

UNA REVISIÓN METODOLÓGICA DE LA VALORACIÓN ACTUARIAL DE LOS SINIESTROS CON DAÑOS CORPORALES EN EL SEGURO DEL AUTOMÓVIL

Mercedes Ayuso Gutiérrez*, Miguel Santolino Prieto
Profesores de la Universidad de Barcelona

RESUMEN

Dada la importancia socioeconómica de los siniestros con daños corporales derivados de los accidentes de tráfico, numerosos investigadores los han estudiado desde diferentes puntos de vista. Este artículo realiza una extensa revisión bibliográfica de los trabajos que han analizado la siniestralidad por daños corporales en el seguro del automóvil, agrupándolos según se centren en estudiar 1) los factores que influyen en la seguridad vial y los distintos sistemas legales de compensación, 2) el coste económico de los siniestros y su efecto en la estimación de las reservas económicas y en la negociación de las indemnizaciones y, finalmente, 3) el fraude que se comete en estos siniestros. En la última parte del artículo se estima el coste de la indemnización por daños corporales en una muestra de siniestros reales y se analiza como dicha estimación puede utilizarse en la negociación de la indemnización, así como en el cálculo de las reservas por siniestros pendientes de liquidación.

PALABRAS CLAVE: accidentes de tráfico, daño corporal, reservas, negociación, fraude

* Autor para correspondencia. Departamento de Econometría RFA-IREA, Avda. Diagonal 690 (08034) Barcelona.

Teléfono: +34 93 402 14 09; Fax: +34 93 402 18 21; e-mail: mayuso@ub.edu

Los autores agradecen el apoyo a la investigación recibido del Ministerio de Educación y Ciencia - FEDER, concretamente la ayuda SEJ2005-00741.

1. INTRODUCCIÓN

En España, el seguro del automóvil es el más importante por volumen de primas dentro del ramo de no vida. En el año 2005 el total de primas gestionadas por este seguro representó el 1,3% del PIB nacional. Desde la entrada en vigor de la Ley 30/95, de 8 de noviembre, la indemnización de los siniestros con daños corporales en el seguro del automóvil debe fijarse de acuerdo al sistema legal de valoración introducido como anexo en dicha ley, el denominado Baremo. Éste está formado por una combinación de un baremo médico (que mide la gravedad de la lesión) y un baremo económico (que otorga una cuantía monetaria a dicha gravedad). Debido a la alta accidentalidad con víctimas, la compensación por daños corporales supone más del 60% del coste total de los siniestros de Responsabilidad Civil en el seguro del automóvil (UNESPA, 2006).

No obstante, en los últimos años se ha observado una ligera disminución en la frecuencia de siniestros con daños corporales, como consecuencia de las diferentes políticas de seguridad vial llevadas a cabo (p.ej. el nuevo carnet por puntos). Sin embargo, se ha apreciado un encarecimiento en el coste de liquidación de estos siniestros. Durante el período 2000-2005, por ejemplo, el coste medio de los daños corporales graves por accidentes de tráfico se incrementó en promedio en un 10% anual (SCOR, 2006). En conjunto, el resultado global es incierto, pero todo parece indicar que en los próximos años continuará aumentando la siniestralidad para las compañías aseguradoras, entendida ésta como el número de accidentes por el coste de los mismos. Además, este probable aumento de la siniestralidad se debe enmarcar en el contexto actual de una fuerte competencia en precios (ya iniciada en el año 2004¹) y, por tanto, con mayor dificultad por parte del asegurador de repercutir los incrementos del coste sobre las primas.

¹ 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%. En el año 2005 las primas medias tuvieron un crecimiento nulo (0%), y en el 2006 decrecieron un 2%.

El aparente descenso de la rentabilidad del seguro del automóvil (originado por el aumento de la competencia en el sector y el probable incremento de la siniestralidad), hace que las entidades aseguradoras se enfrenten a nuevos retos si desean que continúe siendo un ramo solvente en el futuro. Una primera línea a la que la compañía debería prestar más atención sería, antes de redactar la póliza, la elección y definición de los riesgos que se compromete a asegurar. Una vez ha ocurrido el accidente, una adecuada tramitación del siniestro es el mejor mecanismo del que dispone el asegurador para controlar el coste final del siniestro. Un tercer aspecto que incide en la siniestralidad, pero sobre el cual no puede influir directamente la compañía, es el marco legal establecido y las políticas de seguridad vial que se lleven a cabo.

En el presente artículo nos centraremos en el efecto de los diferentes sistemas de compensación y políticas viales sobre la siniestralidad, así como en los elementos a considerar por la compañía para llevar a cabo una adecuada tramitación de los siniestros por daños corporales. Pero antes debemos analizar las particularidades de este tipo de siniestros.

Entre las características más importantes de los siniestros con daños corporales, destacan:

- Elevados niveles de compensación. La indemnización de ciertas lesiones graves, como algunas tetraplejias, puede superar el millón de euros por siniestro (SCOR, 2006).
- Gran variabilidad en las cuantías. La mayoría de siniestros con daños corporales en el año 2005 costaron a las compañías aseguradoras en España menos de 1.500€, pero, por otro lado, casi un 0,5% de los siniestros superaron los 300.000€ (UNESPA, 2006).
- Indemnizaciones pactadas. Las compensaciones económicas se fijan habitualmente mediante acuerdos entre las partes, llegando muy pocos siniestros a juicio. Diversos estudios señalan que los siniestros valorados mediante sentencia judicial representan menos del 1% de los casos (Lewis, 2006; Derrig y Rempala, 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, algunos siniestros han llegado a permanecer abiertos más de diez años dentro de la compañía.
- Importante nivel de fraude. Algunos profesionales señalan que en España en más del 35% de los siniestros por daños corporales pueden haberse cometido conductas fraudulentas (Actualidad Aseguradora, 2006). En EEUU un estudio llevado a cabo por el IRC² estimó que el fraude incrementaba entre un 11 y un 15% el total de los pagos realizados por estos siniestros.

De acuerdo con estas características, los retos que se le presentan a la compañía en la tramitación de los siniestros por daños corporales pueden clasificarse en dos tipos. En primer lugar, realizar una correcta valoración económica del siniestro. En segundo lugar, promover medidas dirigidas a detectar y disuadir comportamientos fraudulentos. Obviamente, estas dos cuestiones guardan una estrecha relación entre sí y, en ocasiones, puede resultar difícil abordarlas de forma independiente.

Atendiendo a lo anterior es fundamental disponer de una correcta estimación del coste del siniestro, puesto que de ésta dependerán dos aspectos tan importantes para la entidad como son, la oferta económica a realizar en el proceso de negociación, y la reserva económica por los siniestros pendientes. En particular, dado que estos siniestros se comunican rápidamente pero tardan en liquidarse, la compañía deberá poner especial énfasis en el cálculo de reservas por siniestros pendientes de liquidación (según sus siglas en inglés, reservas RBNS). Mientras que, a diferencia de lo que sucede con los siniestros por daños materiales, las reservas por siniestros pendientes

² Nota de prensa del *Insurance Research Council* (12 junio del 2005).

de comunicación, denominadas reservas IBNR, serán de menor importancia.

En el presente artículo realizamos una extensa revisión bibliográfica de la valoración actuarial de los siniestros por daños corporales en el seguro del automóvil, con especial atención al análisis del fraude que se comete en estos siniestros. El trabajo se estructura en cinco apartados. En el apartado 2 revisamos las principales contribuciones que han analizado la influencia del marco legal en el coste de las compensaciones de los siniestros con daños corporales. En concreto, aquellas que evalúan los diferentes sistemas legales de compensación, y los factores que influyen en la seguridad vial. En el apartado 3 realizamos una revisión de las técnicas utilizadas para la valoración económica de los siniestros con daños corporales. A continuación, nos centramos en el estudio de los trabajos dirigidos al análisis y la detección de los siniestros fraudulentos. En el apartado 5 mostramos un ejemplo de estimación del coste de los siniestros, con especial atención en el efecto que tiene esta valoración en el proceso de negociación de la indemnización, y sobre el cálculo de las reservas económicas de la compañía. Finalmente, en el último apartado, señalamos las principales conclusiones del estudio.

2. EL DAÑO CORPORAL EN EL SEGURO DEL AUTOMÓVIL: MARCO LEGAL

La elevada siniestralidad en el seguro del automóvil es un fenómeno que se observa en la mayoría de economías desarrolladas. Las causas que lo explican debemos buscarlas en factores económicos, sociales y legales, como son, entre otros, la accidentalidad, la propensión a demandar de los ciudadanos, la visión de la sociedad sobre qué y cómo se debe indemnizar (reflejada a través de la legislación del país), así como la evolución de los gastos médicos o la inflación. La Organización Mundial de la Salud estima que los costes económicos derivados de los accidentes de tráfico representan entre el 1,5 y 2% del Producto Nacional Bruto para los países desarrollados (OMS, 2004).

Fruto de la creciente preocupación respecto al coste económico de los siniestros de responsabilidad civil por daños personales, en los últimos años se han realizado numerosos trabajos de investigación en los cuales se evalúan los distintos sistemas de compensación legales (Johnson *et al.*, 1992; Browne y Puelz, 1999; Schmit y Yeh, 2003; Pintos-Ager, 2003; Browne y Schmit, 2006). En estos estudios se analizan las características de los sistemas de indemnización alternativos 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 cada uno.

Autores como Schmit y Yeh (2003), por ejemplo, han estudiado el sistema de elección del régimen de compensaciones 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 un sistema basado en la responsabilidad extracontractual, o uno 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. Los daños no económicos (como, por ejemplo, sería el perjuicio estético) 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 (Herbers, 1994; Lascher y Powers, 2001).

Schmit y Yeh comparan en su artículo ambos sistemas desde una triple perspectiva: uso de abogados, velocidad en el pago y variabilidad en la indemnización. Los resultados que presentan para el caso de Nueva Jersey muestran evidencias de que el sistema de compensación sin culpa es realmente más eficiente. En cambio, para el caso de Pensilvania, señalan que no se observa un descenso en el uso de abogados o tiempo de valoración con el sistema de

compensación sin culpa y, por el contrario, advierten de un aumento en la variabilidad de los pagos. Cummins *et al.* (2001) demuestran que el sistema de compensación sin culpa, al eliminar el efecto disuasorio de la responsabilidad en el comportamiento del conductor, tiene asociado un porcentaje de mortalidad superior (entre un 5,5% y un 7,8%) al del sistema de responsabilidad extracontractual.

Browne y Wells (1999), por su parte, comparan 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 también es responsable de la cobertura de los mismos (*Assigned Risk Plans*). Los autores demuestran que el sistema *Joint Underwriting Association*, al no ofrecer incentivos a las compañías para ser eficientes, genera mayores pagos por los siniestros con daños corporales.

Los efectos que se derivan de la introducción de reformas legales también han sido extensamente examinados en diversos trabajos. Browne y Schmit (2006), por ejemplo, analizan el efecto que han tenido sobre el nivel de litigación las diferentes reformas del Derecho Civil experimentadas en EEUU entre 1977 y 1997. Como variables de control de las reformas, 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 señalan que, en general, las reformas han sido efectivas para moderar la tendencia alcista existente de litigar.

Browne y Puelz (1996, 1999), por su parte, demuestran que el establecimiento de límites máximos en los daños no económicos y las reformas menores³ son las únicas que presentan una clara influencia en la disminución de pleitos. En el lado opuesto, señalan que la

³ 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.

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 mismo daño (por ejemplo, la víctima fallece a consecuencia del accidente y dispone, además, de un seguro de vida) no mostrarían relación con la decisión de demandar. Finalmente, los autores estiman que la intervención de un abogado incrementa en promedio el coste del siniestro en un 64%.

En España, Pintos-Ager (2003) estudia el efecto que ha tenido la introducción del baremo legal de valoración de daños corporales sobre el volumen de litigios. El autor analiza las decisiones de las partes que intervienen en un litigio mediante un modelo económico, demostrando, a nivel teórico, que el efecto neto de la reforma sobre la litigación es ambiguo, pudiendo incluso llegar a 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.

Los artículos anteriores se basan principalmente en los aspectos económicos del marco legal. No obstante, 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, la seguridad vial es objeto de atención en sí misma, desde diferentes sectores de la sociedad. Desde un punto de vista empírico, 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; 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 a los primeros, Ostrom y Ericsson (2001) examinan las características de los peatones fallecidos por atropellos, contrastando si existen diferencias significativas entre aquellos viandantes que

habían ingerido alcohol y los que no. Al-Ghamdi (2003), por su parte, estudia las diferencias entre los accidentes de tráfico con víctimas, y aquellos con sólo daños materiales, según el tipo y causa del accidente.

En cuanto a las técnicas paramétricas multivariantes, los modelos de elección discreta han sido muy utilizados en la estimación de la gravedad de las víctimas de accidentes de tráfico. En artículos como el de Al-Ghamdi (2002) o Voas *et al.* (2002), por ejemplo, se aplican modelos de respuesta binaria para analizar la contribución de diferentes factores en la probabilidad de que la víctima de un accidente fallezca. No obstante, los modelos de respuesta múltiple han sido más extensamente desarrollados. En especial, puesto que la gravedad de una lesión puede ser categorizada como una variable ordinal, han predominado los modelos de respuesta ordenada. Uno de los primeros artículos que desarrolló los logit/probit ordenados para estimar la gravedad de las lesiones derivadas de accidentes de tráfico fue el de O'Donnell y Connor (1996). De entre sus resultados destacan, entre otros, que a mayor edad de la víctima, mayor probabilidad de sufrir una lesión grave, o que las mujeres tienen mayor probabilidad que los hombres de sufrir lesiones graves. Posteriormente, otros muchos investigadores han utilizado estos modelos en el análisis de la gravedad de los accidentes (Kockelman y Kweon, 2002; Srinivasan, 2002; Abdel-aty, 2003; Austin y Faigin, 2003; Zajac y Ivan, 2003; Wang y Kockelman, 2004; Lee y Abdel-Aty, 2005; Eluru y Bhat, 2006). Estos trabajos examinan cómo influyen sobre la gravedad factores tales como los atributos de la víctima (edad, sexo, etc.), las características de la calzada donde se produjo el accidente, o el tipo de colisión, entre otros.

Ahora bien, como señalan Ulfarsson y Mannering (2004), el logit/probit multinomial puede ser, en ocasiones, un modelo más adecuado para estimar la gravedad. Los autores aplican un logit multinomial para demostrar que determinados factores afectan de forma diferente sobre la gravedad según el sexo de la víctima, y atribuyen esta desigual influencia a comportamientos diferenciados en la conducción de estos dos tipos de víctimas. Carson y Mannering (2001), por su parte, también aplican una regresión logística multinomial para analizar la efectividad de las señales de advertencia de 'peligro por nieve'.

Finalmente, autores como Kuhnert *et al.* (2000) han aplicado técnicas no paramétricas para analizar si los distintos comportamientos al volante (inexperto, agresivo, etc.) son factores de riesgo que contribuyen a la gravedad del accidente. Metodológicamente, utilizan árboles de clasificación/regresión, y *splines* de regresión multivariante adaptativa (conocidos por sus acrónimos en inglés CART y MARS, respectivamente), señalando que estos procedimientos pueden ser utilizados como técnicas complementarias para identificar aquellas variables explicativas más importantes en la regresión logit. Entre sus resultados destacan que la edad y la experiencia del conductor son los factores que permiten identificar en mayor medida a los grupos de alto riesgo.

Sohn y Shin (2001), por su parte, comparan el comportamiento de los árboles de decisión, las redes neuronales y el logit ordenado, concluyendo que no existen diferencias significativas entre estas técnicas en cuanto al porcentaje de lesionados que correctamente clasifican. De acuerdo con sus resultados, la no utilización de medidas de seguridad (casco y cinturón) son los factores que más influyen en la gravedad de la víctima. En la misma línea, Abdel-Aty y Abdelwahab (2004) comparan dos redes neuronales con el probit ordenado, señalando que una de ellas tiene mayor capacidad de clasificación correcta de la gravedad. Por último, Chang y Wang (2006) aplican la metodología CART para establecer la relación entre la gravedad de la víctima y diferentes factores de riesgo. A favor de la metodología implementada, los autores señalan el elevado porcentaje de casos correctamente clasificados (91%); su debilidad, la mala clasificación de los casos más graves.

3. COSTE ECONÓMICO DE LOS SINIESTROS POR DAÑOS CORPORALES

Desde el punto de vista microeconómico, la compañía aseguradora es el agente económico responsable de pagar las compensaciones de los siniestros con daños corporales. Fijado un determinado marco legal, cuando ocurra un siniestro con daños corporales en el seguro del automóvil, la compañía estará interesada en conocer cuál será el coste económico que le supondrá la liquidación del mismo. Lógicamente, la

cuantificación económica del coste de los siniestros tiene repercusiones directas en la estabilidad financiera de la compañía, puesto que de ella dependerá que la valoración de las reservas a dotar por los siniestros aún no liquidados sea o no adecuada. Por otro lado, si la compañía dispone de una correcta estimación individual de cada siniestro, puede utilizarla en la determinación de la oferta económica a realizar a la parte contraria en la negociación de la compensación y, de este modo, evitar el (habitualmente, largo y costoso) proceso judicial.

Dada su relevancia, no es de extrañar, por tanto, que una importante línea de investigación actuarial en el ámbito de los daños corporales de accidentes de tráfico se centre en la estimación estadística del coste económico de los siniestros. En general, el objetivo perseguido en la literatura 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, o del nivel de sospecha de fraude), 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).

Un análisis descriptivo de los principales factores que determinan el coste por daños corporales puede encontrarse en Marter y Weisberg (1991). Los autores clasifican los siniestros de tráfico en cuatro categorías según el tipo de lesión de la víctima y los comparan en términos del coste médico total, coste médico sin hospitalización, proveedor de la asistencia médica, frecuencia en las visitas y período de curación. Los autores animan a las compañías aseguradoras 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 la víctima ha exagerado el coste médico en el que ha incurrido.

D'Arcy (2005), por su parte, evalúa las prácticas de investigación de los siniestros llevadas a cabo por las compañías. El objetivo que persigue es identificar aquellos siniestros en los que la compañía ahorraría más dinero si realizase el informe médico pericial.

Metodológicamente, aplica la técnica de minería de datos D2K (*Data to Knowledge*) para la generación del modelo lineal más adecuado. Entre sus resultados señala que el coste total o la factura declarada de los servicios médicos están positivamente correlacionados con el ahorro monetario esperado.

Autores como Weisberg y Derrig han analizado los determinantes del coste de compensación de los siniestros por daños personales en diversos estudios (Weisberg y Derrig, 1993, 1995, 1998), con especial atención, en sus contribuciones más recientes, al efecto de la negociación (Derrig y Weisberg, 2004). En el artículo publicado en 1995 los autores modelizan la indemnización en función de los aspectos considerados por el perito cuando audita el siniestro (principalmente, características de la lesión y del tratamiento médico recibido por la víctima). En la aplicación utilizan un modelo tobit para tener en cuenta la censura en los datos debido a máximos legales de indemnización, y/o límites fijados en las pólizas. De acuerdo con sus resultados, 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 la indemnización esperada. Por el contrario, si existen indicios de que la víctima ha exagerado el coste médico, disminuye el valor esperado. Otros factores que también tienen capacidad explicativa son el porcentaje de culpa del conductor, o el número de semanas incapacitado.

Posteriormente, Derrig y Weisberg (2004) estiman de nuevo el modelo anterior añadiendo cuatro regresores más. Los autores demuestran que si el impacto del choque fue pequeño, tres o más demandantes proceden del mismo vehículo siniestrado, o la misma compañía aseguradora indemniza por PIP (*personal injury protection*) y por BIL (*bodily injury liability*)⁴, son factores que están inversamente relacionados con la indemnización esperada. Por el contrario, cuando al paciente se le ha realizado un diagnóstico médico

⁴ En el sistema de compensación sin culpa, hasta un límite establecido, la propia compañía aseguradora indemniza a la víctima (cobertura PIP). La cuantía que exceda del límite, si la víctima no es culpable, ha de cubrirla la compañía del conductor culpable (cobertura BIL).

con pruebas específicas (en concreto, si se le ha practicado un escáner CAT o MRI), la indemnización esperada aumenta. 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 perito, si se realizó un examen médico independiente, o la ratio entre la demanda solicitada y los daños económicos, entre otros. 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 un artículo más reciente, 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. Los autores distinguen dos procesos estocásticos diferentes, uno para las negociaciones ‘rápidas’ (dos tanteos) y otro para las ‘lentas’ (tres o más tanteos), ajustando una regresión logística multivariante para la clasificación de los siniestros (rápidos/lentos). Las covariables del modelo hacen referencia a la cuantía demandada inicialmente por la víctima, la fecha del accidente, el número de demandantes o si se realizó un informe médico independiente. El modelo logit estimado es globalmente 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 estimadas, concluyendo que el ajuste es satisfactorio.

En el terreno del cálculo de provisiones por siniestros pendientes, tradicionalmente se ha prestado muy poca atención a las reservas RBNS. Por lo general, las técnicas desarrolladas se han diseñado para calcular las reservas IBNR, mencionando que pueden extenderse para el cálculo de las reservas RBNS. Estas técnicas, normalmente, se basan en el triángulo de desarrollo y datos agregados (véase para una revisión extensa, por ejemplo, England y Verrall, 2002).

No obstante, dentro de la estructura de los triángulos de desarrollo, han prosperado algunos métodos que tienen presentes las características específicas de las reservas RBNS, tanto con datos

agregados como individuales. Antonio *et al.* (2006), por ejemplo, ajustan un modelo lognormal mixto para la estimación individual (del logaritmo) de la indemnización pendiente de cada siniestro abierto. Como efectos fijos del modelo consideran el año de entrada, el de desarrollo y el de calendario del triángulo. Como efectos aleatorios, únicamente el año de desarrollo. Los autores comparan las reservas estimadas con las obtenidas 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, a diferencia de otras técnicas, permite estimar la variabilidad de las predicciones.

En cuanto a la estimación de la provisión RBNS con datos agregados, autores como Stephens *et al.* (2004) han aplicado 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).

Recientemente, diversos autores han planteado que la estructura de los triángulos de desarrollo puede ser demasiado restrictiva para la estimación de las reservas RBNS. Como alternativa, han sugerido calcularlas mediante la agregación de las estimaciones individuales del coste pendiente de los siniestros abiertos (Taylor y Campbell, 2002; Ayuso y Santolino, 2007; Santolino, 2007). Taylor y Campbell (2002) denominan a esta metodología Estimación Estadística Individual y subrayan que, de este modo, tienen en cuenta los atributos particulares de los siniestros en el cálculo de las reservas correspondientes.

En la misma línea, Ayuso y Santolino (2007) 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 homocedástico secuencial (para un modelo heterocedástico, véase

Santolino, 2007), estiman la gravedad esperada de la víctima en las diferentes etapas. Los autores asignan a reservas el coste medio de la categoría pronosticada en la primera etapa, revisando esta primera asignación en las sucesivas etapas según las variaciones observadas en la gravedad esperada del siniestro. Basándose en los resultados obtenidos, señalan que el nivel de reservas estimado es apropiado para cubrir el coste final de los siniestros, mejorando su precisión (en términos de suficiencia) a medida que la compañía dispone de más información del accidente.

Finalmente, señalar que en otras áreas del seguro, como en el de accidentes o salud, también se ha planteado el cálculo de las reservas mediante la estimación individual del coste de los siniestros (Norberg, 1993; 1999; Haastrup y Arjas, 1996; Brookes y Prevett; 2004; Roholte Larsen, 2007).

4. FRAUDE

Como mencionábamos al inicio del artículo, diferentes estudios han señalado que una de las principales causas del elevado coste por daños corporales que soporta el seguro del automóvil se debe al gran número de siniestros fraudulentos existentes. Sólo en EEUU se estima que los siniestros ilegítimos representaron para la industria aseguradora entre 4,3 y 5,8 miles de millones de dólares en el año 2002. Esta situación ha hecho que investigadores como Derrig (2002) hayan afirmado que ‘el fraude en los seguros es uno de los principales problemas de Estados Unidos al inicio del siglo XXI’. La extensa literatura empírica en 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 asegurador, es decir, del agente no informado (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 anteriores trabajos se han aplicado técnicas econométricas para respaldar el modelo económico. Crocker y Tennyson (2002), por ejemplo, ajustan una regresión lineal 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 tenía un bajo coste de falsificación (como, por ejemplo, en el caso de un esguince).

Posteriormente, Graham (2005) extiende el modelo de Crocker y Tennyson, incorporándole características demográficas de la zona de residencia del demandante (tasa de desempleo o nivel de salarios, entre otras), para capturar diferencias en los incentivos a defraudar. En la misma línea, Cummins y Tennyson (1996) utilizan los resultados de una encuesta sobre la actitud de los consumidores frente a diferentes tipos de fraude como indicadores 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 un elemento nivelador de las indemnizaciones. En particular, el autor señala que aquellos demandantes que reclaman por perjuicios económicos un valor inferior (superior) al esperado, reciben una compensación por daños generales mayor (menor).

Un artículo que combina la teoría económica basada 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, mediante regresiones logísticas, ofrecen contrastes separados para evaluar si las prácticas de auditoría de las entidades persiguen detectar los siniestros fraudulentos, o disuadir al demandante, concluyendo que las compañías buscan ambos objetivos.

Hoyt *et al.* (2006), en cambio, se han centrado en analizar la efectividad de las leyes antifraude promulgadas en EEUU para el periodo 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. Los autores justifican esta elección de variable *proxy* en que el fraude es más probable que se de en los daños corporales, dado que los daños materiales normalmente pueden ser objetivamente verificados por el asegurador. Entre sus resultados destacan que la creación de unidades especiales de investigación, o la consideración del fraude como un delito mayor han atenuado el nivel de fraude.

En cuanto a las técnicas de detección de los siniestros fraudulentos, los modelos de elección discreta han sido ampliamente utilizados en el ámbito de los daños materiales. Por lo general, los investigadores han ajustado modelos logit para la estimación de los siniestros con fraude (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 factores, entre los que se encuentran las características de la lesión.

Una propuesta interesante es la presentada por Rempala y Derrig (2004). Los autores tienen en cuenta que la propensión a defraudar es un factor no observable directamente. En concreto, aplican el algoritmo de maximización de la expectación (EM) como filtro para detectar aquellos proveedores de servicios médicos sospechosos de exagerar el coste de las facturas médicas en los siniestros (una aplicación de dicho algoritmo en el análisis del fraude en siniestros con daños materiales puede encontrarse en Caudill *et al.*, 2005). Otros autores han aplicado redes de aprendizaje no supervisado para la detección de los siniestros fraudulentos (Brockett *et al.*, 1998; 2002).

Estas redes permiten desarrollar un sistema de puntuación de sospecha de fraude a partir de un conjunto de siniestros, sin necesidad de conocer en cuáles realmente se ha cometido fraude. Es decir, la ventaja de las anteriores dos técnicas es que, para implementarlas, no requieren de una muestra previa observada en la cual sean conocidos los siniestros fraudulentos.

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 logística, o las máquinas de vectores de soporte, son las que muestran mejor capacidad de clasificación.

5. APLICACIÓN EMPÍRICA DE LA ESTIMACIÓN INDIVIDUAL DEL COSTE DEL SINIESTRO CON DAÑOS CORPORALES

Una vez realizada una amplia revisión bibliográfica sobre los principales trabajos desarrollados en el ámbito de los daños corporales en el seguro del automóvil, dedicamos el último apartado del artículo a presentar un caso práctico de estimación individual de las indemnizaciones por daños corporales mediante la aplicación de una regresión log-lineal. Dicha estimación individual podría utilizarse en el cálculo de las reservas RBNS, como método alternativo al presentado en Ayuso y Santolino (2007). Igualmente, y como se muestra en el ejemplo, puede utilizarse para realizar una predicción puntual y por intervalos de la indemnización que la compañía podría ofrecer al individuo en el momento de la negociación, antes de llegar a juicio.

La base de datos utilizada en la estimación ha sido obtenida de una de las principales entidades del mercado asegurador español. Todos los siniestros de la muestra hacen referencia a víctimas de accidentes de circulación de los que el asegurado es civilmente responsable y, por tanto, 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 suministrada por la muestra representa 114 víctimas de daños corporales, y los siniestros fueron cerrados por la entidad entre el último semestre del 2001 y el primer semestre del 2003. La información proporcionada cubre principalmente el área geográfica Cataluña-Aragón.

En la tabla 1 presentamos la definición y los principales descriptivos de las variables utilizadas en el estudio. En la aplicación hemos seleccionado un conjunto de regresores relacionados con los atributos de la víctima (edad, sexo), el tipo de vehículo siniestrado, así como relativos a la información proporcionada en los informes periciales realizados por la compañía aseguradora. En concreto, tenemos en cuenta la valoración de la lesión considerada en el último informe pericial (es decir, una vez que la víctima ya está totalmente recuperada), y como ha evolucionado esta valoración desde el primer informe médico que se le realizó a la víctima. Por último, también incorporamos una variable categórica (dicotomizada en cuatro variables) que hace referencia a la participación del médico forense en el proceso de valoración de la indemnización.

TABLA 1. Variables incluidas en el modelo log-lineal y estadísticos descriptivos

		Media	Desv. Est.
<i>indem</i>	Logaritmo de la indemnización económica otorgada en sentencia.	4,684	1,396
<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 (edad entre 0 y 9 años, la variable toma valor 1; edad entre 10 y 19 años, la variable toma valor 2, etc.).	3,930	1,606
<i>sexo</i>	1 si es hombre; 0 en caso contrario.	0,497	0,501
<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</i>	Número de secuelas según último informe pericial.	1,114	1,655
<i>varsec</i>	Variación en el número de secuelas (número de secuelas del último informe menos del primero).	0,009	0,917
<i>dbi</i>	Número de días de baja impeditivos para el trabajo según último informe pericial.	53,131	63,027
<i>vardbi</i>	Variación en el número de días de baja impeditivos (días de baja impeditivos del último informe menos del primero).	2,079	37,601
<i>dbni</i>	Número de días de baja no impeditivos para el trabajo según último informe pericial.	37,596	59,699
<i>foren 1</i>	1 si el forense puntúa secuelas; 0 el resto.	0,211	0,409

<i>foren2</i>	1 si el forense marca las secuelas pero no las puntúa*; 0 el resto.	0,342	0,477
<i>foren3</i>	1 si el forense no concede secuelas; 0 el resto.	0,342	0,477
<i>foren4</i>	1 si no hubo informe forense (demanda civil); 0 el resto.	0,105	0,308

Número de observaciones: 114.

* El forense no está obligado a puntuar las secuelas que otorgue a la víctima, sino simplemente a que éstas se ajusten a las definidas en el baremo.

Nuestro objetivo consiste en estimar la compensación monetaria que se otorgará en la sentencia judicial por el siniestro con daños corporales. Si la compañía aseguradora dispone de una estimación fiable del coste total de la indemnización, puede utilizar dicha estimación como base para provisionar el coste del siniestro, así como herramienta de negociación con la parte contraria. No olvidemos que, en la mayoría de las ocasiones, tanto la compañía como el lesionado, estarán interesados en llegar a un acuerdo amistoso sobre la cuantía de compensación por el daño corporal y, de este modo, evitar un proceso judicial que puede llegar a ser muy costoso y dilatado en el tiempo.

En concreto, proponemos ajustar una regresión log-lineal para explicar la indemnización económica (variable *indem*) en función de las covariables presentadas en la tabla 1. La especificación del modelo se define como,

$$y_{ik} = \mathbf{X}_{ik}\boldsymbol{\beta} + \varepsilon_{ik},$$

donde y_{ik} es el logaritmo de la indemnización concedida a la víctima i en la k -ésima sentencia, $1 \leq i \leq 3$ $1 \leq k \leq 92$, $\boldsymbol{\beta}(12 \times 1)$ es el vector de parámetros desconocidos y $\mathbf{X}_{ik}(1 \times 12)$ es el vector de los valores observados. Finalmente, ε_{ik} es la perturbación aleatoria. En la especificación del modelo se permite la existencia de heteroscedasticidad (por grupos) en el término de perturbación $\sigma_{\varepsilon_j}^2$, debido a la influencia que la valoración del médico forense tiene sobre la indemnización concedida, donde j es la categoría de la variable *forenj* con $j=1, \dots, 4$. En Santolino (2007) puede encontrarse un análisis detallado de la asociación existente entre la indemnización otorgada por sentencia y la valoración realizada por el médico forense (cuando

existe). También es posible la existencia de correlación en las perturbaciones σ_α^2 , que ocurre cuando más de un lesionado fueron indemnizados en una misma sentencia judicial. De este modo, la varianza del término de perturbación se estructura como $\text{Var}[\varepsilon_{ik} | \text{foren } j_{ik}] = \sigma_\alpha^2 + \sigma_{\varepsilon_j}^2$ con $j=1, \dots, 4$, $\forall i, k$. El modelo ha sido estimado mediante la maximización de la función de verosimilitud. La estimación de los parámetros se presenta en la tabla 2.

Tabla 2. Estimación de los parámetros de la regresión log-lineal

		Coefficiente	p-valor
β_0	Constante	8,402	0,000*
<i>turi</i>	1 si el vehículo de la víctima es un turismo; 0 en caso contrario.	-0,218	0,107
<i>sexo</i>	1 si es hombre; 0 en caso contrario.	-0,764	0,004*
<i>edad</i>	Edad de la víctima (categorizada).	0,052	0,209
<i>mismo</i>	1 si se realizó un único informe pericial; 0 en caso contrario.	-0,872	0,001*
<i>sec</i>	Número de secuelas según último informe pericial.	0,218	0,001*
<i>varsec</i>	Variación en el número de secuelas entre informes.	-0,259	0,013**
<i>dbi</i>	Número de días de baja impeditivos según último informe pericial.	0,0088	0,000*
<i>vardbi</i>	Variación en el número de días de baja entre informes.	-0,005	0,015**
<i>dbni</i>	Número de días de baja no impeditivos según último informe pericial.	0,005	0,001*
<i>foren 3</i>	1 si el forense no concede secuelas; 0 el resto.	-0,714	0,000*
<i>intera</i>	1 si <i>sexo</i> =0 y <i>mismo</i> =0; 0 el resto.	-0,657	0,021**
σ_α^2	Varianza del error (más de un demandante fue compensado en la misma sentencia).	0,015	0,450
$\sigma_{\varepsilon_1}^2$	Varianza del error si <i>foren 1</i> =1.	0,761	0,001*
$\sigma_{\varepsilon_2}^2$	Varianza del error si <i>foren 2</i> =1.	0,185	0,086***
$\sigma_{\varepsilon_3}^2$	Varianza del error si <i>foren 3</i> =1.	0,481	0,001*
$\sigma_{\varepsilon_4}^2$	Varianza del error si <i>foren 4</i> =1.	0,661	0,020**

Número de observaciones: 114; χ^2 -cuadrado: 12,435 (sig. 0,029); *indica 1% nivel de significación;

indica 5% nivel de significación; *indica 10% nivel de significación.

El contraste de la ratio de verosimilitud es significativo, por lo que no podemos rechazar la existencia de heteroscedasticidad y correlación en el término de perturbación para nuestro conjunto de datos. En cuanto a los parámetros, la mayoría de las variables muestran coeficientes significativos y con el signo esperado. De este modo, el hecho de que la víctima viajara en un turismo en el momento del accidente, fuera hombre, se le realizará un único informe médico, o el forense no le concediera secuelas son factores que hacen disminuir el valor esperado de la indemnización económica. Por el contrario, la edad, el número de secuelas o el número de días de baja considerados por el perito en el último informe están positivamente relacionados con la indemnización esperada. Por último, señalar que la información proveniente del primer informe tiene capacidad explicativa en la indemnización final, aunque se disponga del informe final.

Supongamos, por ejemplo, que estamos interesados en estimar la indemnización concedida por sentencia a un lesionado de 20 años de edad, que tuvo un accidente con su moto, para el que la compañía dispone de los dos informe médicos periciales, en los que se considera que ha necesitado 35 días de recuperación (impeditivos), y que el accidente no le ha dejado secuelas. Además, la compañía sabe que el procedimiento judicial sigue el cauce civil (no interviene médico forense). Con esta información, el valor esperado del logaritmo de la indemnización para esta víctima, así como la indemnización esperada en escala original, se presentan en la tabla 3.

Tabla 3. Predicción puntual y límite superior (95%) de predicción para el individuo i

<i>Indemnización</i> (escala log)	<i>Error Estándar</i>	<i>Límite superior</i>	<i>Indemnización</i> (escala original)	<i>Error Estándar</i>	<i>Límite superior</i>
8,102	0,149	8,347	3.337,911	500,122	4.160,612

De acuerdo con los resultados de la tabla 3, el asegurador debería preferir ir a juicio si la víctima no acepta una indemnización menor a 3.337,91€ (límite de negociación), sabiendo que, sí finalmente se

celebra el juicio, la indemnización económica que se le otorgará a la víctima en sentencia, con un nivel de confianza del 95%, será inferior a los 4.160,61€

Finalmente, en la tabla 4 se muestran los resultados cuando aplicamos la metodología propuesta para el cálculo de las reservas RBNS. En particular, para el cómputo de las reservas RBNS asignamos a provisiones el valor esperado de indemnización en sentencia (escala original) de cada siniestro abierto. Destacar que las reservas RBNS estimadas de este modo cubren casi el 100% del coste total real de los siniestros, por lo que, de acuerdo con estos resultados, sería un método adecuado de cálculo de las provisiones.

Tabla 4. Reservas estimadas mediante el modelo log-lineal

	Total coste real (€)	Provisión estimada/ Total coste real (%)
Suma total de las indemnizaciones otorgadas en sentencia judicial	925.011,95	—
Suma total de las provisiones individuales estimadas según el modelo log-lineal.	907.100,07	98,06%

6. CONCLUSIONES

El gran coste económico y social que suponen los accidentes de tráfico con víctimas ha provocado que en la mayoría de países desarrollados exista un debate abierto sobre qué sistema de compensación de los siniestros con daños corporales es el más adecuado, así como cuáles son las políticas de seguridad vial que se deben llevar a cabo. Para la entidad aseguradora, la compensación de los siniestros de daños corporales representa el mayor porcentaje de los costes en el seguro del automóvil. Estos siniestros permanecen abiertos durante largos periodos de tiempo antes de ser liquidados, por lo que realizar una correcta valoración de los mismos es fundamental para la compañía. La cuantificación económica del siniestro tiene

repercusiones directas en la estimación de las reservas de la entidad aseguradora, así como en la negociación de la indemnización con la parte contraria. Por otro lado, cabe esperar que en un importante porcentaje de siniestros con daños corporales exista algún tipo de comportamiento fraudulento por parte de los afectados, repercutiendo negativamente sobre la siniestralidad.

Dada la relevancia del tema, no es de extrañar, por tanto, que un importante volumen de la literatura actuarial se haya centrado en estudiar todos los aspectos socioeconómicos de los siniestros con daños corporales. Este artículo pretende recoger los trabajos más relevantes en los que se han analizado los factores que afectan a la siniestralidad de daños corporales en el seguro del automóvil, estructurándolos, para su mejor comprensión, en tres grupos: marco legal, coste económico y fraude. Esta revisión bibliográfica no ha sido realizada con anterioridad y, a nuestro entender, puede constituir una fuente básica para todo individuo que quiera comprender en profundidad la dinámica de los siniestros de daños corporales en el seguro del automóvil.

En el artículo se presenta un caso práctico sobre un aspecto fundamental en el tratamiento de los daños corporales, como es la estimación de la indemnización otorgada por sentencia a la víctima de un accidente de circulación. Los resultados obtenidos tras la aplicación de un modelo log-lineal, que estima el coste económico otorgado por sentencia para una muestra de víctimas de accidentes de circulación, refleja como estas técnicas pueden contribuir notablemente en la estimación individual de las reservas RBNS, así como en el cálculo de los límites máximos de negociación.

BIBLIOGRAFÍA

- Abdel-Aty, M. (2003). Analysis of driver injury severity levels at multiple locations using ordered probit models. *Journal of Safety Research*, 34(5), 597-603.
- Abdel-Aty, M.; H. Abdelwahab (2004). Predicting Injury Severity Levels in Traffic Crashes: A Modeling Comparison. *Journal of Transportation Engineering*, 130(2), 204-210.

- Actualidad Aseguradora (2006). *En su justo valor*. Actualidad Aseguradora, 10 de abril, 32.
- Al-Ghamdi, A. (2002). Using logistic regression to estimate the influence of accident factors on accident severity. *Accident Analysis & Prevention*, 34(6), 729-741.
- Al-Ghamdi, A. (2003). Analysis of traffic accidents at urban intersections in Riyadh. *Accident Analysis & Prevention*, 35(5), 717-724.
- Antonio, K.; J. Beirlant; T. Hoedemakers; R. Verlaak (2006). Lognormal mixed models for reported claim reserves. *North American Actuarial Journal*, 10(1), 30-48.
- Artís, M.; M. Ayuso; M. Guillén (2002). Detection of automobile insurance fraud with discrete choice models and misclassified claims. *Journal of Risk and Insurance*, 69(3), 325-340.
- Austin, R.; B. Faigin (2003). Effect of vehicle and crash factors on older occupants. *Journal of Safety Research*, 34(4), 441-452.
- Ayuso, M.; M. Santolino (2007). Predicting automobile claims bodily injury severity with sequential Ordered Logit Models. *Insurance: Mathematics and Economics*, 41(1), 71-83.
- Belhadji, E.B.; G. Dionne; F. Tarkhani (2000). A Model for the Detection of Insurance Fraud. *The Geneva Papers on Risk and Insurance-Issues and Practice*, 25(4), 517-538.
- Boison, L.R. ; S.G. Lehman (2004). New Jersey Automobile No-Fault Study: Analysis of the Cost Effects of AB 3531 and SB 2533. *Journal of Insurance Regulation*, 23(1), 43-62.
- Bond, E.W.; K.J. Crocker (1997). Hardball and the soft touch: The economics of optimal insurance contracts with costly state verification and endogenous monitoring costs. *Journal of Public Economics*, 63(2), 239-264.
- Brockett, P.; R.A. Derrig; L. Golden; A. Levine; M. Alpert (2002). Fraud Classification Using Principal Component Analysis of RIDITs. *Journal of Risk and Insurance*, 69(3), 341-371.
- Brockett, P.; X. Xia; R.A. Derrig (1998). Using Kohonen's Self-Organising Feature Map to Uncover Automobile Bodily Injury Claims Fraud. *Journal of Risk and Insurance*, 65(2), 245-274.
- Brookes, R.; M. Prevett (2004). Statistical Case Estimation Modelling: An Overview of the NSW WorkCover Model. *Institute Actuaries of*

Australia's Accident Compensation Seminar, 28 de noviembre a 1 de diciembre.

Browne, M.J.; R. Puelz (1996). Statutory Rules, Attorney Involvement, and Automobile Liability Claims. *Journal of Risk and Insurance*, 63(1), 77-94.

Browne, M.J.; R. Puelz (1999). The effect of Legal Rules on the Value of Economic and Non-Economic Damages and the Decision to File. *Journal of Risk and Uncertainty*, 18(2), 189-213.

Browne, M.J.; J.T. Schmit (2006). Litigation Patterns in Automobile Bodily Injury Claims 1977-1997: Effects of Time and Tort Reforms. *Risk Management & Insurance Seminar Series: 2005/2006*, 10 de marzo, Terry College of Business.

Browne, M.J.; B.P. Wells (1999). Claims Adjudication in the Personal Automobile Insurance Residual Market. *Journal of Risk and Insurance*, 66(2), 275-290.

Carson, J.; F. Mannering (2001). The effect of ice warning signs on ice-accident frequencies and severities. *Accident Analysis & Prevention*, 33(1), 99-109.

Caudill, S.; M. Ayuso; M. Guillen (2005). Fraud detection using a multinomial logit model with missing information. *Journal of Risk and Insurance*, 72(4), 539-550.

Chang, L.Y.; H.W. Wang (2006). Analysis of traffic injury severity: An application of non-parametric classification tree techniques. *Accident Analysis & Prevention*, 38(5), 1019-1027.

Crocker, K.J.; S. Tennyson (1999). Costly State Falsification or Verification? Theory and Evidence from Bodily Injury Liability Claims. En: Dionne, G., Laberge-Nadeau, C. (eds.), *Automobile Insurance: Road Safety, New Drivers, Risks, Insurance Fraud and Regulation*, Boston: Kluwer.

Crocker, K.J.; S. Tennyson (2002). Insurance Fraud and Optimal Claims Settlement Strategies. *Journal of Law & Economics*, 45(2), 469-507.

Cummins, J.D.; R.D. Phillips; M.A. Weiss (2001). The Incentive Effects of No Fault Automobile Insurance. *Journal of Law & Economics*, 44(2), 427-464.

Cummins, J.D.; S. Tennyson (1996). Moral Hazard in Insurance Claiming: Evidence from Automobile Insurance. *The Journal of Risk and Insurance*, 12, 29-50.

- D'Arcy, S. (2005). Predictive Modeling in Automobile Insurance: A Preliminary Analysis. En: *World Risk and Insurance Economics Congress*, August, Salt Lake City.
- Derrig, R.A. (2002). Insurance Fraud. *The Journal of Risk and Insurance*, 69(3), 271-287.
- Derrig, R.A.; G.A. Rempala (2006). A Statistical Analysis of the Effect of Anchoring in the Negotiation Process of Automobile Bodily Injury Liability Insurance Claims. En: *CAS predictive modelling seminar*, 4 de Octubre, Boston.
- Derrig, R.A.; H.I. Weisberg (2004). Determinants of Total Compensation for Auto Bodily Injury Liability Under No-Fault: Investigation, Negotiation and the Suspicion of Fraud. *Insurance and Risk Management*, 71(4), 633-662.
- Eluru, N.; C. Bhat (2006). A Joint Econometric Analysis of Seat Belt Use and Crash-Related Injury Severity. En: *TRB 85th Annual Meeting*, 22-26 Enero, Washington DC.
- England, P.; R. Verall (2002). Stochastic claims reserving in general insurance. *British Actuarial Journal*, 8(3), 443-544.
- Fagart, M.; P. Picard (1999). Optimal Insurance under Random Auditing. *Geneva Papers on Risk and Insurance Theory*, 24(1), 29-54.
- Graham, L. (2005). Ex Post Moral Hazard and Auto Bodily Injury Liability Insurance. *Rosen-Huebner-McCahan Seminar Series*, The Wharton School.
- Haastруп, S.; E. Arjas (1996). Claims reserving in continuous time: a non-parametric Bayesian approach. *ASTIN Bulletin*, 26(2), 139-164.
- Herbers, J.A. (1994). Choice No-Fault: Actuarial Costing Methods. *Casualty Actuarial Society*, Winter Forum.
- Hoyt, R.; D. Mustard; L. Powell (2006). The Effectiveness of State Legislation in Mitigating Moral Hazard: Evidence from Automobile Insurance. *Journal of Law and Economics*, 49(2), 427-450.
- Johnson, J.E.; G.B. Flanigan; D.T. Winkler (1992). Cost Implications of No-Fault Automobile Insurance. *Journal of Risk and Insurance*, 59(1), 116-123.
- Kockelman, K.; Y. Kweon (2002). Driver injury severity: an application of ordered probit models. *Accident Analysis & Prevention*, 34(3), 313-321.
- Kuhnert, P.; K.A. Do; R. McClure (2000). Combining non-parametric models with logistic regression: an application to motor vehicle injury data. *Computational Statistics & Data Analysis*, 34(3), 371-386.

- Lascher, E.L.; M.R. Powers (2001). Choice No-Fault Insurance: Efficiency and Equity. En: Lascher, E.L.Jr. & Powers, M.R. (eds.) *The Economics and Politics of Choice No-Fault Insurance*. Boston: Kluwer Academic Publisher.
- Lee, C.; M. Abdel-Aty (2005). Comprehensive analysis of vehicle-pedestrian crashes at intersections in Florida. *Accident Analysis & Prevention*, 37(4), 75-786.
- Lewis, R. (2006). How Important are Insurers in Compensating Claims for Personal Injury in the U.K.? *The Geneva Papers on Risk and Insurance-Issues and Practice*, 31(2), 323-339.
- Loughran, D.S. (2005). Detering Fraud: The Role of General Damage Awards in Automobile Insurance Settlement. *Journal of Risk and Insurance*, 72(4), 551-575.
- Marter, S.; H. Weisberg (1991). Medical Costs and Automobile Insurance: A Report on Bodily Injury Liability Claims in Massachusetts. *Journal of Insurance Regulation*, 91, 381-422.
- Norberg, R. (1993). Prediction of Outstanding Liabilities in Non-Life Insurance. *ASTIN Bulletin*, 23(1), 95-115.
- Norberg, R. (1999). Prediction of outstanding claims II: Model variations and extensions. *ASTIN Bulletin*, 29(1), 5-25.
- Ntzoufras, I.; P. Dellaportas (2002). Bayesian prediction of outstanding claims. *North American Actuarial Journal*, 6(1), 113-136.
- O'Donell, C.J.; D.H. Connor (1996). Predicting the severity of motor vehicle accident injuries using models of ordered multiple choice. *Accident Analysis & Prevention*, 28(6), 739-756.
- OMS (2004). *Informe mundial sobre prevención de los traumatismos causados por el tránsito*. OMS, Ginebra.
- Ostrom, M.; A. Eriksson (2001). Pedestrian fatalities and alcohol. *Accident Analysis & Prevention*, 33(2), 173-180.
- Pintos-Ager, J. (2003). Efectos de la baremización del daño sobre la litigiosidad. *InDret*, 131.
- Rempala, G.; R. Derrig (2004). Modeling Hidden Exposures in Claim Severity via the EM Algorithm. En: *Astin Colloquium*, 6-9 junio, Bergen.
- Roholte Larsen, C. (2007). An individual claims reserving model. *ASTIN Bulletin*, 37(1), 113-132.
- Santolino, M. (2007). *Métodos econométricos para la valoración cualitativa y cuantitativa del daño corporal en el seguro del automóvil*. Tesis doctoral. Universitat de Barcelona.

- Schmit, J.T.; J.H. Yeh (2003). An Economic Analysis of Auto Compensation Systems: Choice Experiences From New Jersey and Pennsylvania. *The Journal of Risk and Insurance*, 70(4), 601-628.
- SCOR (2006). *Nivel y Evolución del Coste Medio Daño Corporal Grave por Accidentes de Circulación Ocurridos en España*. SCOR Global P&C.
- Sohn, S.Y.; H. Shin (2001). Technical Note Pattern recognition for road traffic accident severity in Korea. *Ergonomics*, 44(1), 107-117.
- Srinivasan, K. (2002). Injury Severity Analysis with Variable and Correlated Thresholds: Ordered Mixed Logit Formulation. *Transportation Research Record*, 1784, 132-142.
- Stephens, D.A.; M.J. Crowder; P. Dellaportas (2004). Quantification of automobile insurance liability: a Bayesian failure time approach. *Insurance: Mathematics and Economics*, 34(1), 1-21.
- Taylor, G.; M. Capbell (2002). *Statistical case estimation*. Research paper number 104, Centre for Actuarial Studies, The University of Melbourne, Australia.
- Tennyson, S.; P. Salsas-Forn (2002). Claims Auditing in Automobile Insurance: Fraud Detection and Deterrence Objective. *The Journal of Risk and Insurance*, 69(3), 289-308.
- Ulfarsson, G.F.; F.L. Mannering (2004). Differences in male and female injury severities in sport-utility vehicle, minivan, pickup and passenger car accidents. *Accident Analysis & Prevention*, 36(2), 135-147.
- UNESPA (2006). *Memoria Social del Seguro Español 2005*. UNESPA.
- Viane, S.; M. Ayuso; M. Guillen, M.; D. VanGheel; G. Dedene (2007). Strategies to detect and prevent fraudulent claims in the automobile insurance industry. *European Journal of Operational Research*, 176, 565-583.
- Viane, S.; R.A. Derrig; B. Baesens; G. Dedene (2002). A Comparison of State-of-the-Art Classification Techniques for Expert Automobile Insurance Claim Fraud Detection. *The Journal of Risk and Insurance*, 69(3), 373-421.
- Voas R.B.; D.A. Fisher; S. Tippetts (2002). Children in fatal crashes: driver blood alcohol concentration and demographics of child passengers and their drivers. *Addiction*, 97(11), 1439-1448.
- Wang, X.; K. Kockelman (2005). Use of Heteroscedastic Ordered Logit Model to Study Severity of Occupant Injury: Distinguishing the

Effects of Vehicle Weight and Type. *Transportation Research Record*, 1908, 195-204.

Weisberg, H.; R. Derrig (1993). Pricing Auto No-fault and Bodily Injury Liability Coverages Using Micro-Data and Statistical Models. En: *CAS Special Edition Forum, Ratemaking seminar*.

Weisberg, H. ; R. Derrig (1995). Identification and Investigation of Suspicious Claims. AIB Cost Containment/Fraud Filing (DOI Docket R95-12), Automobile Insurers Bureau of Massachusetts, 192-245, Boston.

Weisberg, H. ; R. Derrig (1998). Quantitative Methods for detecting fraudulent automobile bodily injury claims. *Risques*, 35, 1-21.

Zajac, S.; J. Ivan (2003). Factors influencing injury severity of motor vehicle-crossing pedestrian crashes in rural Connecticut. *Accident Analysis & Prevention*, 35(3), 369-379.