# *«El Seguro en la Moderna Teoría Financiera»*

***La aplicación de los modelos de valoración de activos financieros a los contratos de seguros presenta dos problemas de muy difícil solución. En primer lugar, el hecho de que los riesgos susceptibles de asegurarse tienen un carácter individual, que les hace ser diversificables desde la perspectiva de la empresa aseguradora, pero no desde el asegurado. En segundo lugar, ese carácter individual introduce una percepción diferente, desde asegurador y asegurado, de la verdadera magnitud del riesgo. Un análisis de ambas características peculiares del seguro, desde los modernos enfoques de valoración de activos financieros, constituye el objeto del presente artículo.***

**Finantz aktiboen balorazio-ereduak aseguru-kontratuei aplikatzeak, oso konponbide zaila duten bi arazo-mota sortzen ditu. Lehenik, aseguratzetik erator daitezkeen arrisku posibleek iraera indibiduala dutela eta horregatik dibertsifikagarriak direla enpresa aseguratzailearen ikuspegitik, baina ez aseguratuarenetik. Eta bigarren, izaera indibidual horrek arriskuaren benetako tamainaren ikusmolde diferentea sartzen duela aseguratzailearen eta aseguratuaren aldetik. Horregatik, aseguruaren bi ezaugarri berezi horiek finantz aktiboen balorazio-fokapen modernoetatik aztertzea litzateke artikulu honen gaia.**

*The use of financial asset valuation models in Insurance contracts originates two problems which are very difficult to solve. Firstly, the fact that insurable risks have an individual character which makes them diversificable from the perspective of the insurance company but not from the insuree's outlook. Secondly, that individual character introduces a different perception of the magnitude of the risk from the respective points of view of the insurer and insuree. The purpose of this article is to analyse both peculiar characteristics of insurance by means of modern financial asset valuation approaches.*

**Ángel Berges Lobera**
Catedrático de Economía Financiera y Contabilidad, U.A.M.
y Socio-Director de Analistas Financieros Internacionales, S.A.

**1. Introducción: Singularidad Financiera del Seguro**
**2. La Teoría de Carteras y la Empresa Aseguradora**
**3. Los Contratos de Seguro y la Teoría de Valoración de Opciones**
**4. El Seguro y la Información Asimétrica: el Problema de la Selección Adversa**
**5. Reflexiones Finales**
**Referencias Bibliográficas**

Palabras clave: Productos financieros, seguros.
Nº de clasificación JEL: G12, G22

## 1. INTRODUCCIÓN: SINGULARIDAD FINANCIERA DEL SEGURO

La justificación de la intermediación financiera basada en la diversificación de riesgos incurridos en la compra de activos financieros se pone de manifiesto de la forma más evidente en el caso de la empresa aseguradora. Y ello porque, por encima de las diferentes matizaciones, y la interdisciplinariedad que sin lugar a dudas cabe atribuir a la naturaleza del seguro, y de la empresa aseguradora, la cobertura de riesgos es su razón de ser fundamental.

En este sentido, la Asociación Americana de Riesgo y Seguro define a este último como "la actividad de compartir pérdidas fortuitas mediante la transferencia de tales riesgos a los aseguradores, que aceptan indemnizar por tales pérdidas, proveer otros beneficios pecuniarios cuando las mismas ocurren, o prestar servicios relacionados con el riesgo". Dicha definición lleva implícita una serie de características básicas del seguro, que pasamos a analizar, y para cuyo tratamiento analítico son aplicables con toda su generalidad algunas de las áreas de la moderna teoría financiera. Un sencillo ejercicio de adaptación de las mismas a la problemática del seguro constituye el objeto principal del presente artículo.

El primer elemento del seguro es el reparto, o diversificación, de las pérdidas incurridas por unos pocos, sobre la población total asegurada. Es decir, se trata de sustituir, a priori, la pérdida promedio de la colectividad, por la pérdida específica a que uno se pueda enfrentar. Dicha sustitución, o compartir de pérdidas, lleva implícito el agrupamiento de un elevado número de unidades expuestas homogéneamente al riesgo, de tal manera que puede aplicarse la ley de los grandes números para prever, con gran fiabilidad, la aparición de pérdidas futuras. Por consiguiente, si las pérdidas pueden preverse, el riesgo objetivo es considerablemente reducido, siendo ésta otra característica fundamental del seguro.

En general, la empresa aseguradora rara vez conoce la verdadera probabilidad de pérdida; las estimaciones de dicha probabilidad, así como de la severidad de la pérdida, deben basarse, por consiguiente, en la experiencia del pasado. Este sólo es buen predictor si existe un elevado número de unidades homogéneas expuestas al riesgo. La bondad predictiva, y en suma la reducción del riesgo objetivo, es de una importancia crucial para la determinación de la prima, de tal manera que ésta sea lo suficientemente amplia para cubrir las pérdidas realmente incurridas, pero también lo suficientemente reducida como para inducir a las unidades expuestas a suscribir el seguro.

Un segundo aspecto que emerge de la anterior definición de seguro, es que el mismo debe hacer frente tan sólo a pérdidas fortuitas, es decir aquellas que son totalmente inesperadas, y ocurren íntegramente por azar; no en cambio a pérdidas causadas de forma intencionada. En este sentido, la mencionada ley de los grandes números es aplicable tan sólo cuando las pérdidas ocurren de forma aleatoria.

Los otros dos elementos que quedan recogidos en la mencionada definición del seguro son la transferencia de riesgos y la indemnización. El primero significa que un riesgo puro —aquél que únicamente está expuesto a pérdidas— es transferido del asegurado al asegurador, que se encontrará en una posición financiera más fuerte que aquél para hacer frente a la pérdida. Indemnización, por su parte, se refiere a la compensación a pagar a la víctima de la pérdida cuyo riesgo fue asegurado.

Del análisis de los anteriores aspectos caracterizadores del seguro, surgen una serie de implicaciones para cuyo análisis es especialmente apropiada la moderna teoría financiera. En primer lugar, la idea de diversificación de riesgos hace especialmente atractivo, como marco metodológico para el análisis del seguro y la empresa aseguradora, la teoría de carteras y los modelos de equilibrio de ella derivados. Una sencilla adaptación de dicho enfoque financiero a la teoría del seguro es el objeto de la sección 2.

Dicha adaptación se encuentra limitada, sin embargo, por el carácter asimétrico de la empresa aseguradora que emana de que únicamente riesgos puros son asegurables. Estos, a diferencia del más genérico concepto de riesgo asociado a una medida de dispersión, son aquellos que se refieren únicamente a una posibilidad de pérdida.

Dicho tipo de riesgos es el único aceptable para una empresa aseguradora cuya función de diversificación de riesgos difiere, en consecuencia, de la implícita en la teoría de carteras, en la que se diversifican riesgos, tanto de perder, como de realizar rentabilidades extraordinarias, ejerciendo un cierto carácter compensador de unas y otras.

El consiguiente carácter asimétrico de la empresa aseguradora puede hacer especialmente atractivo, como enfoque metodológico para la misma, todo el cuerpo conceptual de la teoría de valoración de opciones, e instrumentos contingentes en general, pues son estrictamente hablando pasivos contingentes los que emite la empresa aseguradora a cambio de las primas que recibe: pasivos contingentes con la aparición del siniestro en cuestión. Una adaptación de la teoría de opciones a la empresa aseguradora es el objeto de la sección 3.

Ahora bien, probablemente el aspecto más peculiar de la actividad aseguradora, desde la perspectiva del análisis económico de la misma, sea el problema de la "selección adversa". Esta se plantea cuando las unidades expuestas al riesgo no son homogéneas en cuanto a dicha exposición; es decir, algunas unidades tienen mayores probabilidades que otras de sufrir la pérdida que se pretende asegurar. En tal caso existirá una tendencia natural a que las unidades con mayor probabilidad de pérdida suscriban seguros, y no lo hagan las unidades con menor probabilidad. Dicha tendencia, a su vez, implica que la pérdida efectivamente soportada por la empresa aseguradora será mayor que la esperanza matemática calculada en base a toda la población asegurable.

A menos que las empresas aseguradoras puedan discriminar, sin incurrir en costes elevados, entre asegurados con alto y con bajo nivel de riesgo, y en base a ello contrarrestar la mencionada tendencia a la selección adversa, puede producirse un círculo vicioso que desemboque en la práctica desaparición del contrato de seguro. Un análisis de dicho problema, en el marco de la teoría financiera de la información asimétrica, y con el modelo de preferencias tiempo-estado como esquema general de valoración, constituye el objeto de la sección 4.

## 2. LA TEORÍA DE CARTERAS Y LA EMPRESA ASEGURADORA

Dada, como mencionábamos en la sección anterior, la razón de ser fundamental de la empresa aseguradora que no es otra que la diversificación de los riesgos presentes en los asegurados, parece lógico utilizar, en el tratamiento analítico de la actividad del seguro, el marco conceptual desarrollado por la teoría financiera para abordar los riesgos en un contexto de diversificación, cual es el enfoque de carteras. De acuerdo con dicho enfoque, una cartera de valores diversificada entre diferentes activos financieros, permite obtener una más eficiente combinación entre rentabilidad esperada y riesgo que si se especializa en un activo financiero en particular.

Cuando el principio de la diversificación se lleva hasta su máximo grado, y bajo el supuesto de existencia de un activo financiero sin riesgo alguno, el modelo de carteras da lugar a lo que ha sido durante tres décadas el paradigma en cuanto a modelos de valoración de activos financieros con riesgo, el conocido Capital Asset Pricing Model (C.A.P.M.), según el cual la rentabilidad esperada de un determinado activo financiero i, debe llevar una prima, con respecto a la rentabilidad del activo sin riesgo, que es únicamente atribuible a su "riesgo sistemático", medido por su sensibilidad a movimientos en la cartera de mercado ($r_m$), que integra a todos los activos financieros existentes en el mercado. Es decir:

$$E(r_i) = r_f + \beta_i\,[E(r_m) - r_f] \qquad [1]$$

donde:

$$\beta_i = \frac{\operatorname{cov}(r_m, r_i)}{\operatorname{var}(r_m)}$$

es el mencionado riesgo sistemático del título i.

El mensaje básico del modelo CAPM es que, en la medida en que los inversores pueden —y, de acuerdo con la hipótesis de comportamiento racional, así lo hacen— diversificar eficientemente sus carteras, todo componente de riesgo diversificable puede ser eliminado, por lo que tan sólo el riesgo sistemático o no diversificable, debe ser objeto de valoración en el mercado.

La aplicación del modelo CAPM a la actividad aseguradora requiere simplemente analizar una póliza de seguro desde su vertiente de activo (o pasivo) financiero. En el primer caso, desde la perspectiva del asegurado, la suscripción de una póliza de seguro le supone realizar una inversión, por el importe *($P_o$)* de la prima, a cambio de la cual obtendrá una indemnización *I* si ocurre el siniestro, y no obtendrá nada si el mismo no ocurre. La "rentabilidad" esperada de su inversión puede, por tanto, expresarse como:

$$E(r_s) = \frac{q \cdot I + (1-q) \cdot 0}{P_o} - 1 = \frac{E(L)}{P_o} - 1 \quad [2]$$

siendo q la probabilidad de que se produzca el siniestro. *E (L)* es el valor esperado de la indemnización a obtener.

En el contexto del modelo CAPM, dicha rentabilidad esperada para el asegurado s debe cumplir la relación (1) anterior, es decir:

$$E(r_s) = r_f + \beta_s [E(r_m) - r_f] \quad [3]$$

De [2] y [3] se deduce:

$$P_o = \frac{E(L)}{(r_f) + \beta_s [E(r_m) - r_f]} \quad [4]$$

es decir, la prima a pagar, para que al "inversor" le resulte atractivo suscribir una póliza, debe ser igual al valor esperado de la indemnización a obtener, *E (L),* descontada a un tipo de interés igual al libre de riesgo, más una prima en función del riesgo sistemático del asegurado s.

Desde la perspectiva de la empresa aseguradora, por su parte, la "rentabilidad" de una póliza es justamente la contraria a la del inversor-asegurado, por cuanto dicha póliza es un pasivo financiero para la empresa. Cada póliza *s*, por consiguiente, genera a la aseguradora una rentabilidad esperada de:

$$-r_f - \beta_s [E(r_m) - r_f]$$

Ahora bien, como la compañía asegura a múltiples inversores/asegurados, su cartera de pólizas de seguros agregada generará una rentabilidad esperada de

$$E(r_p) = -r_f - \beta_p [E(r_m) - r_f] \quad [5]$$

donde

$$\beta_p = \sum_{s=1}^{N} \beta_s \cdot \frac{P_{o,s}}{P_o}$$

y, a su vez,

$$P_o = \sum_{s=1}^{N} P_{o,s}$$

es la suma de las pólizas de seguro vendidas a los asegurados s=1 ...N

La expresión [5] define, por tanto, la rentabilidad esperada, desde la perspectiva de la empresa aseguradora, de las pólizas que vende a los asegurados s=1 ...N, y que será función del riesgo sistemático agregado de estos, medido por la media ponderada de sus respectivos

$\beta_s$

La empresa, a su vez, llevará a cabo una política de inversiones para rentabilizar tanto el importe de las pólizas que percibe, como sus recursos propios, que denominaremos *V.*

Tomando de nuevo el CAPM como referencia, la inversión de dichos activos totales de la empresa aseguradora generará una rentabilidad esperada que será tanto mayor como lo sea el riesgo sistemático de la cartera de inversiones en que se materialicen dichos activos:

$$E(r_a) = r_f + \beta_a [E(R_m - r_f] \quad [6]$$

Considerada globalmente como la suma de una actividad de venta de pólizas (emisión de pasivos) y de inversión de los activos respaldados tanto por dichos pasivos como por los recursos propios, la empresa aseguradora genera una rentabilidad sobre recursos propios de: (1)

(1) Esta expresión lleva implícita una hipótesis de trabajo —de hecho en todo el desarrollo hasta aquí realizado— en el sentido de que todas las indemnizaciones por siniestros ocurren al término del período.

$$r_e = \frac{r_a\,(P_o + V) + r_p \cdot P_o}{V} \qquad [7]$$

Denominando m = $P_o$ / V, ratio multiplicador, o de apalancamiento, de la actividad aseguradora respecto de los recursos propios, [7] se convierte en:

$$r_e = r_a\,(1 + m) + r_p \cdot m \qquad [8]$$

Aplicando de nuevo el esquema del CAPM, la rentabilidad esperada de una empresa aseguradora puede expresarse como

$$E\,(r_e) = r_f + \beta_e\,[E\,(r_m) - r_f] \qquad [9]$$

donde, de acuerdo con [7]:

$$\beta_e = \beta_a\,(1 + m) + \beta_p \cdot m$$

Más allá de la consistencia de las expresiones anteriores, cabe sin embargo, cuestionar cuál es la relevancia de la expresión [9], así como su utilidad, especialmente en un sentido normativo. Hay que reconocer que dicha expresión, así como la desarrollada para el cálculo de la prima en [4], descansa, en última instancia, en una forma de medición del riesgo diferente de las adoptadas en la literatura actuarial, que generalmente utiliza alguna función de la varianza, o desviación típica, de los pagos o prestaciones a realizar por la empresa aseguradora. La lógica en el modelo CAPM, basado en la teoría de carteras, descansa en que sólo el riesgo sistemático es importante, pues todo riesgo no sistemático puede ser eliminado, mediante diversificación, por el inversor a título particular.

La mera intuición lleva a pensar que dicho razonamiento no es válido para los contratos de seguro, pues si la diversificación de riesgos por los inversores pudiera llevarse a cabo sin fricciones o coste de transacción alguno, no existiría necesidad de empresas aseguradoras, ni en general intermediarios financieros de uno u otro tipo.

Dicha intuición alcanza su máxima expresión, entre los varios intermediarios financieros, precisamente en la empresa aseguradora. Esta basa su existencia en el "pool" o diversificación de riesgos de sus asegurados. Pero, contrariamente a lo ocurrido con la compra de activos financieros por inversores, el riesgo que el inversor-asegurado trata de evitar al suscribir un contrato de seguro, tiene una evidente naturaleza particular (2), lo que imposibilita cualquier intento de diversificación a título individual por parte del inversor.

Utilizando la terminología del CAPM, y en particular la expresión [3] utilizada para el cálculo de la prima $P_o$, esa especialización del seguro en la cobertura de riesgos puramente particulares se traduce en que el riesgo sistemático de la póliza suscrita por un asegurado ($\beta_s$), y por supuesto el de la cartera de pólizas vendidas por una empresa aseguradora ($\beta_p$) son nulos (3). En tal caso, y siempre según la expresión [3], la prima $P_o$ deberá ser igual al valor esperado de la indemnización, descontado a la tasa de interés libre de riesgo. Es decir, se elimina, del cálculo de la póliza, toda alusión al riesgo, que es sin duda alguna la razón de ser del seguro.

La "paradoja" de un resultado semejante ilustra la dificultad de aplicar el CAPM, en su versión más pura, en la valoración de póliza de seguros como si fuesen activos financieros.

Mayers-Smith (1983) y Doherty (1984) llevan a cabo un intento de salvar al

(2) Salvo en los casos de seguros contra riesgos de tipo catastrófico, como terremotos, etc.

(3) En términos intuitivos, puede afirmarse que el hecho de que la cartera de mercado $R_m$ genere mayor o menor rentabilidad, no afecta lo más mínimo a la probabilidad de que un asegurado registre un incendio, o sufra un accidente de automóvil, o cualquier otro tipo de siniestro personal.

CAPM en su intento de aplicabilidad en la actividad aseguradora. Para ello introducen, junto al conjunto de activos financieros negociables, en los que es posible invertir y desinvertir, un conjunto de activos no negociables, entre los que podría incluirse el capital humano específico de cada inversor. En tal caso, contrariamente al CAPM tradicional, en el que la cartera eficiente es única para todos los inversores, el modelo ampliado incorporaría una segunda cartera eficiente compuesta de activos no negociables, con una naturaleza específica de cada inversor, y que definiría unos riesgos sistemáticos, aparte de los referidos a la cartera de mercado, que deberían ser objeto de valoración en el binomio riesgo/rentabilidad esperada.

Dicho desarrollo del CAPM, sin duda elegante desde un punto de vista teórico, tiene nula aplicación empírica, por cuanto supone retornar a la consideración de riesgo a nivel de cada inversor/asegurado, con los problemas que ello plantea, y que analizaremos en profundidad en la sección 4. Previamente, sin embargo, puede ser interesante analizar la aplicabilidad al seguro del nuevo paradigma en el ámbito de la valoración de activos financieros, cual es la teoría de valoración de opciones.

## 3. LOS CONTRATOS DE SEGURO Y LA TEORÍA DE VALORACIÓN DE OPCIONES

La teoría de valoración de opciones tiene la gran virtualidad, por encima del instrumento específico a que se refiere, de ser aplicable a todo instrumento o contrato financiero cuya función de resultados depende de la evolución de algún otro activo primario. Es por ello que a la mencionada teoría se le conoce también como de valoración de activos financieros contingentes.

Probablemente es en los contratos de seguro donde con más claridad se pone de manifiesto el carácter de activos contingentes, pues la función de pagos por la compañía aseguradora al inversorasegurado, es contingente con la ocurrencia o no del siniestro objeto del aseguramiento. Por consiguiente parece apropiado aplicar la mencionada teoría de valoración de opciones a los contratos de seguros, de cara a determinar la prima a pagar.

Para conceptualizar el contrato de seguro en la teoría de opciones, considérese, como ejemplo de aquel, un inversor-asegurado, que posee un activo (por ejemplo, un edificio), y quiere asegurarlo contra algún riesgo de incendio u otro daño. Por dicha razón suscribe un contrato de seguro, por el que paga una prima P en el momento inicial, de firma del contrato. Al mismo tiempo, en dicho momento queda fijado, y documentado en el contrato, el valor asegurado del activo en cuestión, que denominaremos *V*.

El objetivo de la valoración de contratos de seguros es el de derivar una función para la prima *P*, sujeta a la evolución del valor del activo asegurado *X,* que puede suponerse se comporta de forma aleatoria en el tiempo. Dado que el contrato de seguro es válido tan solo para un período determinado de tiempo, el valor de la prima *P* debe depender también de la variable *T,* que mide el plazo restante del contrato de seguro. De hecho, para simplificar la aplicación de la teoría de opciones, puede suponerse sin pérdida de generalidad, como ya hicimos en la sección anterior, que el pago de las prestaciones del contrato de seguro tiene lugar de una sola vez al vencimiento del mismo.

Es fácil determinar el valor del contrato en su fecha de expiración, es decir, cuando T=0, pues en dicho momento sólo caben dos posibles estados de la naturaleza: que ocurra siniestro o que no. Si ha ocurrido siniestro, provocando una pérdida en el valor del activo *X,* éste será menor que el valor asegurado *V,* de tal manera que la empresa aseguradora debe pagar la diferencia *V* - *X* al inversor-beneficiario del contrato. En el segundo estado de la naturaleza no existe siniestro, ni pérdida en *X* respecto a *V,* por lo que no debe pagar nada la empresa aseguradora. Por consiguiente, la expresión del valor de la prima P (X,T) en T=0 será:

$$P\,(X, 0) = \max\,(V - X, 0) \qquad [10]$$

Dicha función de pago en la fecha de vencimiento es idéntica a la que se presenta en una opción Put (opción de venta) del tipo europeo. Es en dicha correspondencia isomórfica entre el contrato de seguros y la opción Put Europea en lo que se inspiró Merton (1977) y posteriormente Mayers-Smith (1982) para aplicar la teoría de valoración de opciones al tipo específicamente ejemplificado de contrato de seguro.

Si dicha correspondencia se supone también existente para cualquier período anterior al vencimiento, la formula de valoración de la prima debería ser igual a la solución de la teoría de opciones para una Put de tipo Europeo, es decir:

$$P\,(X, T) = V \cdot e^{-rt}\,N\,(d_1) - X \cdot N\,(d_2) \quad [11]$$

donde:

$$d_1 = \frac{l_n\,(V/X) - T\,(r - \sigma^2/2)}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

siendo *r* el tipo de interés sin riesgo, y $\sigma^2$ la varianza de las oscilaciones en *X,* valor del activo objeto del contrato de seguro.

Desde un punto de vista práctico, sin embargo, dicho modelo de valoración presenta una serie de deficiencias, la primera de las cuales se refiere a lo específico del contrato de seguro modelizado, que podría catalogarse de seguro a fecha fija. Es decir, el pago por la ocurrencia del siniestro debe realizarse en una fecha fijada de antemano, en el momento de la suscripción del contrato.

Junto a dicha debilidad, que podría catalogarse de tipo técnico, existe otra más importante, de carácter económico. El modelo de valoración de opciones desarrollado por Black-Scholes y Merton, que da origen a la fórmula de valoración [11], descansa sobre un argumento de arbitraje que requiere la aplicación del principio de cobertura. Es decir, combinar la tenencia del activo primitivo, sobre el que la opción está denominada, con la de dicha opción, mediante un ratio de cobertura que cambia de forma continua para asegurar que la pérdida incurrida en una de las dos posiciones (el activo o la opción) sea exactamente compensada por una ganancia en la otra posición.

Dicho ajuste instantáneo del ratio de cobertura descansa en la existencia de precios de mercado tanto para el activo en cuestión, como para la opción sobre el mismo, lo cual indudablemente no es el caso en los contratos de seguros, especialmente frente a riesgos de tipo particular, que son los más habituales.

Antes bien, la base fundamental de la industria del seguro es la de diversificación a ultranza, con el objetivo de asegurar el mayor número posible de riesgos, de naturaleza independiente entre sí, de tal manera que el riesgo total de la cartera de seguros, para la empresa aseguradora, es virtualmente cero, contrariamente a la teoría de carteras, y de valoración de opciones, donde persiste el riesgo sistemático de los títulos.

En el caso de los más puros riesgos asegurables, puede por consiguiente aceptarse como válido el conocido principio del seguro de que:

$$\lim (\mathrm{Var}C) = 0$$

donde:

$$\mathrm{Var}(C) = \sum_{i=1}^{n} w_i^2 r_i^2 + \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} w_i w_j \sigma_{ij}$$
$$i \neq j$$

los pesos $w_i$, i=1... representan la proporción que representa cada riesgo asegurado, sobre la cartera total de la empresa aseguradora; $\sigma_i^2$ es la varianza implícita en el contrato i; $\sigma_{ij}$ la covarianza entre los contratos *i* y *j*, que en el caso de máxima diversificación se hace cero.

En tal caso de máxima diversificación Schöbel (1985) obtiene la siguiente fórmula de valoración para la prima por riesgo:

$$P(X, T) = V \cdot e^{-rt} N(d_1) - X \cdot e^{(m-r)} T \cdot N(d_2)$$

$$d_1 = \frac{l_n (V/X) - (m - \sigma^2/2) T}{\sigma\sqrt{T}} \qquad [12]$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

donde m es la media, expresada en términos de composición continua, de la distribución estadística de variaciones en el valor *X,* del activo asegurado.

Dicha expresión [12] es muy similar a la [11] resultante de aplicar el modelo Black-Scholes, con una pequeña diferencia: la media m juega ahora parte del papel que en dicho modelo jugaba exclusivamente el tipo de interés sin riesgo. De hecho, la expresión [11] puede considerarse como un caso particular de la más general [12]; concretamente, para la hipótesis de neutralidad ante el riesgo, en cuyo caso m=r, y ambas expresiones [11] y [12] obtienen el mismo valor para la prima de seguro P(X, T).

Un análisis más detallado del seguro, y en particular de su aceptación tan sólo de riesgos "puros", hace especialmente relevante la anterior distinción entre el tipo de interés sin riesgo y la media *m* de las variaciones en el valor *X* del activo asegurado. Concretamente los riesgos contra los que el seguro trata de defender no son los de variación en el valor de mercado de *X* causados por un mayor o menor atractivo relativo del activo en cuestión, como era el caso en la teoría de valoración de opciones. Antes bien el riesgo a asegurar es la pérdida de valor producida por un siniestro, que afecta únicamente al activo asegurado (edificio, automóvil, etc.) y no a otros activos similares sobre los que no se ha producido siniestro.

Es por ello que adopta una especial relevancia el parámetro *m,* indicativo de la media aritmética de los siniestros a incurrir por toda la cartera de activos asegurados. Esa especial relevancia de m otorga, a su vez, una importancia crucial a la posible distinción entre población total potencialmente asegurable, que es la que la empresa aseguradora toma probablemente como referencia para la estimación de *m,* y la población efectivamente asegurada, que puede redundar en un *m* muy diferente, y probablemente más perjudicial para la compañía.

Ello nos conduce a abordar el denominado problema de la selección adversa en el negocio del seguro, al que dedicamos la siguiente sección.

## 4. EL SEGURO Y LA INFORMACIÓN ASIMÉTRICA: EL PROBLEMA DE LA SELECCIÓN ADVERSA

La información asimétrica y los problemas de "azar moral" y "selección adversa" que la misma plantea se han erigido en uno de los pilares fundamentales de la teoría financiera en su vertiente contractual.

La aplicación de dicho enfoque de la teoría financiera a los contratos de seguros tiene una especial relevancia, habida cuenta de la información asimétrica que generalmente tienen asegurador y asegurado, respecto a la siniestralidad particular de este último, que, sin duda, difiere de la siniestralidad media de la población asegurada, que forma la base de cálculo de las primas por las compañías aseguradoras.

Con el marco analítico basado en la teoría de la utilidad y el modelo de preferencias tiempo-estado, Rotschild y Stiglitz (1976) demuestran que, si se elimina la hipótesis de homogeneidad de los clientes, en cuanto a probabilidad de siniestro se refiere, puede imposibilitarse la existencia de equilibrio en el mercado del seguro, a menos que la empresa aseguradora sea capaz de discriminar fácilmente entre dichos clientes.

Para un análisis de dicho problema puede ser útil tomar como marco conceptual el modelo de preferencias tiempo-estado. En dicho modelo, el problema general del seguro puede plantearse en términos de un individuo, con un patrimonio *M,* y que se enfrenta al riesgo de sufrir una pérdida *L,* en cuyo caso su renta disponible quedaría en M-L. Es decir, su vector de renta en el conjunto de estados de la naturaleza (uno sin siniestro y otro con siniestro) sería:

$$(M, M-L)$$

Dicho individuo puede asegurarse, pagando una prima $P_0$, a cambio de la cual recibirá una indemnización / si ocurre el siniestro que provoca la pérdida *L.* Con seguro, su vector de renta en los dos estados de la naturaleza sería:

$$(M - P_0, M - L + E)$$

donde $E = I - P_0$, es decir el "exceso" de la indemnización recibida, sobre la prima pagada (4). El vector $\alpha = (P_0, E)$ describe completamente el contrato de seguro elegido.

El equilibrio en el mercado del seguro, y con él la formación del vector a de precio del mismo, se obtiene de la confluencia de oferta y demanda de seguro. Esta última surge de agentes económicos que tratan de modificar su perfil de renta en los diferentes estados de la naturaleza, como se ha puesto de manifiesto anteriormente.

Denominando $M_1$ al patrimonio obtenido por el agente económico en cuestión si no ocurre siniestro, y $M_2$ al patrimonio si ocurre siniestro, podemos expresar la utilidad esperada de dicho agente como la media, ponderada por las probabilidades de ocurrencia, de las utilidades a obtener de dichos patrimonios en sus correspondientes estados de la naturaleza; es decir:

$$U(q, M_1, M_2) = (1 - q)\, V(M_1) + qV(M_2) \qquad [13]$$

donde U(.) representa la utilidad de la renta en cuestión; *q* la probabilidad de siniestro; y V el valor económico, en términos de utilidad esperada, del perfil de rentas a que se enfrenta el agente económico.

En este sentido, el valor económico de un contrato de seguros caracterizado por el vector $\alpha = (P_0, E)$ viene dado por:

$$V(q,\alpha) = V(q, M - P_0, M - L + E)$$

El individuo elegirá aquel contrato de seguro que maximice su V(q, a); y dado que tiene la opción de no asegurarse, solamente elegirá esto último si ello le reporta un valor económico mayor que el escenario base sin seguro, es decir si:

$$V(q, \alpha) > V(q, 0) = V(q, M, M-L)$$

En cuanto a la oferta de seguros, ésta se genera, por parte de las empresas aseguradoras, en base a un comportamiento que puede suponerse

(4) Para simplificar la nomenclatura, denominaremos E, exceso de indemnización sobre prima ($E = I - P_0$) como indemnización neta.

maximizador del beneficio esperado (5). Dicho beneficio esperado, para un contrato de seguro a = ($P_0$, E), vendido a un individuo que tiene una probabilidad q de siniestro, viene dado por:

$$B(q, \alpha) = (1-q) \cdot P_0 - q \cdot E = P_0 - q(P_0 + E) \qquad [14]$$

Suponiendo, por otra parte, competencia perfecta entre empresas aseguradoras, e inexistencia de barreras de entrada, permite generalizar que todo contrato que sea demandado por un cliente, y que genere un beneficio esperado positivo, será efectivamente suministrado por alguna empresa.

El Gráfico n.° 1 ilustra la representación del equilibrio en el mercado del seguro. Los ejes $M_1$ y $M_2$ representan respectivamente la renta (o patrimonio) del asegurado en los dos estados posibles de la naturaleza: no siniestro y siniestro. El punto N, con coordenadas ($M_1$, $M_2$) representa la situación típica de un individuo sin seguro. La suscripción de una póliza de seguro a = ($P_0$, E) permite a dicho individuo desplazarse desde N hasta el punto ($M_1P_o$, $M_2$ + E).

Por otra parte, la anterior hipótesis de competencia perfecta implica que, en equilibrio, el beneficio esperado de cualquier contrato será cero, es decir:

$$P_0(1-q) - E \cdot q = 0 \qquad [15]$$

El conjunto de dichos contratos en el límite (es decir, con beneficio esperado nulo) que dicha expresión [15] resume, pueden representarse por la línea NS, conocida como *línea de equivalencias actuariales,* en el Gráfico n.° 1 La póliza $\alpha$* es, de todas las pertenecientes a dicha línea, la que maximiza la utilidad esperada del individuo, y por tanto la que define el precio de equilibrio en el mercado.

(5) Esta suposición es consistente con el principio básico del seguro discutido en las secciones anteriores, según el cual la diversificación de riesgos en las empresas aseguradoras hace irrelevante a dicho parámetro en la función de valoración de las mismas.

La interpretación de dicha póliza es de gran interés en términos de la función de utilidad. En primer lugar, dado que los clientes de la empresa aseguradora son adversos al riesgo, la póliza óptima $\alpha$* se sitúa en la línea diagonal entre $M_1$ y $M_2$, lo que les garantiza igual renta (o patrimonio) sea cual sea el estado de la naturaleza; es decir, elimina, mediante seguro, sus riesgos al completo, no dejando riesgo alguno sin asegurar.

Por otra parte, dicha póliza $\alpha$* se encuentra también en la línea NS de equivalencias actuariales. En este sentido, es interesante recordar de [15] que la pendiente de dicha línea NS es igual al ratio entre la probabilidad de no sufrir siniestro, y la probabilidad de sufrirlo, es decir, (1-q)/q.

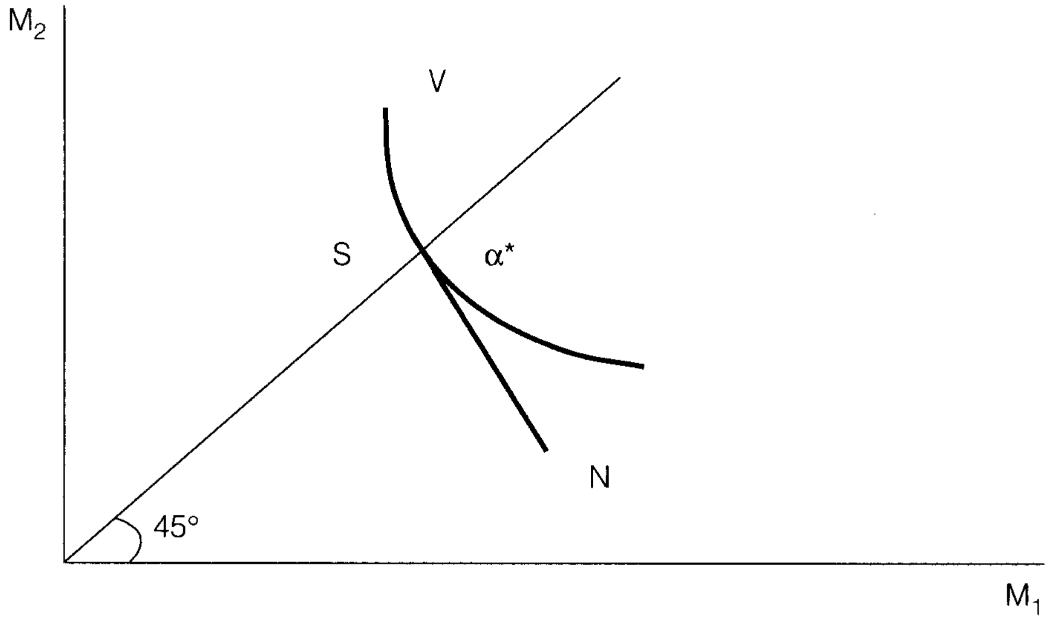
Dicha póliza $\alpha$*, finalmente, se encuentra en el punto de tangencia entre la curva de indiferencia del cliente y la línea de equivalencias actuariales. La pendiente de dicha curva de indiferencia es:

$$\frac{V'(M_1)(1-q)}{V'(M_2) \cdot q}$$

que, en el caso de $M_1 = M_2$, como es el caso de la línea diagonal, se convierte en (1 - q), al igual que la pendiente de la línea de equivalentes actuariales.

Una vez establecido el marco conceptual del seguro en el modelo de preferencias tiempo-estado, retomamos la cuestión de la selección adversa provocada por la información asimétrica entre asegurador y asegurado. Para ello considérese una situación hipotética en la que existen dos tipos de clientes A y B, que podrían catalogarse de alto y bajo nivel de riesgo, de tal manera que sus

Gráfico n.° 1




probabilidades de sufrir siniestro son $q_A$ y $q_B$ ($q_A > q_B$). Denominando λ a la proporción de individuos de alto riesgo (tipo A) en la población total susceptible de ser asegurada, la probabilidad de siniestro a que presumiblemente se enfrentaría una empresa aseguradora que ofrezca un contrato homogéneo (es decir sin discriminar por tipos de clientes), vendrá dada por:

$$q = \lambda . q_A + (1 - \lambda) q_B \qquad [16]$$

donde, como es obvio, se produce que $q_A > q > q_B$. En cuyo caso, y bajo los supuestos anteriormente utilizados de competencia en el mercado e inexistencia de barrera de entrada, el contrato de seguro a ofrecer se caracterizaría, en equilibrio, por:

$$P_0 (1 - q) - E \cdot q = 0 \qquad [17]$$

donde $P_0$ y E son, como se introdujo anteriormente, la prima a pagar, y el exceso de la indemnización sobre la prima, en caso de que se produzca el siniestro (estado 2). Dicha condición refleja la equivalencia actuarial de ambos flujos $P_0$ y E, con sus probabilidades de aparición, es decir:

$$\frac{E}{P_0} = \frac{1 - q}{q} \qquad [18]$$

Lo que resulta obvio, por otra parte, es que dicha equivalencia actuarial no es igualmente atractiva para ambos tipos de individuos A y B. Dada la desigualdad $q_A > q > q_B$, podemos plantear otra equivalente, en términos de [18] como:

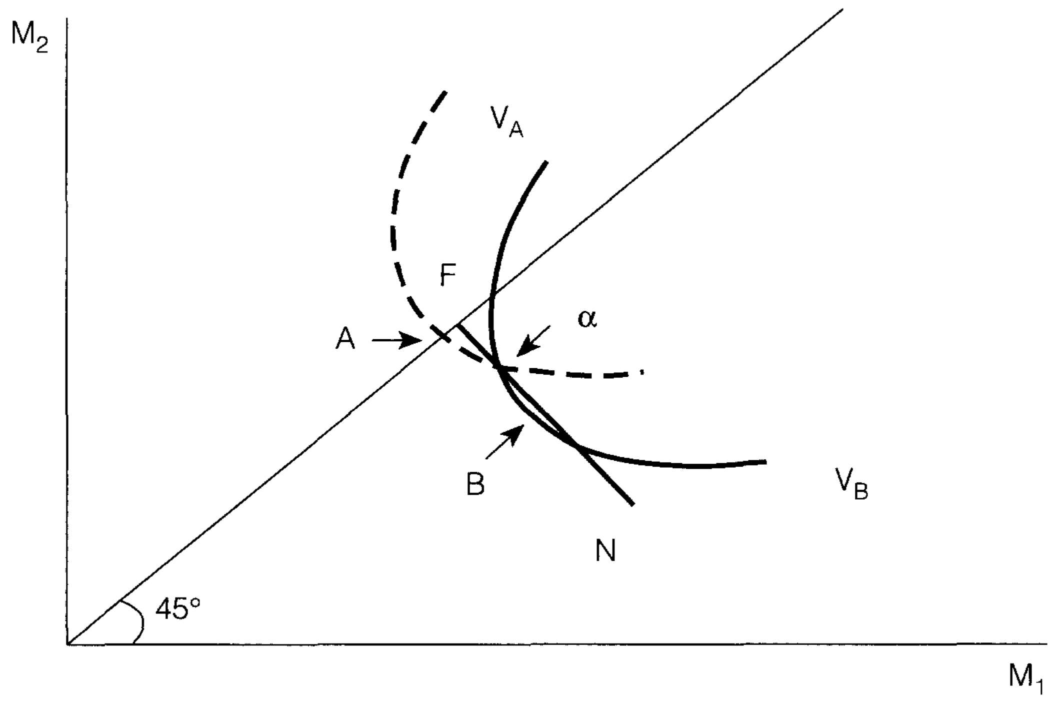
$$\frac{1 - q_A}{q_A} < \frac{E}{P_0} < \frac{1 - q_B}{q_B} \qquad [19]$$

que ilustra intuitivamente cómo una póliza que ofrece una indemnización neta E en base a una prima $P_0$ es más atractiva para clientes de alto riesgo (A) que para clientes de bajo riesgo (B). Dicha situación puede ilustrarse gráficamente, en términos de curvas de indiferencia, como en el Gráfico n.° 2. La curva de indiferencia de los clientes tipo A es mucho más propensa a asegurarse (es decir, a situarse en la diagonal entre $M_1$, y $M_2$) que la de los clientes tipo B. El contrato de seguro aparentemente de equilibrio, $\alpha$, es el que resulta de la intersección de ambas curvas de indiferencia de A y de B, y con la línea NS de equivalencias actuariales en base a la probabilidad media de siniestro *q.* Ahora bien, dicho contrato está lejos de suponer un equilibrio, en el sentido de no dejar ofertas y demandas insatisfechas. En particular, supone un menor grado de aseguramiento del que sería deseado por individuos tipo A (cuyo óptimo particular se hallaría en A), y un mayor grado de aseguramiento que el deseado por los clientes B (cuyo óptimo particular estaría en B).

En términos intuitivos, una póliza común para ambos tipos de clientes A y B provoca, como se ha mencionado, un mayor incentivo para asegurarse a los primeros que a los segundos. Si ello es así, la empresa aseguradora se encontrará con una proporción de clientes tipo A mayor que la existente en la población susceptible de ser asegurada, y por lo tanto con una probabilidad media de siniestro mayor que la probabilidad media de la población, *q.*

En la medida en que la empresa aseguradora responda a dicha mayor siniestralidad reduciendo el ratio $E/P_0$, todavía reduce más el atractivo de los clientes tipo B a asegurarse, lo cual a su vez incrementa todavía más la probabilidad de siniestro a que se enfrenta la compañía. El círculo vicioso que tal selección adversa provoca desembocaría, en el límite, en una situación en la cual tan solo los clientes tipo A suscribirían seguro, siendo su particular póliza de equilibrio parcial $\alpha_A = (P_0^A, E^A)$ tal que:

Gráfico n.° 2



$$\frac{E^A}{P_0^A} = \frac{1 - q_A}{q_A}$$

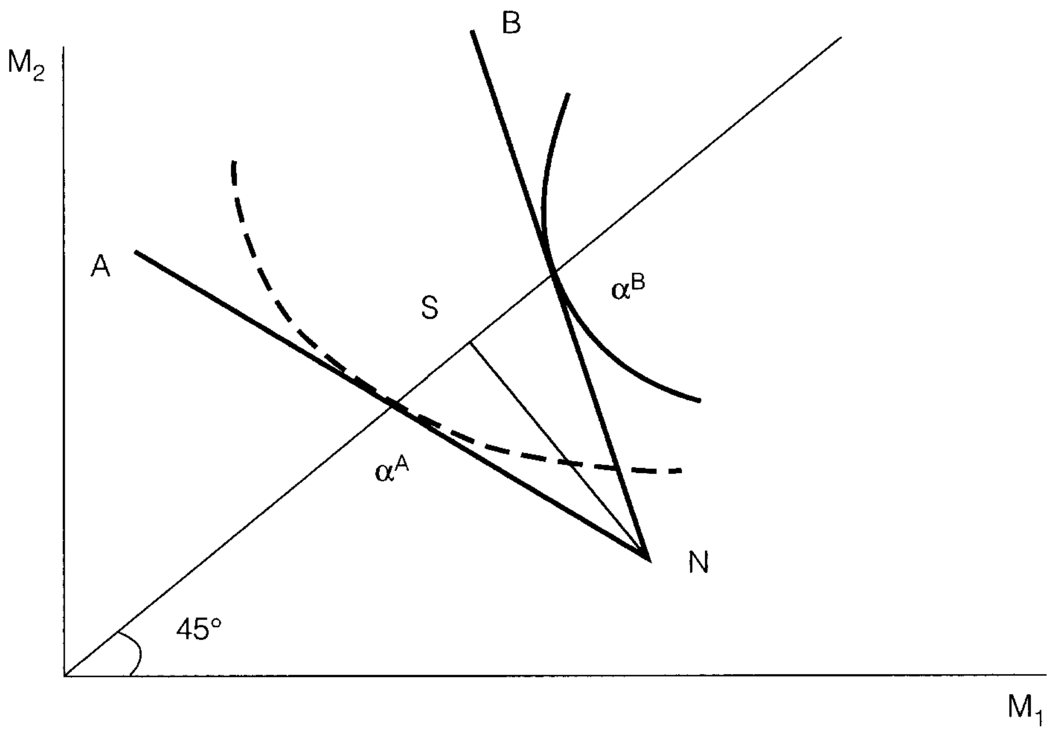
mientras que no existiría contrato de seguro de equilibrio para los clientes tipo B.

Si este no fuese el caso, y la empresa aseguradora comercializase dos tipos de pólizas, $\alpha_A$ y $\alpha_B$ ambas deberían, lógicamente, recoger las diferentes probabilidades de siniestro en ambos tipos de clientes, lo que se representa por dos diferentes líneas de equivalencia actuarial NA y NB en el Gráfico n.° 3. Ahora bien, si existe información asimétrica, y la compañía es incapaz de discriminar entre clientes de tipo A y tipo B, todos ellos demandarán el contrato $\alpha^B$, lo que haría incurrir en pérdidas a la empresa aseguradora.

La solución debe pasar por una activa política de evaluación de solicitudes de seguro, al objeto de intentar discriminar entre clientes tipo A y B, y ofrecerles las diferentes pólizas $\alpha_A$ y $\alpha_B$. Pero cuanto mayor sea el atractivo relativo de la segunda sobre la primera, más incentivo tendrán los clientes de alto riesgo para enmascarar su verdadera naturaleza, lo que obligará a una más activa política evaluadora por la entidad. Ello supone, sin embargo, incurrir en costes de evaluación que, en un mercado competitivo deben ser repercutidos a los clientes vía un ratio $E/P_0$, más reducido, lo que profundiza adicionalmente en un menor atractivo para clientes tipo B a asegurarse, y con ello intensifica la labor de evaluación de riesgos, abocándose de nuevo a un círculo vicioso.

En suma, como Rotschild-Stiglitz reconocen, la mera existencia de individuos de alto riesgo ejerce una

Gráfico n.° 3



externalidad negativa sobre los de bajo riesgo. Y, lo que es peor, dicha externalidad es completamente disipativa: los clientes de alto riesgo provocan pérdidas de bienestar a los de bajo riesgo, pero ellos a su vez no se benefician de dicha situación. La única solución posible a dicha situación, de clara suboptimalidad paretiana, sería que los primeros admitiesen "de motu propio" su mayor probabilidad de siniestro.

## 5. REFLEXIONES FINALES

Los modelos más paradigmáticos de valoración de activos financieros —el Capital Asset Pricing Model, y el Modelo de Valoración de Opciones— presentan unos problemas irresolubles —al menos en cuanto a aplicación práctica— de cara a su extensión al análisis de valoración de contratos de seguros. El fondo del problema radica en el *carácter particular* de los riesgos que se trata de valorar en los contratos de seguros, frente a un carácter más o menos generalizable —o cuando menos referenciable a un riesgo genérico— latente en los activos financieros negociables.

Si ya de por sí el carácter particular de los riesgos plantea problemas en el seguro, dichos problemas se acrecientan de forma espectacular al considerar que la percepción de esos riesgos son muy diferentes según se realicen desde la perspectiva del asegurado —quien mejor conoce "su riesgo particular" —o desde la perspectiva de la empresa aseguradora— quien, como mucho, sólo puede percibir los riesgos "agregados" de un amplio colectivo de asegurados.

Conscientes del enorme potencial desestabilizador que tal asimetría de información tiene sobre la actividad del seguro —en la sección 4 hemos visto cómo, en el límite, puede conducir a una virtual desaparición de la misma— las compañías de seguros intentan continuamente diseñar esquemas que, con un coste reducido, permitan la máxima discriminación "a priori" entre los riesgos particulares de los diferentes asegurados.

En este sentido cabe considerar la clasificación, especialmente utilizada en el ramo de automóviles, de los asegurados en función de su pertenencia a grupos objetivables con riesgos más o menos homogéneos. Dicha solución, si bien corrige parcialmente el problema de selección adversa, no lo elimina, por cuanto el mismo permanece dentro de cada grupo, o incluso entre grupos, de forma ampliada. Por ejemplo, un asegurado que se autopercibe de bajo riesgo, pero que por circunstancias ajenas a él mismo se halla encuadrado en un grupo de alto riesgo, resulta más penalizado que si no se hubiese realizado la clasificación por grupos, por lo que su incentivo a no asegurarse será todavía mayor.

Otra modalidad ampliamente extendida —especialmente en el de autos, probablemente el más proclive a la "selección adversa"— es el de la introducción de mecanismos correctores sobre las primas a pagar en períodos posteriores, en función de la siniestralidad registrada previamente. Este tipo de corrección "ex-post" también presenta, en cualquier caso, importantes limitaciones. Desde el punto de vista de una empresa aseguradora, el primer período de seguro no cuenta con esa capacidad de medición ex-post. Y desde el punto de vista del sector asegurador en su conjunto, ese "primer período" puede perpetuarse en tanto en cuanto haya diferentes compañías con las que asegurarse, y las mismas no se informen mutuamente, y con credibilidad, de la medición "ex-post" del riesgo de los diferentes asegurados.

Ahora bien, en tanto en cuanto en un mercado competitivo la información sobre las características particulares de los clientes tiene un valor estratégico, como para ser objeto de libre intercambio entre compañías, cabe albergar ciertas dudas sobre la total credibilidad de esquemas de información cruzada como forma de evitar los problemas de "selección adversa".

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**


BIGER, N y KAHANE, Y. (1978). Purchasing Power, Risk and the Perfomance of Non-Life Insurance Companies. *Journal of Risk and Insurante,* Junio, pp. 243-256.

BLACK, F. y SCHOLES, M. (1973). The Pricing of Options and Corporate Liabilities. *Journal of Political Economy,* núm. 81, Mayo, pp. 637-654.

DOHERTY, N. (1980). A Portfolio Theory of Insurance Capacity. *Journal of Risk and Insurance,* pp. 405-420.

GOPPL, H.; HENN, R. (1985). *Geld-Banken und Versicherungen.* Verlag, Karlsruhe.

HILL, R. (1979). Profit Regulation in Property-Liability Insurance. *Bell Journal of Economics,* núm. 10, 1979, pp. 172-191.

MERTON, R.C. (1973). The Theory of Rational Option Pricing. *The Bell Journal of Economics and Management Science,* primavera, pp.141-183.

MYERS, S.C. (1968). A Time-State Preference Model of Security Valuation. *Journal of Finance and Quantitative Analysis,* vol. 3, núm. 1, Marzo, pp. 1-33.

MYERS, S.C. (1977). Determinants of Corporate Borrowing. *Journal of Financial Economics,* núm. 5, Noviembre, pp. 147-175.

ROTHSHILD, M. y STIGLITZ, J. (1976). Equilibrium in Competitive Insurance Markets: An Essay on the Economics of Imperfect Information. *Quaterly Journal of Economics,* Noviembre, pp. 629-649.

SCHÖBEL, R. (1985). *The Valuation of Insurance Contracts in an Option Pricing Frame-work.* Goppl-Henn.

SMITH, C.W., Jr. (1976). Option Pricing: A Review. *Journal of Financial Economics,* núm. 3, pp. 3-51

SMITH, P.F. (1978). *Money and Financial Intermediation.* Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J.