

*Aplicación
práctica
de modelos*

de **credibilidad**

en la tarificación de **Seguros
de Salud**

El presente estudio analiza la aplicación de la teoría de la credibilidad al cálculo de la prima de un seguro. A través de un caso práctico de un Seguro de Salud, se pretende demostrar cómo el cálculo de la prima aplicando los modelos de credibilidad más importantes, los modelos de distribución libre de Bühlmann y de Bühlmann-Straub, es la mejor forma de ajustar la prima a la verdadera siniestralidad del producto.

INMACULADA PEÑA SÁNCHEZ
MAPFRE FAMILIAR

«La esencia de la sabiduría es la preocupación por el futuro» Russel L. Ackoff

En un mercado cada vez más competitivo, la fijación de las primas de seguro se convierte en una tarea primordial para las compañías aseguradoras. Cuanto mayor conocimiento se tenga sobre el riesgo a cubrir, más exacto será el cálculo de la prima de seguro.

La teoría de la credibilidad, a través de sus modelos, nos permite utilizar la propia experiencia de siniestralidad de la compañía como información básica para el cálculo de la prima de un determinado seguro.

Este estudio trata de demostrar, mediante un ejemplo práctico de un Seguro de Salud, cómo el cálculo de la prima aplicando los modelos de credibilidad representa la mejor forma de ajustar la prima a la verdadera siniestralidad del producto.

TEORÍA DE LA CREDIBILIDAD

La teoría de la credibilidad consiste en una serie de técnicas estadísticas dirigidas a calcular la prima de seguro según la experiencia individual de siniestralidad del producto.

La aplicación de esta teoría se fundamenta en la tarificación a posteriori, que trata de disminuir la heterogeneidad dentro de cada factor de riesgo. Por ejemplo, en el caso de un producto con varios grupos de asegurados, cada grupo tendrá una siniestralidad determinada en el tiempo. Si un grupo obtiene una alta siniestralidad, es lógico penalizar a ese grupo, y no a todos en su conjunto.

La evolución de esta teoría en el tiempo ha dado lugar a los diferentes modelos de credibilidad, con la particularidad de que partiendo de diferentes puntos todos ellos conver-

gen en el mismo resultado. En todos ellos se propone que la prima a pagar por el asegurado combine tanto la experiencia individual (del grupo de asegurados) como la del producto en general, de manera que se logre una prima de riesgo suficiente para garantizar los principios de suficiencia y equidad.

Modelos de credibilidad

Este estudio se centra en dos de los modelos clásicos más importantes, los modelos de distribución libre de Bühlmann y de Bühlmann-Straub. Se denominan modelos de distribución libre porque no necesitan establecer hipótesis ni sobre la distribución de los riesgos individuales, ni sobre la distribución *a priori* de los parámetros de riesgo.

Cualquiera que sea el modelo de credibilidad que se quiera utilizar, es necesario definir previamente los **datos de partida**, concretamente:

- **k**, grupos de asegurados con características homogéneas entre ellos pero sin ser idénticas. Es decir, debe existir cierta independencia entre unos y otros. En este estudio, los grupos de asegurados se han configurado en función de los tramos de edad.
- **n**, número de periodos de observación, que en este caso es el año.
- **X_{ij}**, es la variable aleatoria principal que recoge toda la experiencia de siniestralidad individual del grupo j-ésimo en el año i.
- **w_{ij}¹**, es el factor de ponderación de las observaciones. Se asigna un peso a cada una de las observaciones X_{ij}.

¹ Aplicable sólo al modelo de Bühlmann-Straub.

LA TEORÍA DE LA CREDIBILIDAD CONSISTE EN UNA SERIE DE TÉCNICAS ESTADÍSTICAS PARA CALCULAR LA PRIMA DE SEGURO SEGÚN LA EXPERIENCIA INDIVIDUAL DE SINIESTRALIDAD DEL PRODUCTO



ILLUSTRATION STOCK

Al aplicar los modelos de credibilidad se obtienen una serie de parámetros que son las medidas que ayudarán a analizar los resultados obtenidos en cada modelo.

Los principales **parámetros estructurales** son los siguientes:

■ **m**, estimador colectivo. Es la prima de riesgo colectiva o el valor esperado de todas las primas de riesgo individuales.

■ **a**, indicador de la heterogeneidad de la cartera que se analiza.



- S^2 , medida global de dispersión de la siniestralidad individual en el tiempo.
- z , factor de credibilidad. Es el grado de confianza que se le otorga a la experiencia de siniestralidad individual de la cartera.

Modelo de Bühlmann

El modelo de Bühlmann fue verdaderamente el primer modelo de credibilidad en la teoría moderna, y es la base de la teoría de la credibilidad.

Bühlmann estima la fórmula de credibilidad de distribución libre basada en el criterio de mínimos cuadrados. La prima de riesgo va en función del factor de credibilidad z , que combina linealmente la información particular con información general. En este modelo el factor de credibilidad es único para toda la cartera.

El estimador de la prima de credibilidad de Bühlmann se recoge en la siguiente fórmula:

$$\mu(\theta_j) = (1-z) \cdot m + z \cdot x_j$$

Modelo de Bühlmann-Straub

Se trata de una ampliación del modelo de Bühlmann, con el añadido de contar con una variable adicional, el factor de ponderación conocido w_{ij} . De esta manera, cada observación X_{ij} del modelo tendrá asociado un peso w_{ij} . Con esta variable se elimina la homogeneidad de las observaciones en el tiempo, característica que prevalece en el modelo de Bühlmann.

El enfoque de Bühlmann-Straub estima también la prima de riesgo en función del factor de credibilidad, con la diferencia de que en este modelo cada uno de los grupos tendrá su propio factor de credibilidad z_j .

El estimador de la prima de credibilidad en Bühlmann-Straub se recoge en esta fórmula:

$$\mu(\theta_j) = (1-z_j) \cdot m + z_j \cdot x_{jw}$$

APLICACIÓN PRÁCTICA

El objetivo de esta aplicación no es otro que ver de forma práctica cómo determinar la mejor prima lineal a través de la aplicación de los modelos de credibilidad a una cartera de un producto de Salud.

Los resultados que se obtengan se contrastarán con el método actual de cálculo de primas de la compañía, para analizar si se ajusta o no a la realidad del negocio.

Pasamos ya a analizar en detalle cada fase en la aplicación de los modelos de credibilidad.

1. Selección de la cartera objeto de estudio

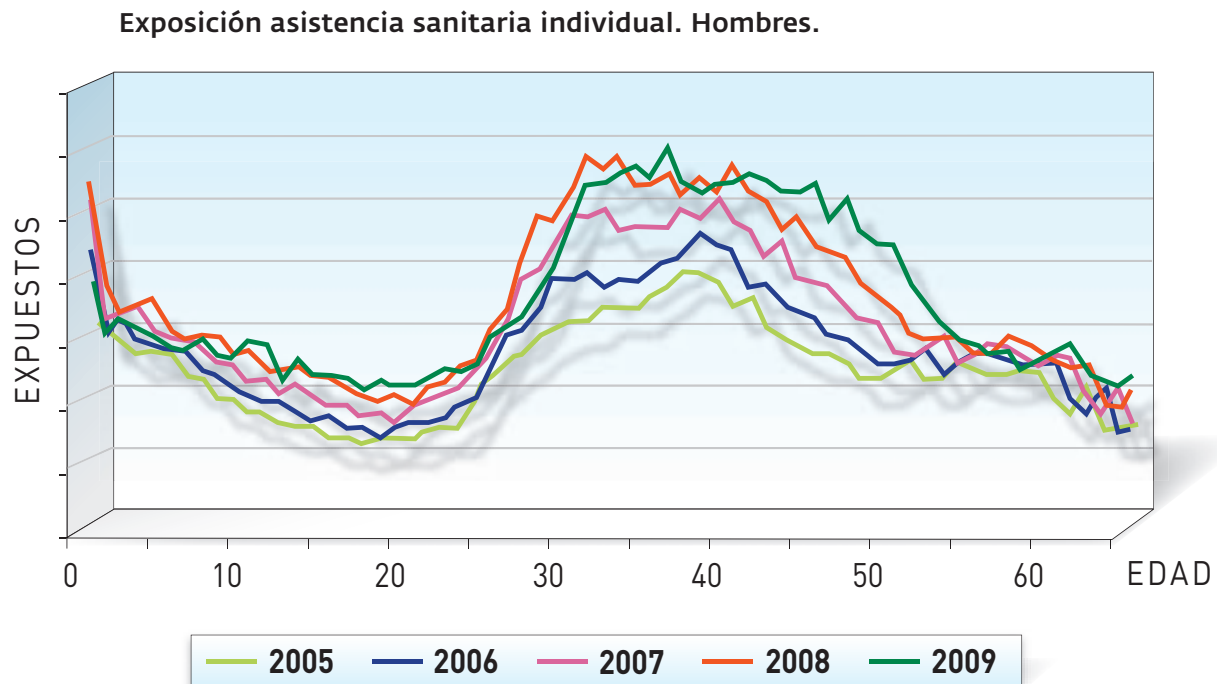
La aplicación se centra en un Seguro de Salud de Asistencia Sanitaria Individual. Se define como aquel contrato de seguro en el cual, mediante el pago de la prima por parte del asegurado, la compañía asume el compromiso de proporcionarle, a través de sus servicios concertados, la asistencia médica, quirúrgica y hospitalaria que proceda en los supuestos de enfermedad o lesión.

Para seleccionar este producto se ha realizado previamente un análisis del mismo sobre la evolución temporal de la exposición² por edad y sexo.

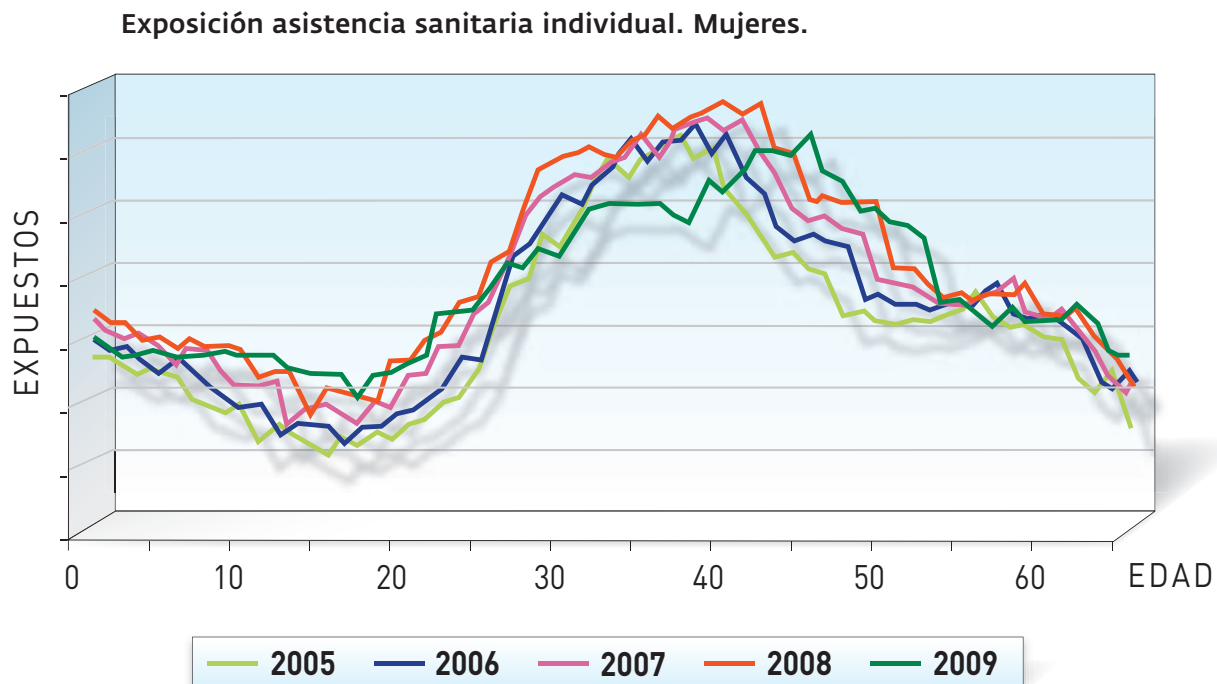
² Se considera expuesto a las unidades que generan riesgo durante el periodo considerado.

EL ESTUDIO SE CENTRA EN DOS DE LOS MODELOS DE CREDIBILIDAD DE MAYOR RELEVANCIA: LOS MODELOS DE DISTRIBUCIÓN LIBRE DE BÜHLMANN Y DE BÜHLMANN-STRAUB

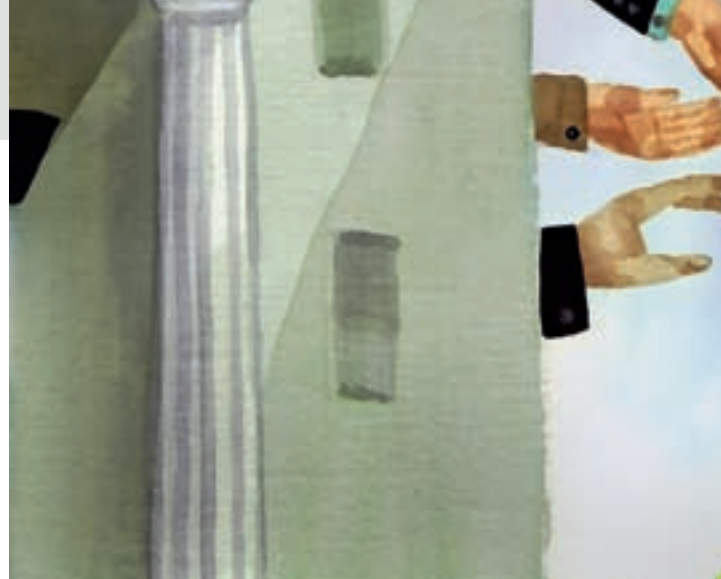
Gráfico 1. Evolución de la exposición en Asistencia Sanitaria individual por género.



Fuente: elaboración propia.



Fuente: elaboración propia.



LA TEORÍA DE LA CREDIBILIDAD PERMITE UTILIZAR LA PROPIA EXPERIENCIA DE SINIESTRALIDAD COMO INFORMACIÓN BÁSICA PARA EL CÁLCULO DE LA PRIMA DE UN SEGURO

Comparando ambos gráficos se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- La exposición presenta un comportamiento similar tanto en hombres como en mujeres, obteniendo los valores más altos entre los 30 y los 40 años.
- El número de expuestos aumenta progresivamente con la edad, y es a partir de los 18 años cuando el número de mujeres supera al de los hombres.

2. Información sobre la experiencia de siniestralidad

El seguro de Asistencia Sanitaria engloba varias garantías, como son, entre las principales, la asistencia primaria, la asistencia especializada y la asistencia obstétrica.

Con el objeto de contar con una experiencia sólida en siniestralidad y con un volumen suficiente para aplicar los modelos, se ha

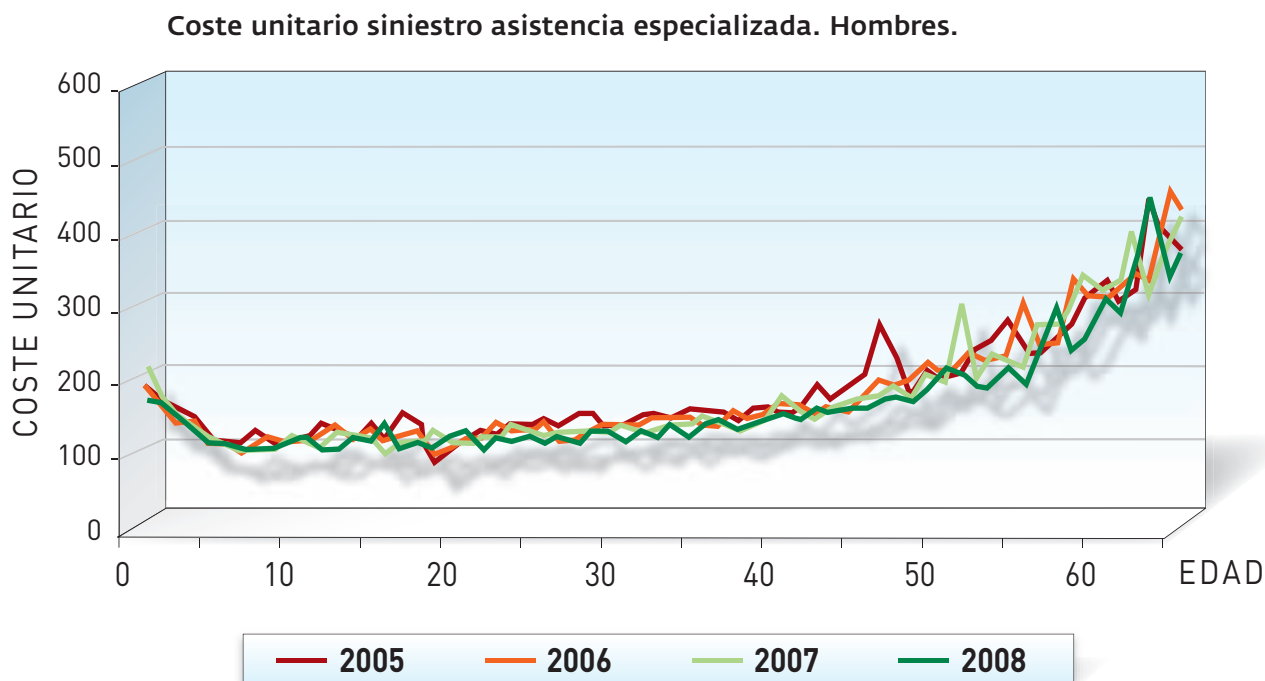
escogido la garantía de Asistencia Especializada³ por dos motivos:

- Por ser la que mayor peso representa sobre la prima, y
- porque presenta mayor frecuencia frente al resto de garantías.

Los periodos de observación considerados recogen los años de experiencia en siniestralidad que cuenta la compañía. Este estudio toma en consideración los periodos que van de 2005 a 2008, centrando el análisis en el año 2009.

³ La Asistencia Especializada incluye todas las consultas a especialidades médicas así como las pruebas médicas realizadas, pero no está incluida la especialidad obstétrica.

Gráfico 2. Evolución del coste unitario en Asistencia Especializada por género.



Fuente: elaboración propia.



Las variables de los modelos de credibilidad vendrán representadas tanto por el coste unitario del siniestro como por la frecuencia relativa.

Coste unitario por expuesto

El coste unitario se refiere concretamente al gasto que realice el asegurado por cualquier consulta médica y por las pruebas médicas que sean necesarias durante el tiempo que permanezca en la póliza. Esta información será la que recoja las observaciones de siniestralidad como variable principal en los modelos de credibilidad.

Con objeto de comparar la evolución del coste unitario durante todos los periodos de

observación considerados, cada coste unitario anterior al punto de análisis, año 2009, se actualizará de acuerdo a la rúbrica del INE de servicios médicos y similares, según aparece reflejado en los gráficos siguientes.

Analizando en detalle el comportamiento del coste unitario, se comprueba gráficamente que:

- La evolución del coste unitario aumenta de manera progresiva con la edad, tanto para hombres como para mujeres, aunque el crecimiento es aún más pronunciado en las mujeres. En las edades más adultas existe una mayor dispersión en los datos.
- La cuantía del coste unitario es mayor en mujeres que en hombres. A partir de los 20 años las mujeres duplican el coste unitario de los hombres. Sin embargo, los hombres mantienen un coste unitario

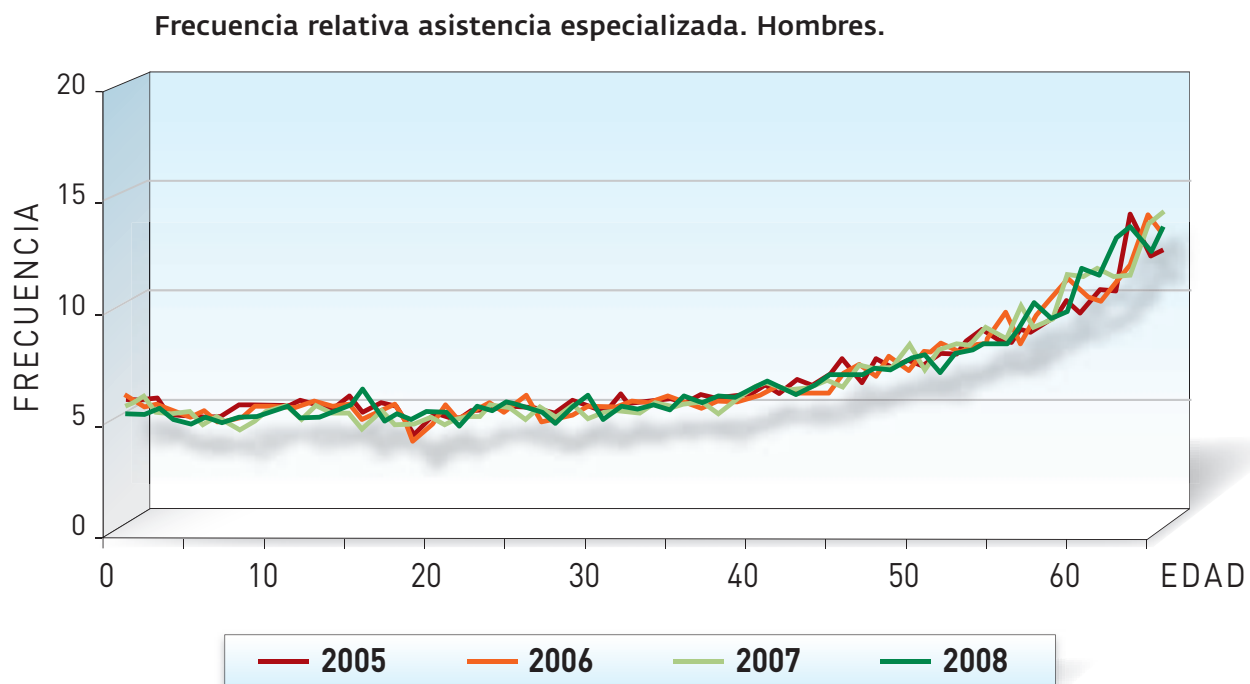
EN ESTE ESTUDIO, LAS VARIABLES DE LOS MODELOS DE CREDIBILIDAD VENDRÁN REPRESENTADAS POR EL COSTE UNITARIO DEL SINIESTRO Y LA FRECUENCIA RELATIVA

Coste unitario siniestro asistencia especializada. Mujeres.

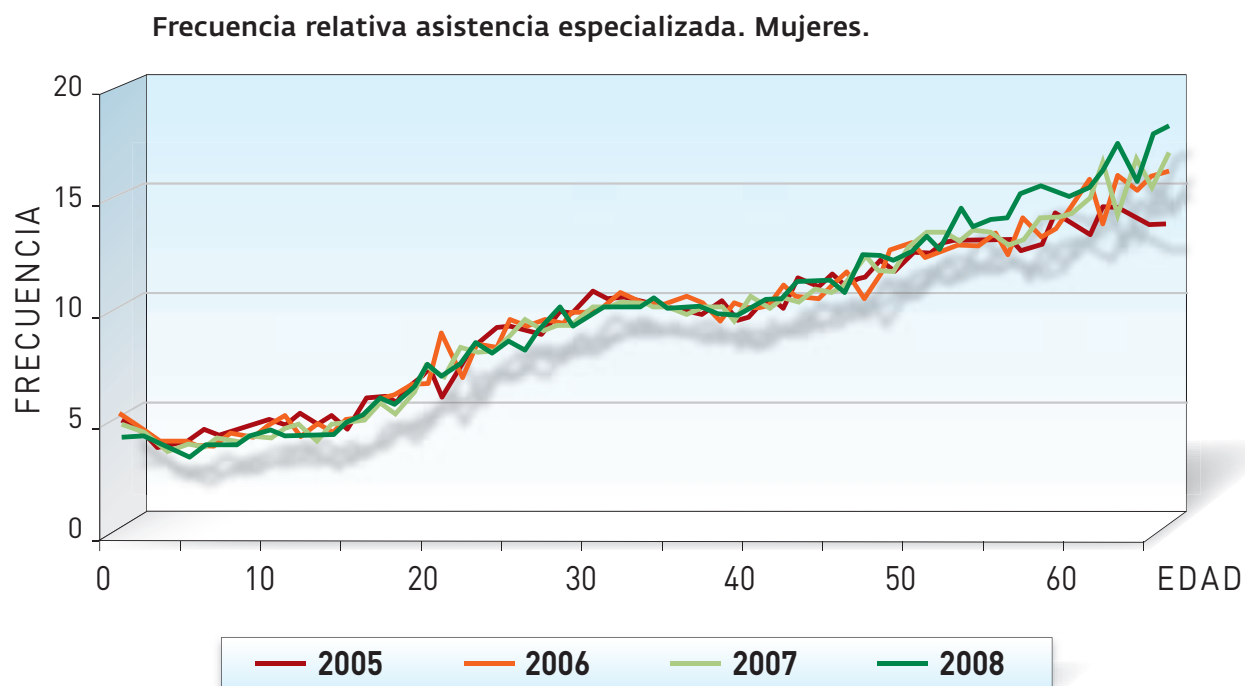


Fuente: elaboración propia.

Gráfico 3. Evolución de la frecuencia relativa en Asistencia Especializada por género.



Fuente: elaboración propia.



Fuente: elaboración propia.

bastante estable hasta alcanzar la edad de 45 años, que es cuando el coste comienza a incrementarse significativamente.

Frecuencia relativa

Se denomina frecuencia relativa al número de siniestros por expuesto, entendiendo como siniestro la realización del acto médico. Con el dato de frecuencia se asigna un peso a cada una de las observaciones del coste unitario.

Como puede observarse en los gráficos, la evolución de la frecuencia durante los años considerados se manifiesta de este modo:

–El comportamiento de la frecuencia sigue una tendencia similar a la del coste unitario.



–La evolución de la frecuencia aumenta de manera progresiva con la edad, siendo más pronunciada en el caso de las mujeres. Al igual que en el coste unitario, a edades más avanzadas la dispersión de los datos aumenta.

–Existe una clara diferencia en la frecuencia por género. En los hombres, la frecuencia permanece casi constante hasta los 40 años, donde empieza a incrementarse. Sin embargo, en el caso

de las mujeres el incremento ya se aprecia desde los 15 años.

3. Definición de hipótesis de partida

Una vez definidas y analizadas todas las variables del modelo, se pueden establecer las hipótesis de partida en esta aplicación:

- Dos modelos diferentes en función del género, uno para hombres y otro para mujeres, debido a que cada uno de ellos responde a un comportamiento diferente del coste unitario y frecuencia.
- Variable principal de riesgo del modelo, X_{ij} , el coste unitario.
- Variable adicional, el factor de ponderación w_{ij}^4 , la frecuencia relativa.
- Grupos de asegurados, k . Partiendo de la necesidad de crear grupos homogéneos pero no idénticos entre sí, se ha analizado tanto la exposición como el coste unitario por edad y sexo, viendo su desviación respecto a la media. De esta manera se han creado grupos por edad en función del coste y del número de expuestos, de forma que guarden cierta independencia y resulten homogéneos entre sí.
- Periodos de observación, n . 4 años, desde el 2005 al 2008.

4. Aplicación de los modelos de credibilidad

Una vez que se han establecido las hipótesis de partida y está preparada toda la información de la experiencia de siniestralidad particular en función de las variables definidas en los modelos, coste unitario y frecuencia, se pueden aplicar los modelos de credibilidad de Bühlmann y Bühlmann-Straub.

⁴ Aplicable sólo al modelo de Bühlmann-Straub.

LA TEORÍA DE LA CREDIBILIDAD OFRECE A TRAVÉS DE SUS MODELOS LA VENTAJA DE PROPORCIONAR LA PRIMA AJUSTADA A LA REALIDAD DE LA CARTERA

EL FACTOR DE CREDIBILIDAD Z ES EL GRADO DE CONFIANZA QUE SE OTORGA A LA EXPERIENCIA DE SINIESTRALIDAD INDIVIDUAL

El resultado de la aplicación de los modelos dará lugar a la prima lineal de credibilidad que utiliza tanto la experiencia particular según el factor de credibilidad (z), como la experiencia global ($1-z$), según se refleja en la siguiente fórmula:

$$\text{Prima riesgo credibilidad} = z \cdot X_j + (1-z) \cdot m$$

5. Análisis de resultados

Criterios de análisis

Las medidas que se utilizan para seleccionar el modelo de credibilidad que mejor refleja la realidad del negocio son las siguientes:

a) Parámetros estructurales:

● **m**, estimador colectivo. Es el resultado de la prima utilizando tan solo

la experiencia global. En ambos modelos se obtienen valores similares.

● **a**, indicador de heterogeneidad de la cartera. A mayor heterogeneidad de los grupos dentro de la cartera, mayor peso tendrá la experiencia individual aportada. Se comprueba que en ambos modelos la heterogeneidad es bastante alta.

● **S²**, medida global de dispersión de la siniestralidad individual. A menor dispersión, menor aleatoriedad de los datos y mayor peso tendrá la experiencia individual. Se obtiene una mínima dispersión en ambos modelos, lo que implica mayor credibilidad de la información individual aportada.

Tabla 1. Resultados de los parámetros estructurales de los modelos de credibilidad.

Parámetros	Género	Bühlmann	Bühlmann-Straub
m	H	147,98	148,09
	M	209,54	209,81
a	H	4.433,12	5.930,32
	M	9.830,27	9.004,37
s ²	H	41,64	365,31
	M	59,87	796,47

Fuente: elaboración propia.

b) Factor de credibilidad, z:

Tomará valores comprendidos entre 0 y 1. Cuanto más cercano a uno sea el factor de credibilidad, mayor peso tendrá la información individual sobre la prima de credibilidad.

En este caso, z es muy cercano a uno en ambos modelos, aunque ligeramente superior en el modelo de Bühlmann. Esto supondrá que el peso que tiene la información particular sobre la prima de credibilidad será mayor que la información global.



c) Prima de credibilidad:

Como consecuencia directa de obtener una credibilidad cercana a uno en ambos modelos, la prima de credibilidad obtenida será

más similar al estimador individual X_j que al estimador colectivo m .

Comparando ambos modelos de credibilidad, se observa cómo la prima del modelo de Bühlmann es menor.

Hombres

Tabla 2. Resultados del modelo de Bühlmann.

Grupo	Estimador individual X_j	Estimador colectivo m	Factor credibilidad z	Prima riesgo credibilidad
1	137,19	147,98	0,9977	137,22
2	91,63			91,77
3	93,54			93,66
4	107,30			107,40
5	136,91			136,94
6	192,13			192,03
7	277,13			276,83

Tabla 3. Resultados del modelo de Bühlmann-Straub.

Grupo	Estimador individual X_j	Estimador colectivo m	Factor credibilidad z	Prima riesgo credibilidad
1	137,09	148,09	0,9968	137,13
2	91,63		0,9965	91,82
3	93,55		0,9965	93,75
4	107,32		0,9968	107,45
5	136,93		0,9974	136,96
6	192,28		0,9981	192,19
7	277,52		0,9986	277,34

Fuente: elaboración propia.

Mujeres

Tabla 4. Resultados del modelo de Bühlmann.

Grupo	Estimador individual X_j	Estimador colectivo m	Factor credibilidad z	Prima riesgo credibilidad
1	119,67	209,54	0,9985	119,81
2	85,83			86,02
3	144,18			144,28
4	213,39			213,38
5	243,79			243,74
6	305,20			305,06
7	354,74			355,37

Tabla 5. Resultados del modelo de Bühlmann-Straub.

Grupo	Estimador individual x_j	Estimador colectivo m	Factor credibilidad z	Prima riesgo credibilidad
1	119,67	209,81	0,9948	120,14
2	85,86		0,9947	86,53
3	144,19		0,9968	144,39
4	213,40		0,9977	213,39
5	243,85		0,9980	243,78
6	305,24		0,9984	305,09
7	355,58		0,9986	355,37

Fuente: elaboración propia.

A TRAVÉS DE LOS MODELOS DE CREDIBILIDAD, LA INFORMACIÓN INDIVIDUAL UTILIZADA TIENE EL SUFICIENTE GRADO DE CONFIANZA PARA PODER BASAR EL CÁLCULO DE LA PRIMA DE RIESGO

6. Elección del modelo óptimo

Ambos modelos de credibilidad cumplen los requisitos de un buen modelo de credibilidad. Los parámetros estructurales y el factor de credibilidad demuestran que, a través de los modelos de credibilidad, la información individual utilizada tiene el suficiente grado de confianza para poder basar el cálculo de la prima de riesgo.

De cara a seleccionar el modelo óptimo de credibilidad, y a pesar de obtener muy buenos resultados en ambos modelos, se establecen unas ligeras diferencias entre ellos:

- La dispersión (S^2), aunque es mínima, es aún más baja en el modelo de Bühlmann.
- La credibilidad (z) es muy cercana a

uno, pero es en el modelo de Bühlmann donde alcanza los valores más altos.

Aunque en el modelo de Bühlmann-Straub se incluye la variable adicional frecuencia relativa, w_{ij} , estos valores de la frecuencia son homogéneos en el tiempo y, por tanto, no enriquecen el modelo ni mejoran los resultados del modelo de Bühlmann.

Por ende, el modelo óptimo que más favorece el uso de la propia experiencia es el modelo de credibilidad de Bühlmann.

7. Ajuste de los modelos de credibilidad con el método actual

Una forma sencilla de comprobar si la prima que actualmente está aplicando la compañía responde a la siniestralidad real del negocio es compararla con la prima de credibilidad obtenida a través del modelo de credibilidad.

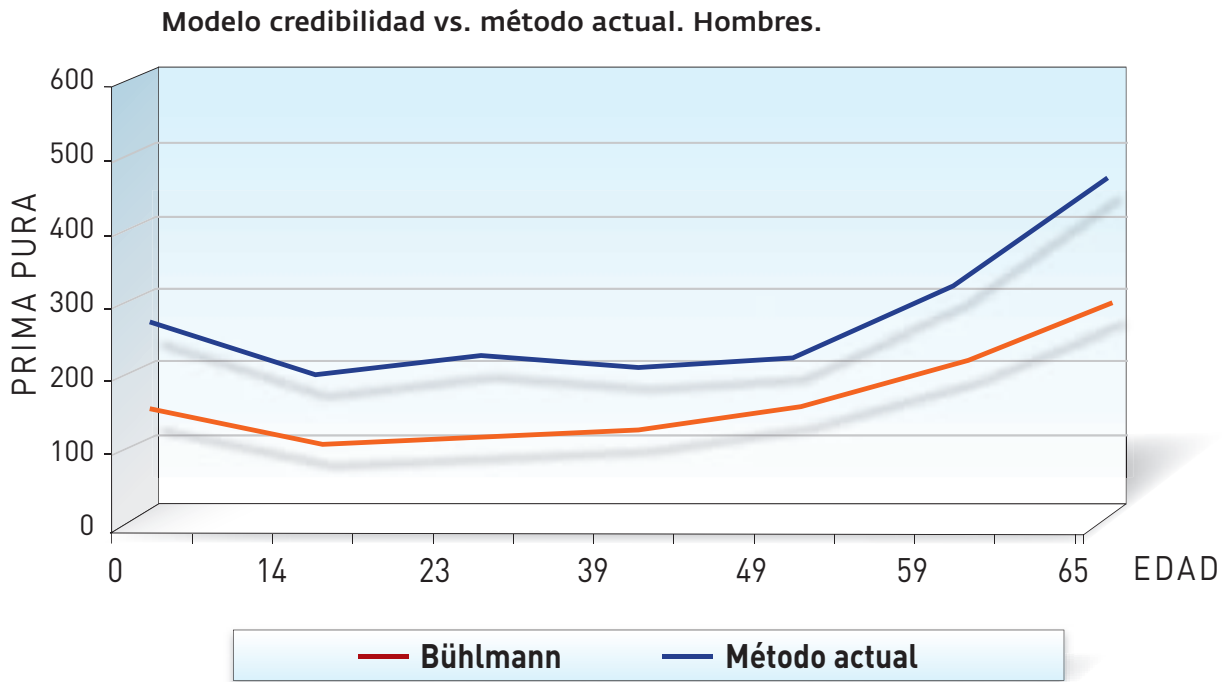
Es conveniente aclarar que, para ajustar la prima de credibilidad a la realidad del negocio, va a ser necesario calibrar el modelo de credibilidad en función de las particularidades de cada negocio.

Comparativa de primas antes del ajuste

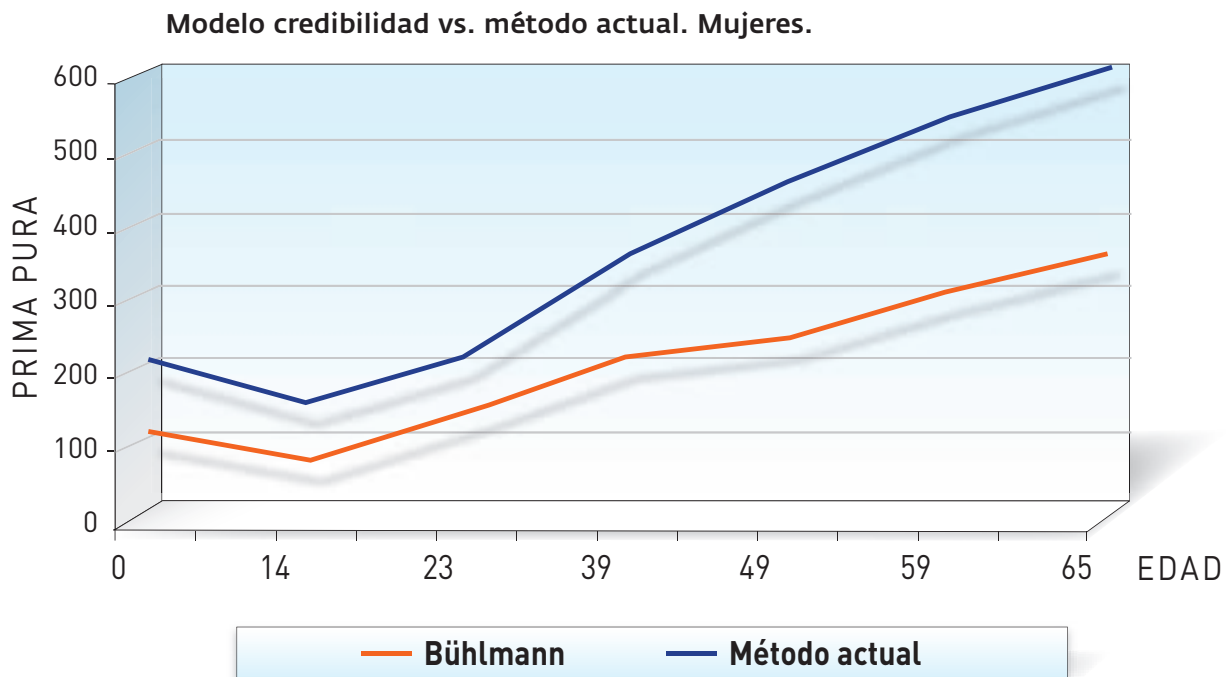
Una primera comparativa se realiza entre la prima de riesgo de la compañía y el estimador de credibilidad del modelo de Bühlmann, que responde al coste unitario.



Gráfico 4. Comparativa de primas antes del ajuste.

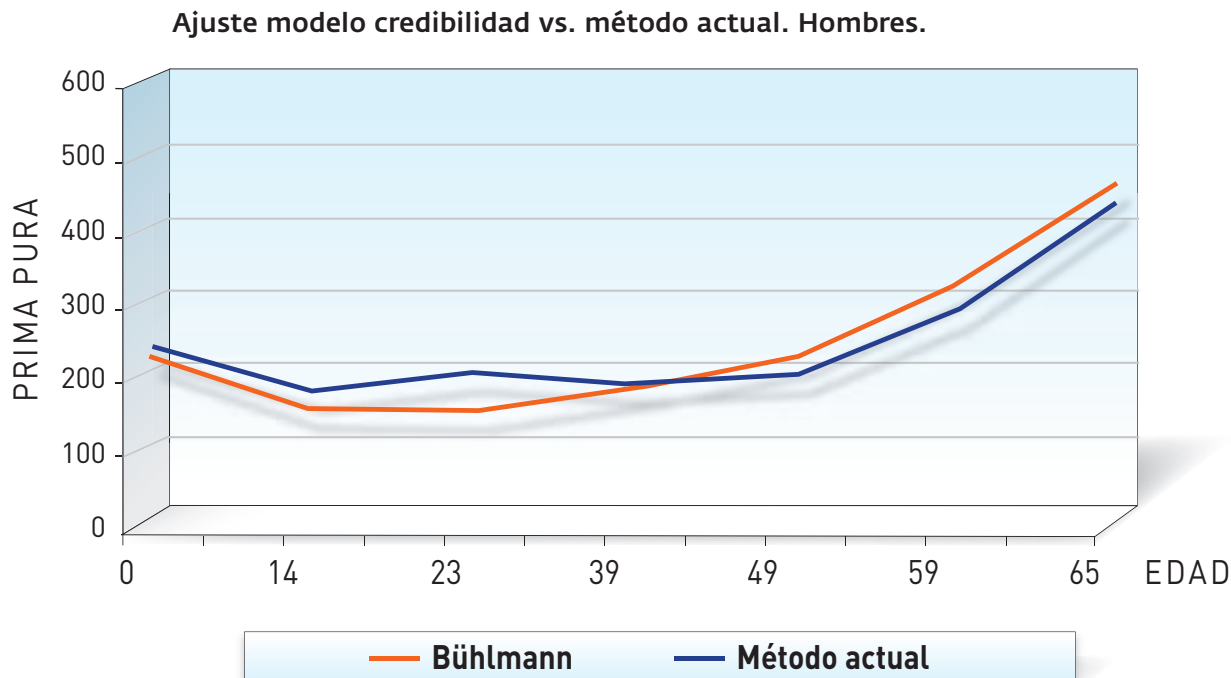


Fuente: elaboración propia.



Fuente: elaboración propia.

Gráfico 5. Comparativa de primas después del ajuste.



Fuente: elaboración propia.



De estos gráficos se desprende que:

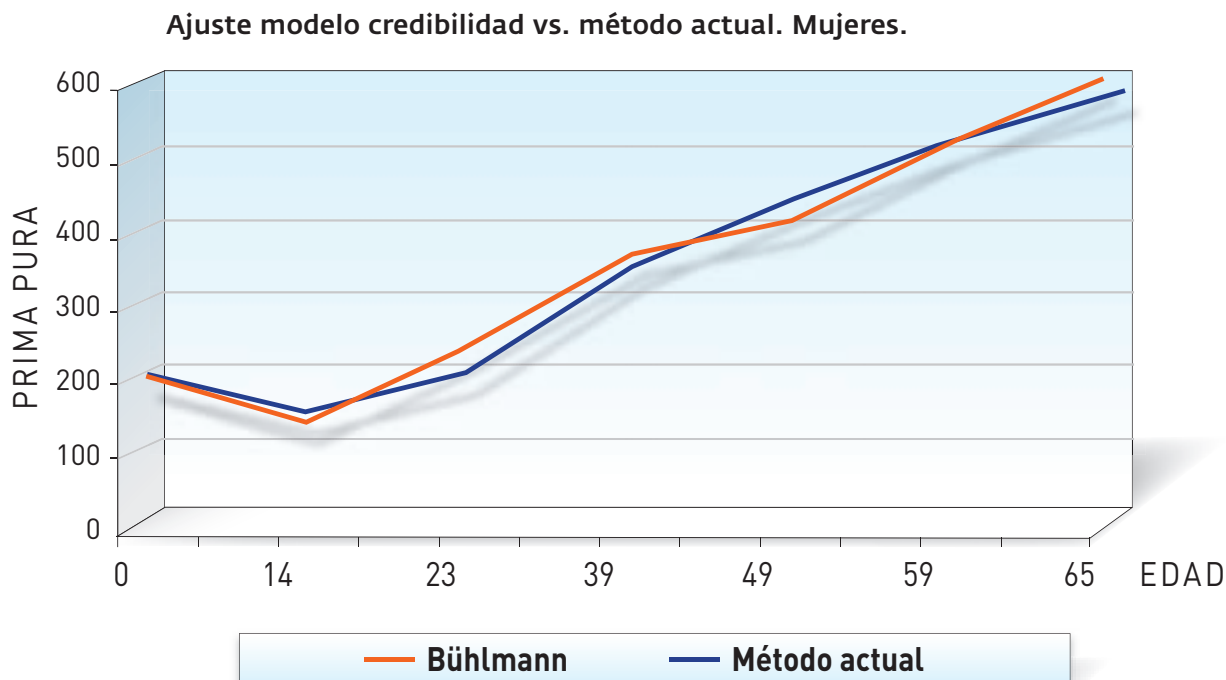
- La prima de riesgo de la compañía tiene una evolución por edad y sexo similar a la obtenida en el modelo de credibilidad.
- Se aprecia claramente que el método actual utilizado por la compañía tiene una prima superior a la obtenida en el modelo de credibilidad.

Comparativa de primas después del ajuste

Actualmente, con la prima que aplica la compañía se está obteniendo un ratio de siniestralidad del 58%. Sin embargo, el modelo de credibilidad calcula una prima que responde al propio coste unitario del siniestro, es decir, prima y siniestro coinciden, lo que implica un ratio de siniestralidad del 100%. Por este motivo, la prima del modelo de Bühlmann resulta inferior a la prima del método actual de la compañía.

Dado que el ratio de siniestralidad es el cociente de la siniestralidad entre las primas, esto implica que la prima es inversamente proporcional al ratio de siniestralidad.

Ahora bien, para hacer una comparativa homogénea entre ambos métodos, la prima de credibilidad debe responder al mismo ratio de siniestralidad que presenta la compañía. Si se disminuye el ratio de siniestralidad del modelo de credibilidad de Bühlmann hasta alcanzar el 58% que corresponde al ratio obtenido por



Fuente: elaboración propia.

la compañía, la prima aumentará en la correspondiente proporción.

De esta manera se comprueba gráficamente cómo la prima del modelo de Bühlmann se ha situado muy cerca de la prima de la compañía, tanto para el caso de hombres como para el de mujeres.

CONCLUSIÓN

La teoría de la credibilidad a través de sus modelos de credibilidad ofrece la clara ventaja de proporcionar la prima ajustada a la realidad de la cartera, cobrando según la medida de su riesgo, premiando el buen comportamiento a los riesgos con baja siniestralidad y penalizando a los que presenten peor siniestralidad.

Como resultado obtenido en esta aplicación, los modelos de credibilidad nos confirman que el método actual que utiliza esta

compañía en particular basa el cálculo de sus primas en la propia experiencia de siniestralidad. Esto supone un mayor conocimiento de los riesgos a cubrir, a la par que le permite ser competitivo en el negocio asegurador. **I**

BIBLIOGRAFÍA

Gómez Déniz, E.; Sarabia Alegría, J.M. *Teoría de la credibilidad: desarrollo y aplicaciones en primas de seguros y riesgos operacionales*. Madrid: FUNDACIÓN MAPFRE, 2008.

Peña Sánchez, I. *Métodos de tarificación con credibilidad en seguros colectivos*. Publicación ICEA, Febrero 2006, documento nº 185, 71-94.

Ibarra Alfaraz, J.A.; Monrobel Alcántara, J.R. *Tarificación y teoría de la credibilidad*.

