en los distintos informes periciales no tiene capacidad explicativa en la puntuación final que otorgará el juez. Cabe señalar que cuando el perito médico puntúa las secuelas dentro de las horquillas establecidas por el baremo, está midiendo la intensidad de las mismas, pudiendo ser una tarea muy subjetiva. Por el contrario, hay otras variables en el informe médico con mayor capacidad explicativa de la gravedad otorgada por el juez. Concretamente, las variables que informan del número de secuelas o el número de días de baja aparecen con coeficientes significativos en los diversos modelos estimados. Aparentemente, por tanto, estas variables estarían reflejando mejor la gravedad subyacente de la víctima, puesto que recogerían datos más objetivos que la directa puntuación de las secuelas.

Por último, destacar que cuando incorporamos la variable relativa al informe forense, la mejora en el ajuste del modelo es notable, sugiriéndonos la gran influencia de esta información en la estimación de la gravedad esperada de la lesión de la víctima en la sentencia.

5.4 Aplicación: cálculo de provisiones

En la literatura actuarial encontramos contribuciones recientes sobre la estimación individual de las provisiones de los siniestros (véase, por ejemplo, Taylor *et al.*, 2002, 2003; Antonio *et al.*, 2005). En esta sección, nuestro objetivo es mostrar como la compañía aseguradora puede utilizar las predicciones sobre la gravedad esperada de las víctimas, para estimar las provisiones técnicas por siniestros pendientes.

Supongamos el criterio básico de asignar el coste medio de indemnización a la categoría estimada. Es decir, la compañía aseguradora, en las sucesivas fases del logit secuencial, provisionará cada siniestro pendiente por el coste medio de la categoría pronosticada. De esta forma, la primera provisión se realiza en base a la gravedad estimada en el momento de apertura del expediente (Modelo I) y se revisará en cada nueva etapa de la vida del siniestro. Por lo tanto, en las siguientes fases, la compañía modificará la provisión fijada en el momento de apertura, en función de si varía el nivel de gravedad esperado de la víctima. De lo anterior se deriva que, seleccionado un instante de tiempo determinado, el nivel de reservas totales de la compañía por siniestros pendientes corresponderá a la suma de las provisiones individuales de cada caso. Nótese que este sistema permite calcular la provisión total por siniestros pendientes en cualquier momento del tiempo, utilizando toda la información disponible de cada siniestro hasta entonces. Una vez estimada la provisión total para cada una de las etapas del logit secuencial, evaluaremos su suficiencia comparándola con el coste final de la indemnización.

Apertura del expediente

En esta primera etapa de cálculo de provisiones, a cada observación le asignamos el coste medio muestral correspondiente al nivel de gravedad pronosticado (Tabla 5.2).

En la sección anterior, señalábamos que este primer logit ordenado no clasifica correctamente los casos graves, ni tampoco, en suficiente número, los de la categoría *Días de baja* (Tabla 5.5). Debido a esta limitación del modelo, obtenemos que la provisión total estimada cubre aproximadamente el 79% del coste real incurrido por la compañía aseguradora (Tabla 5.15). Cuando examinamos la Tabla 5.15, observamos como este primer modelo tiende a centralizar los recursos económicos en la provisión de los casos leves. Ahora bien, esta excesiva provisión de la categoría intermedia no es suficiente para equilibrar la infraprovisión de las categorías extremas, especialmente en el caso de las víctimas graves. Esto se debe, entre otros motivos, a que la distancia entre el coste medio de la categoría intermedia (*Leve*) respecto a las categorías extremas no es igual y, por tanto, no se compensan los efectos.

TABLA 5.15 Provisión según gravedad estimada antes de los informes médicos (Modelo I)

Categoría	Indemnización media (€)	Coste total observado (€)	Provisión estimada (€)	Provisión estimada/ Coste total
<i>Días Baja</i>	1.784,42	126.693,82	94.574,26	74,65%
<i>Leve</i>	7.330,77	799.053,93	1.055.630,88	132,11%
<i>Grave</i>	31.201,30	530.422,10	0,00	0,00%
Total	7.391,72	1.456.169,85	1.150.205,14	78,99%

Informe pericial inicial

Una vez realizado el informe pericial inicial, disponemos de una primera evaluación médico-profesional de la víctima. Como mencionamos en el capítulo 4, la muestra no tiene el mismo tamaño en cada una de las etapas, dado que para algunas víctimas no se realizaron los informes periciales. Si analizamos los costes medios por niveles de gravedad para aquellas víctimas de quienes se dispone de informe pericial (Tabla 5.16), observamos que, a excepción del primer nivel de gravedad, para el resto de categorías el coste medio aumenta ligeramente. En la Tabla 5.17 comparamos las reservas estimadas cuando consideramos las categorías pronosticadas por el logit ordenado, con respecto a las obtenidas según la clasificación realizada directamente por el perito médico. En ambos casos, el criterio de dotación a la provisión ha sido el

de asignación del coste medio de la categoría correspondiente, presentado en la Tabla 5.16.

TABLA 5.16 Indemnización media observada según el informe pericial inicial*

Categoría	Indemnización media (€)	Coste total observado (€)
<i>Días de Baja</i>	1.657,86	66.314,40
<i>Leve</i>	8.272,81	554.278,27
<i>Grave</i>	32.834,59	394.015,08
Total	8.526,12	1.014.607,75

* Sólo para víctimas con informe pericial inicial

Si examinamos las predicciones de gravedad realizadas por el logit ajustado (Tabla 5.7), observamos que se repite el mismo patrón de comportamiento que en el primer modelo, pero de forma menos pronunciada. Es decir, se pronostica en exceso el número de casos pertenecientes a la categoría intermedia en contra de las categorías extremas. Esta pauta en la predicción se refleja proporcionalmente en la suficiencia de la provisión, siendo excesiva para la categoría *Leve* e insuficiente para las otras dos (Tabla 5.17). Nótese que, en promedio, el nivel de la provisión (96%) es muy superior al porcentaje de casos clasificados correctamente por el modelo logit en esta etapa (72%). Ello se debe al efecto compensación que se produce entre los casos pronosticados como *Días de baja* que son *Leves*, y los casos *Leves* estimados como *Días de baja* (Tabla 5.7).

TABLA 5.17 Provisión según clasificación del perito en informe inicial vs. provisión según gravedad estimada después del informe pericial inicial (Modelo II)

Categoría	Provisión según informe inicial (€)	Provisión según gravedad estimada (€)	Provisión informe inicial/ coste total	Provisión estimada/ coste total
<i>Días de Baja</i>	69.630,12	64.656,54	105,00%	97,50%
<i>Leve</i>	537.732,65	579.096,70	97,01%	104,48%
<i>Grave</i>	262.676,72	328.345,990	66,67%	83,33%
Total	870.039,49	972.099,14	85,75%	95,81%

En cualquier caso, es importante destacar que la cobertura de la provisión estimada con el modelo propuesto respecto a la indemnización final, es notablemente

superior a la derivada de la clasificación de la gravedad asignada en los informes periciales iniciales, de un 96% frente al 86%, respectivamente.

Informe pericial final

En esta fase se compara la provisión estimada por el modelo y la directamente derivada de la clasificación del perito cuando la compañía dispone del último informe médico. En la Tabla 5.18 se presentan los costes medios de indemnización por categoría en función de los datos disponibles para esta etapa. De forma análoga a las fases previas, en la dotación a la provisión por siniestros pendientes, se ha asignado a cada caso el coste medio de la categoría estimada.

TABLA 5.18 Indemnización media observada según el informe pericial final*

Categoría	Indemnización media (€)	Coste total observado (€)
<i>Días de Baja</i>	1.657,86	66.314,40
<i>Leve</i>	7.838,30	493.812,90
<i>Grave</i>	33.171,29	364.884,19
Total	7.773,21	925.011,49

* Sólo para víctimas con los dos informes periciales

TABLA 5.19 Provisión según clasificación del perito en informe final vs. provisión según gravedad estimada después del informe pericial final (Modelo III)

Categoría	Provisión según informe final (€)	Provisión según gravedad estimada (€)	Provisión informe final/ coste total	Provisión estimada/ coste total
<i>Días de Baja</i>	82.893,00	69.630,12	125,00%	105,00%
<i>Leve</i>	391.915,00	537.732,65	79,37%	100,00%
<i>Grave</i>	331.712,90	262.676,72	90,91%	81,82%
Total	806.520,90	870.039,49	87,19%	93,19%

Informe forense

Finalmente, computamos de nuevo las provisiones en la última fase de la vida del siniestro, antes de la sentencia judicial, es decir, cuando la compañía ya dispone del informe forense. La muestra tiene el mismo tamaño que para la etapa anterior por lo que los costes medios por categoría no variarán (Tabla 5.18). Aquellos casos que

siguen el procedimiento civil y que, por tanto, no hay informe forense, les asignamos el coste medio de la categoría considerada por el médico perito en el último informe. Cabe destacar que cuando seguimos la clasificación realizada por el forense, se sobreprovisionan de forma muy destacada los casos *Graves*, debido a un exceso de víctimas clasificadas en esta categoría (Tabla 5.20). Este exceso de dotación de las reservas para la categoría *Grave* provoca que, en promedio, se provisione casi un 25% por encima del coste real total. Por el contrario, si consideramos las reservas realizadas según las predicciones del modelo logit secuencial, observamos una estructura más equilibrada, provisionando sólo ligeramente en exceso los casos *Leves*, en detrimento de los *Graves*.

TABLA 5.20 Provisión según clasificación del forense vs. provisión según gravedad estimada después del informe forense (Modelo IV)

Categoría	Provisión según informe forense† (€)	Provisión según gravedad estimada (€)	Provisión info. forense/ coste total	Provisión estimada/ coste total
<i>Días de Baja</i>	66.314,40	66.314,40	100,00%	100,00%
<i>Leve</i>	423.268,20	509.489,50	84,71%	103,17%
<i>Grave</i>	663.425,80	298.541,61	181,82%	81,82%
Total	1.153.008,40	874.345,51	124,65%	94,52%

† En los casos que no se realiza informe forense se considera la clasificación otorgada por el perito en el último informe médico.

Para finalizar, veamos un ejemplo. Supongamos que, en un momento del tiempo determinado, queremos calcular la provisión que debería realizar la compañía aseguradora para cubrir los daños corporales correspondientes a cuatro siniestros, cada uno de ellos con una víctima. Asumimos que la información disponible para cada víctima en el instante considerado es diferente, y depende de la etapa de la vida del siniestro en la que nos encontremos. En concreto, consideramos que, para la primera víctima, aún no se han realizado los informes periciales (Etapa 1). Para la segunda, se ha realizado el informe pericial inicial (Etapa 2). Para la tercera, se ha efectuado el último informe (Etapa 3) y, finalmente, para la cuarta víctima se dispone de toda la información, incluida la del médico forense (Etapa 4).

En la Tabla 5.21 se muestran los resultados del ejemplo considerado. La provisión asignada consistirá en el coste medio del siniestro y estará en función de la categoría de gravedad considerada y etapa de la vida del siniestro. El porcentaje de corrección presentado en la Tabla 5.21 persigue compensar la insuficiente (excesiva) provisión media estimada en las diferentes etapas de la vida del siniestro. En la primera fase, por ejemplo, la provisión estimada mediante el logit en promedio suponía el 79% del coste real, por lo que, si redondeamos, aumentaremos un 20% la provisión asignada a los siniestros que se encuentren en esta fase. Para las siguientes tres etapas, puesto que la provisión estimada cubría aproximadamente el 95% del coste total de la indemnización, consideraremos un factor corrector del 5%. Este procedimiento de cálculo del porcentaje de corrección redondeado se lleva también a cabo para la provisión derivada de la clasificación considerada directamente en los informes médicos. En el momento de apertura, puesto que aún no se han realizado los informes médicos, se asigna a reservas el coste medio de todos los siniestros (Tabla 5.2) y no se considera ningún porcentaje de corrección. Para la provisión según la clasificación de los informes periciales y del informe forense, en cambio, aplicaremos un porcentaje de corrección del 15% y de menos el 25%, respectivamente.

TABLA 5.21 Ejemplo de provisión del coste total para cuatro lesionados

Caso	Etap	Coste observado	Predicción Gravedad*	Provisión asignada	Porcentaje corrección	Provisión corregida	Clasific Informes*	Provisión asignada	Porcentaje corrección	Provisión corregida
primero	1	19.661	Leve	7.330,8	20%	8.796,9	-	7.391,7 [†]	-	7.391,7
segundo	2	553	Leve	8.272,8	5%	8.686,5	DB	1.657,9	15%	1.906,5
tercero	3	968	DB	1.657,8	5%	1.740,8	DB	1.657,9	15%	1.906,5
cuarto	4	3.370	Leve	7.838,3	5%	8.230,2	Leve	7.838,3	-25%	5.878,7
Total		24.552		25.099,7		27.454,4		18.545,8		17.083,4

* DB: Días de Baja.

[†] Se asigna el coste medio de todos los siniestros

Tomemos, por ejemplo, el primer lesionado, cuyo coste de indemnización fue de 19.661 euros. De esta primera víctima disponemos únicamente de la información en el momento de apertura del expediente y sabemos que el modelo logit, en esta etapa inicial, ha estimado el siniestro como *Leve*, por lo que dotaremos a provisiones el coste medio de indemnización de la categoría *Leve* (Tabla 5.15). En esta etapa

inicial, puesto que aún no disponemos de los informes médicos, a la provisión derivada de la clasificación de los informes le asignamos el coste medio de todos los siniestros (Tabla 5.15). La segunda víctima, por su parte, se encuentra en la segunda etapa del modelo logit secuencial y la categoría de gravedad estimada ha sido de *Leve*, por lo que la provisionaremos el siniestro por el coste medio de esta categoría para esta etapa (Tabla 5.16). El perito médico, en cambio, consideró en el informe inicial que no tenía secuelas. La provisión a dotar según la clasificación en el informe pericial inicial, por lo tanto, será la del coste medio de la categoría *Días de Baja* (Tabla 5.16). Para las otras dos víctimas, realizamos idénticos cálculos.

Nótese que, de acuerdo con los datos del ejemplo, la provisión para estas cuatro víctimas basada directamente en los informes médicos, no es suficiente para cubrir el coste de indemnización de las víctimas, representando entre el 76% o el 70% del coste de compensación observado, si consideramos la provisión asignada o la corregida, respectivamente. En cambio, la provisión estimada mediante el modelo logit ordenado secuencial representa el 102% del coste de indemnización de las cuatro víctimas, elevándose hasta el 112% del coste, si consideramos la provisión corregida.

5.5 Conclusiones

En el presente capítulo hemos mostrado que, mediante la implementación del modelo logit ordenado secuencial, la compañía aseguradora obtiene predicciones razonables de la gravedad de las víctimas involucradas en accidentes de circulación. Cabe destacar que la estructura propuesta permite a la compañía calibrar, en cada fase, las posibles variaciones en la gravedad esperada de la víctima a medida que va ampliando la información del siniestro. Además, hemos asumido que los diferentes niveles de gravedad pueden actuar como información representativa (*proxy*) del coste de los siniestros y que, por tanto, la compañía puede utilizar esta información para estimar la cuantía esperada de indemnización de la víctima. Concretamente, estableciendo sencillos supuestos sobre el coste monetario considerado para cada nivel de gravedad, hemos probado que utilizando las predicciones del nivel de

gravedad de las víctimas, la compañía obtiene una adecuada estimación de la provisión total necesaria para cubrir los siniestros pendientes de daños corporales. En general, hemos demostrado como el grado de cobertura suele ser más cercano a la indemnización final observada, que el derivado de la clasificación obtenida con los informes médicos de la compañía.

Con la metodología desarrollada en este capítulo, se logran diferentes objetivos. En primer lugar, en cuanto a la modelización de la gravedad esperada de la víctima, al no tener en cuenta aspectos financieros (como, por ejemplo, la inflación económica o el tipo de interés monetario), permite ser fácilmente utilizada para otros intervalos cronológicos, sin necesidad de introducir hipótesis adicionales. Por otro lado, en el cálculo de la provisión total por siniestros pendientes, al basarnos en estimaciones individuales, se utiliza toda la información disponible de los siniestros en cualquier momento del tiempo. Es decir, la metodología presentada tiene en cuenta que los siniestros a provisionar se encontrarán en etapas diferentes de su vida o, lo que es lo mismo, con diferentes niveles de información, facilitando un método de actualización para el cálculo de las provisiones.