La teoría económica y el seguro (1)

Por el Profesor Karl BORCH

Director del Instituto del Seguro de la Escuela de Economía y Administración de Empresas. Bergen (Noruega).

(Notas para un coloquio, sobre el título que encabeza, en Edimburgo, el 1.° de junio de 1964).

1.—Introducción.

1.1.—En el tema 4 de este Congreso (el XVII Internacional de Actuarios - Londres y Edimburgo) hemos discutido la aplicación práctica de las técnicas estadísticas modernas en distintos Ramos del Seguro. En el curso de las últimas décadas ha habido un desarrollo casi explosivo en la Estadística teórica y en las partes respectivas de la Matemática relacionadas con la misma. Entiendo muy provechoso el examen de las técnicas que se han producido hasta ahora y estudiar si las mismas son de aplicación al seguro.

1.2.—Puede haber, sin embargo, alguna dificultad en esta forma de proceder. Cuando se dispone de nuevos *medios*, debemos naturalmente tener la inteligencia bien dispuesta y examinar estos medios para ver si son aplicables a nuestros *fines*.

Programación lineal.—Esta, por ejemplo, constituye un poderoso instrumento que se ha demostrado de gran utilidad en muchos campos en apariencia muy distintos. Sin embargo, reporta poca utilidad la aplicación de esta técnica al seguro, a no ser que tengamos problemas consistentes en la determinación del máximo de una expresión lineal, sujeta a restricciones lineales. Si en el seguro existen problemas que puedan ser tratados de esta forma con una aproximación suficiente, entonces la programación lineal será, claro está, provechosa. Si por

(1) Este trabajo es la ponencia leída por el autor en el coloquio sobre "Teoría Económica del Seguro", en Edimburgo, con ocasión del XVII Congreso Internacional de Actuarios, reunido sucesivamente en Londres y Edimburgo entre los días 26 de mayo y 3 de junio de 1964.

otra parte, replanteando los problemas en esta forma, perdemos algo esencial, entonces la programación puede constituir un camino peligroso al cual debemos resistirnos.

1.3.—En esta comunicación seguiré un camino distinto. Intentaré atender fijamente a los fines, con la esperanza de que esto nos dé la posibilidad de individualizar los medios que necesitamos. Si estos medios ya existen, todo está bien. Si no podemos encontrar ninguna técnica aprovechable en el arsenal matemático, entonces tendremos que efectuar nuestra propia investigación básica y perfilar los instrumentos que necesitamos.

Hace una generación, el tema "matemática aplicada" consistía esencialmente en una técnica que se había demostrado sobremanera provechosa en la física clásica. Esta técnica venía empleándose con mucho entusiasmo y poco éxito en economía y otras ciencias sociales. Las nuevas técnicas estadísticas que nos entusiasman hoy han sido desarrolladas ampliamente para la solución de problemas de mecánica cuántica y telecomunicación. Podemos, por tanto, preguntarnos si tenemos alguna razón para esperar que dichas técnicas puedan ser aprovechadas en el campo actuarial.

Este punto ha sido subrayado con fuerza considerable por von Neumann y Morgenstern ([5] p6), los cuales hacen la siguiente brusca afirmación: "No parece probable que la sencilla repetición de los artificios que nos han servido tan bien en la física nos sirvan lo mismo para los fenómenos sociales", y resaltan como punto de vista el siguiente: "Se puede, por lo tanto, esperar —o temer— que avances matemáticos de la importancia en el cálculo se harán necesarios para conseguir un éxito decisivo en este campo (se refiere al de la economía)" (1).

Es con este propósito que intentaremos analizar el fin y los medios de la ciencia actuarial.

N. B.—Ya el año 1921, el Profesor Einstein, afirmó en su libro *Geometrie und Erfahrung*, (página 6), que "cuando las leyes matemáticas son rigurosas, no se adaptan a la realidad, y cuando se adaptan a la realidad, no son rigurosas", (en cuanto a los fenómenos no estrictamente matemáticos, se refiere).

2.—El principio de la equivalencia.

2.1.—Con el fin de aclarar este punto que voy a tratar, empezaremos refiriéndonos a un ejemplo extraordinariamente sencillo.

Consideremos una modalidad de seguro conforme a la cual el único pago posible sea el de una unidad monetaria. Supondremos que ésta sea pagadera si y sólo cuando acaezca un hecho de probabilidad p.

Esta operación definirá la siguiente ***distribución de siniestralidad***:

0 con probabilidad $1 - p$.

1 con probabilidad p.

La *prima neta* del seguro será por definición p.

2.2.—Supongamos ahora que una compañía de seguros ofrezca al público la modalidad que acabamos de describir a la prima de $x > p$. Supondremos que exista una *demanda* para el seguro cubierto en esta operación, y que la demanda dependa de la prima. Expresaremos esto suponiendo que la compañía podrá colocar $n = n(x)$ coberturas si la prima ha sido fijada en x. Es natural suponer que $n(x)$ aumentará al disminuir x.

El problema consiste, pues, en determinar la prima x a la que la compañía debe ofrecer esta modalidad de seguro en el mercado. Este problema parece muy sencillo y podríamos resolverlo satisfactoriamente antes de enfrentarnos con problemas más complicados o proponernos la tarea más ambiciosa de construir una teoría general del seguro.

2.3.—En la teoría clásica nuestro problema sencillo se resuelve con la aplicación del *principio de equivalencia*. De conformidad con este principio la prima debería ser igual al valor medio de los pagos por siniestros individualizados + los gastos de administración. Esto significa que x debe quedar determinada por

$$x = p + \frac{1}{n} C(n)$$

donde $C(n)$ es el coste que requiere la adquisición y administración de una cartera de n seguros de esta clase. Si suponemos que el coste puede ser dividido en coste fijo y variable, podemos escribir:

$$C(n) = C_1 + nC_2$$

Entonces la prima vendrá dada por la ecuación

$$x = p + C_2 + \frac{C_1}{n(x)}$$

Hemos supuesto que $n(x)$ disminuye al aumentar x. Esto significa que ambos miembros de la ecuación aumentarán con x de forma que la ecuación podrá tener un número de soluciones dependientes de la forma de la función $n(x)$.

2.4.—El principio de equivalencia nos da una clara solución a nuestro problema sencillo, si estamos dispuestos a no hacer caso de la cuestión algo académica de la existencia y singularidad de las raíces de la ecuación principal. Para resolver el problema en la práctica, debemos conocer:

(i) La probabilidad básica p.
(ii) Los elementos del costo C_1 y C_2.
(iii) La función $n(x)$.

Para conseguir este conocimiento generalmente debemos servirnos de métodos estadísticos o bien, si queremos ser más exactos, de la técnica de la *valoración* estadística.

La tarea tradicional del actuario es la de procurar la mejor valoración posible de p. También tiene que facilitar a menudo valoraciones de C_1 y C_2, pues esto requiere de ordinario el análisis estadístico.

La determinación del último elemento, la función $n(x)$, está considerada generalmente como ajena a la misión actuarial.

En la mayoría de los casos será probablemente el jefe de producción de la compañía o su sección de investigación del mercado quien tendrá a su cargo la determinación o valoración de $n(x)$.

2.5.—La función $n(x)$ representa la demanda en el mercado para la modalidad del seguro considerado. Estos son conceptos económicos y nos indica que nuestro problema no puede ser resuelto sin la contribución de algunos elementos de la *teoría económica.*

En algunos casos podrá ser posible determinar la prima "correcta" sin conocer el número de los contratos que serán conseguidos. Esto sucederá cuando $n(x)$ sea aproximadamente constante, o bien, en términos de economía, si el seguro tiene una "elasticidad de precio bajo". Esto puede ser razonablemente admitido como caso efectivo, si no hay razón para suponer que primas inferiores conduzcan a un importante incremento en la adquisición de negocios. Hace falta, sin embargo, tener siempre presente que una reducción de la prima o un aumento de la comisión del agente son equivalentes para la compañía, pero que surten un efecto muy distinto en la producción. Por lo tanto, ignorando o haciendo caso omiso de $n(x)$ en nuestros cálculos, es posible que perdamos algo esencial en el problema que estamos estudiando.

3.—Investigación operacional y teoría del riesgo.

3.1.—Si una operación de seguro es ofrecida al público a una prima determinada por el principio de equivalencia, el beneficio *esperado* de este negocio será 0. La falta de beneficio es desagradable en negocios, pero no es éste el punto que queremos tratar aquí.

Si una compañía de seguros pierde constantemente en sus operaciones, más tarde o más temprano quedará inhabilitada para cumplir sus obligaciones por operaciones de seguro. Esto significa, naturalmente, que los contratos de "seguro" ya no sirven para el verdadero fin al cual van designados, es decir, para proporcionar a los asegurados una seguridad casi absoluta.

Estas consideraciones indican que la prima debe ser más alta que la proporcionada por el principio de equivalencia. Sin embargo, es una cuestión discutible lo del *cuánto* la prima tiene que ser *más elevada,* así que el problema sencillo planteado al párrafo 2.2 queda sin resolver.

3.2.—El problema sencillo raramente se formula de manera expresa en la literatura actuarial y ninguna solución general ha sido sugerida. Sin embargo, no se puede negar que el problema existe y no ha sido completamente ignorado. Creo que se pueden distinguir por lo menos tres formas distintas conforme a las cuales los autores han intentado enfrentarse con el problema.

(i) Prescindamos de la sencillez del problema. Es obvio que los problemas que tenemos que resolver en la práctica son mucho más complicados, y los hombres prácticos dirán que tienen que dedicar su tiempo a la solución de estos problemas más "serios". Es muy probable que tengan que tomar sus decisiones sin un pleno conocimiento de la verdadera probabilidad p y de la forma exacta de la función de demanda $n(x)$, y que afirmen que estas decisiones son racionales o correctas. Sin embargo, si prescindimos del problema sencillo, por estas razones, se deduce que el problema será de solución más fácil si introducimos en él complicaciones y que la ignorancia podrá ayudarnos a tomar la decisión exacta.

(ii) Se puede añadir un *recargo* de *seguridad* a la prima determinada según el principio de equivalencia, de forma que el beneficio esperado sea positivo. Esta idea tiene probablemente su origen en la teoría económica, en la cual se sustenta que los beneficios esperados tendrían que ser tanto mayores cuanto mayores sean los "riesgos". Sin embargo, hasta ahora la teoría económica no ha tenido grandes éxitos al definir el concepto de "riesgos" y encontrar sus relaciones con los beneficios esperados.

(iii) Se puede tomar la probabilidad de *ruina* como punto de partida. En nuestro ejemplo sencillo esto quiere decir que consideramos la probabilidad de que la compañía sufrirá una pérdida si el contrato de seguros es ofrecido a una prima x. Este camino es el que generalmente se sigue en la literatura actuarial; ordinariamente se le conoce por *teoría del riesgo*. Esta teoría es por muchos lados muy atractiva, pero ha encontrado pocas aplicaciones en la práctica. El motivo, según mi opinión, es que la teoría no se amolda a los problemas reales como los ven los actuarios que ejercen su profesión, o como ellos los sienten.

3.3.—Podemos intentar ahora efectuar otro tratamiento del problema, ignorando los elementos del coste. Esto no nos conduce a una pérdida en la generalización, ya que estos elementos pueden ser incorporados en cualquier momento del razonamiento.

Si una compañía de seguros ha suscrito n contratos de seguros a una prima x, el resultado puede estar entre dos límites:

(i) Una pérdida de $n\ (1 - x)$ si todos los contratos tienen siniestros.

(ii) Un beneficio de $n \cdot x$ si no hay siniestros.

En general, el beneficio z (positivo o negativo) tendrá una probabilidad de distribución determinada por:

$$Pr(z \leqslant \mathrm{nx} - y) = \sum_{j \geq y} \binom{n}{j} p^j (1 - p)^{n-j}$$

donde n depende de x.

3.4.—De estas consideraciones se desprende que la decisión de ofrecer una operación de seguro al público a la prima x dará a la compañía un beneficio que es una variable estocástica. La distribución de la probabilidad de esta variable dependerá de x, de la distribución de los siniestros y de la función de la demanda. Esto quiere decir que el escoger una prima de mercado x implica la elección de una *distribución* de *beneficio.*

Si ahora suponemos que una compañía de seguros tiene unas normas que le den la posibilidad de decidir acerca de la prima a la cual el seguro tiene que ser ofrecido, tendrá también que tener una norma que le haga posible la elección de la mejor distribución de beneficios o la *preferida* de entre las posibles. Esta norma representará el deseo de la compañía de asumir un riesgo, o bien, su *política* de *riesgos,* o bien, en otros términos, los *resultados* que la compañía desea alcanzar.

3.5.—La elección de la política o de los resultados apetecidos constituye, por su propia naturaleza, una decisión subjetiva. No es posible determinar categóricamente si está bien o mal que la compañía cubra un determinado riesgo Puede, sin embargo, ser posible determinar si una particular decisión de cobertura es compatible o no con los propósitos generales de la compañía.

Con objeto de formalizar estas ideas, supongamos:

(i) Una compañía de seguros tiene una *escala completa de preferencias para decidir* sobre la elección entre todas las distribuciones posibles de beneficios.

Esta decisión expresará la política de la compañía, y en cada situación, la compañía intentará tomar la decisión que conduzca a la preferida entre todas las distribuciones de beneficio que sean posibles.

(ii) La preferencia en la decisión de la compañía es *consistente.*

Desde luego, esta expresión requiere una definición exacta, lo que no trataremos de dar aquí. Las distintas definiciones posibles han sido estudiadas detalladamente por diversos autores, entre otros Savage [6], y su aplicación al seguro ha sido tratado en otro artículo [2].

3.6.—De estas hipótesis resulta que es vulgarmente posible asignar un número real o un índice $U(F)$ a cada distribución de beneficio $F(z)$ de forma que $U(F) > U(G)$ cuando y sólo cuando $F(z)$ sea preferible a $G(z)$.

Síguese, además, que existe una función con valor real $u(z)$ tal que

$$U\{F\} = \int_{-\infty}^{+\infty} u(z) \cdot dF(z)$$

Este resultado está lejos de ser simple. Ha sido demostrado por primera vez por von Neumann y Morgenstern [5] en 1947. Desde entonces se han hecho diversas aplicaciones, entre otras las que se exponen a modo de ejemplos en el libro de Savage [6], ya citado.

La consecuencia de este resultado para nuestro problema es que toda norma establecida para la determinación de la prima para un contrato de seguros puede ser representada por una función $u(z)$. Esta función se llama generalmente función de *utilidad* porque puede ser interpretada como la utilidad asignada a una suma de dinero de cuantía z. El concepto de "utilidad monetaria" desempeña una misión importante en la teoría económica clásica y es interesante resaltar que este principio resulta necesario también para el ulterior desarrollo de la teoría del seguro.

3.7.—Con el fin de aclarar la aplicación de las ideas desarrolladas en el párrafo anterior, vamos a estudiar un ejemplo un poco menos simple que el tratado en el párrafo 2.1. Para ello, nos parece conveniente introducir antes algunos cambios de notación.

Consideremos una compañía de seguros y supongamos que:

(i) La política de la compañía puede ser representada por una función de utilidad $u(x)$.

(ii) El capital inicial (o reservas libres) de la compañía sea S.

(iii) La compañía se propone ofrecer al público una modalidad de seguro con la distribución de siniestros $F(x)$.

(iv) La prima para este contrato se fija en P, sobre la base de un acuerdo tarifario o de una disposición gubernativa.

(v) Si la compañía invierte una cantidad s en propaganda y en gastos de producción, podrá colocar $n = n(s)$ contratos.

El problema consiste, pues, en determinar la cantidad óptima s que tiene que ser invertida en gastos de producción.

Aplicando directamente los resultados del párrafo 3.6, encontramos que s tiene que quedar determinada de forma que la siguiente expresión sea máximo:

$$\int_{0}^{\infty} u(S + nP - s - x)dF^{(n)}(x)$$

donde $F^{(n)}(x)$ es la n-ésima derivada de $F(x)$ respecto a sí misma.

Este valor de s conducirá a la distribución de beneficio considerada como la mejor posible de conformidad con la política de la compañía.

3.8.—En el ejemplo que acabamos de exponer, hemos replanteado nuestro problema original de forma que nuestra labor se ha reducido a maximar una expresión matemática. Esta forma de acercarse a un problema es típica de la *investigación operativa*. Esta expresión es empleada a menudo impropiamente para un grupo de métodos matemáticos más o menos relacionados entre sí. Sin embargo, la idea esencial y el verdadero arte de la investigación operativa no consiste en la solución de una particular clase de problemas matemáticos, sino en formular el problema de forma tal que estos métodos matemáticos puedan ser aplicados.

3.9.—Si el planteamiento dado en el párrafo 3.7 se acoplase al problema tal cual lo ven los actuarios que ejercen la profesión, podrían decidir en términos generales sobre la clase de método matemático que se requiere para resolver el problema. La selección de métodos específicos puede probablemente ser hecha en la forma más conveniente a cada caso particular, teniendo en cuenta la naturaleza de las tres funciones $u(x)$, $n(s)$ y $F(x)$.

De estas tres funciones, $F(x)$ es muy conocida por todos los actuarios y $n(s)$ representa un concepto que debe ser familiar a los actuarios de compañías que están en contacto con sus colegas de los departamentos de investigaciones del mercado. La función de utilidad $u(x)$ puede, sin embargo, parecer rara y no ser familiar para muchos actuarios. Esta función representa la política de la compañía y, hasta ahora, se sabe muy poco acerca de la forma general de estas funciones de utilidad. El motivo principal de esta falta de conocimiento es que pocas compañías son muy explícitas cuando hacen declaraciones públicas acerca de su política comercial. Esto puede significar que las compañías no tengan una política bien definida. Puede significar, sin embargo, también que las compañías consideran su política como un secreto del negocio, y puede ser que tengan sus razones actuando de esta forma. Por ejemplo, negociando un contrato de reaseguro, puede ser muy importante para una compañía ocultar que su verdadera política consiste en conseguir negocio a cualquier costo.

No queremos seguir más por este camino. La forma posible de la función de utilidad se trata con algún pormenor en otro trabajo [1] y el problema ha sido recientemente estudiado por Welten [7].

3.10.—Nuestro planteamiento simplifica, sin embargo, demasiado el problema real, lo que significa que hemos perdido algo esencial, o bien, para decirlo de otra forma, que hemos resuelto equivocadamente el problema, un problema que en la práctica no puede darse.

Los dos aspectos más graves de nuestras hipótesis simplificadoras parecen ser que:

(i) Hemos estudiado una decisión aislada, tomada de una vez para siempre. Esto implica que hemos ignorado todas las consecuencias que la decisión pueda tener sobre el futuro de la compañía.

Para salir al paso de las objeciones sobre este punto, podemos formular el problema en términos de un modelo dinámico. Una tentativa en este sentido ha sido hecha en otro artículo [4].

(ii) Hemos supuesto que la compañía se encuentre sola en el mercado, o bien que nuestra compañía llegue a una decisión sin considerar las decisiones y la actuación de las compañías competidoras.

Vamos a tratar este punto en el capítulo siguiente y veremos que esto nos lleva hacia una teoría económica del seguro.

4.—Riesgo y teoría económica.

4.1.—En el punto 3.7 hemos supuesto que existiera una función $n(s)$ que determinaba el número de las operaciones de seguro n que nuestra compañía podía conseguir invirtiendo una cuantía s para producción. Esta función representaba la situación del mercado con la que se enfrentaba la compañía.

Si actúa más de una compañía en el mercado, la situación no puede ser representada por una sola función de una variable. Si existen k compañías, podemos obtener una descripción más adecuada de la situación estableciendo k funciones:

$$n_i(s_1, \ldots, s_k) \qquad (i = 1, 2, \ldots, K)$$

Aquí n_i significa el número de los seguros que la compañía i colocará si k compañías invirtieren las sumas $s_1, \ldots, s_i, \ldots, s_k$ en fomentar su producción.

4.2.—Según este modelo, el deber de la compañía i sigue siendo el de maximizar una expresión matemática de la misma clase que la considerada al final del punto 3.7. Sin embargo, esta expresión dependerá ahora de las k variables $s_1, .., s_k$, y la compañía i controlará sólo una de ellas. Las restantes $k - 1$ variables son controladas por las otras compañías, las cuales intentarán servirse de este control con objetivos quizás diferentes y hasta directamente opuestos a los de la compañía considerada.

Esto significa que la compañía i no puede escoger un óptimo s_i sin conocer o intuir los valores que las otras compañías adoptarán para $s_1, \ldots, s_{i-1}, s_{i+1}, \ldots, s_k$. Estas otras compañías tendrán, sin embargo, exactamente el mismo problema, de forma que toda la situación se transforma en un *juego* de quién adivina más que el otro.

4.3.—Es obvio que la situación que hemos descrito es esencialmente distinta y más complicada que las situaciones analizadas en el capítulo 3. Es también obvio que las compañías en tal situación no pueden reducir sus problemas a la sencilla maximación del problema considerado en el punto 3.8. Tal reducción del problema es la verdadera esencia del acercamiento que conduce a la investigación operativa. Si esta reducción es imposible tenemos que buscar otro camino.

4.4.—La situación que acabamos de describir no es muy distinta del modelo clásico de un mercado en el cual unos cuantos vendedores o productores luchan por el favor de un importante número de compradores o consumidores.

La teoría económica clásica ha podido analizar tales mercados en forma más bien satisfactoria, y es natural buscar si esta teoría puede facilitar un camino que conduzca a la solución de nuestro problema. Esto nos lleva a considerar la cobertura del seguro como una mercancía para la cual exista una *demanda* que depende del precio. Debemos suponer que algunas personas o instituciones quieren y pueden *proporcionar* esta mercancía y que el volumen obtenible depende del precio.

Si las funciones de abastecimiento y demanda satisfacen determinadas condiciones, existirá un precio único que hará el abastecimiento total en el mercado igual a la demanda total.

Este precio se llama *precio de equilibrio.*

4.5.—El presupuesto básico de la teoría clásica del mercado consiste en que los comerciantes se comportan pasivamente, en el sentido de que toman el precio como preestablecido e invariable, y deciden cuándo quieren comprar o vender a dicho precio. Si los comerciantes toman sus decisiones basándose en un precio distinto del precio de equilibrio, entonces la oferta y la demanda serán diferentes y ello provocará una evolución del precio adoptado hacia el precio de equilibrio.

La culminación de la teoría clásica ha consistido en demostrar que si todos los comerciantes toman sus decisiones basándose en el precio de equilibrio, el mercado conseguirá un *óptimum de Pareto.* Esto significa aproximadamente que el mercado se encuentra en una situación en la que ningún comerciante puede mejorar su situación a no ser a costa de otros.

Esto significa que el mecanismo de los precios establece una regulación racional en un mercado que, en principio, parecía un caos de intereses en competencia. Esto, a su vez, ha movido a los economistas clásicos a afirmar que la libre competencia conducirá al "mejor de todos los mundos posibles".

4.6.—Si intentamos aplicar los principios de la teoría económica clásica al mercado de Seguros, chocamos casi inmediatamente con dificultades. Una de las primeras es que no existe una unidad natural de cobertura de seguros, de forma que parece imposible definir el *precio* deliberadamente. Hay además otras dificultades de naturaleza aún más fundamental, pero no quiero tratarlas aquí, pues ya han sido tratadas en otro trabajo [3].

Aunque muchos de los principios básicos de la teoría económica clásica no tengan sentido o aplicación en el mercado del seguro, el más fundamental de todos, la optimalidad de Pareto, puede ser definida con alguna facilidad. Es por lo tanto natural que tomemos este concepto como nuestro nuevo punto de partida. Ello nos conduce a la teoría de los *juegos* [5] que en este asunto tiene que ser considerada como la más amplia generalización de las teorías económicas más ortodoxas.

4.7.—El supuesto básico en la teoría del juego de n personas es que los jugadores sensatos llegarán de cualquier forma a una distribución óptima de Pareto, lo que nos lleva a otra dificultad, pues generalmente existirá una infinidad de estas distribuciones.

Con el fin de aclarar esto podemos considerar de nuevo el ejemplo de los puntos 4.1. y 4.2. En ese ejemplo puede haber un gasto único de propaganda óptimo para las *k* compañías consideradas como un grupo. Sin embargo, habrá infinitas maneras más en las que este gasto y sus frutos pueden ser repartidos entre las *k* compañías.

Para conseguir una determinada solución a tales problemas, tenemos que hacer *hipótesis adicionales* acerca de cómo las partes actúan en el curso de las negociaciones o tratos. En la teoría del juego tales suposiciones de actuación influyen en las formas en que los jugadores constituyen *coaliciones* con el fin de cooperar en el curso de las negociaciones pendientes a un arreglo óptimo de Pareto.

La teoría económica clásica ha llegado a una solución determinada, es decir a un precio de equilibrio formulando la suposición adicional de que los comerciantes ajustaban los precios como si les fueran dados por un *deux ex machina*. Esta suposición puede ser real o no, lo esencial en la aplicación presente es que no tiene sentido si se la aplica a un mercado de seguros. Debemos buscar otras hipótesis de un valor aproximado si queremos tratar la actividad aseguradora y analizarla dentro del cuadro de una teoría económica general.

5.—Observaciones finales

5.1.—Lo que he intentado exponer en este artículo es que los propósitos tienen que determinar nuestra selección de medios. No tenemos que ajustar los propósitos con objeto de crear nuevas aplicaciones a medios que estén de moda.

Un buen actuario tiene, claro está, que explorar los nuevos métodos matemáticos y averiguar si pueden ayudarle en su labor. Yo sin embargo no opino que ésta sea la necesidad más urgente en la profesión actuarial ni en la industria del seguro.

5.2.—En el capítulo 3 he intentado demostrar que los métodos de investigación operativa pueden ser aplicados con éxito sólo en compañías que tengan una política bien definida —o para usar una tautología— compañías que pueden investigar sus negocios por medios operativos.

En el capítulo 4 he indicado que existen situaciones en las que los métodos de investigación operativa se quedan cortos. Los métodos matemáticos que pueden ser de provecho en estos casos han sido desarrollados en la teoría del juego. Los métodos parecen poderosos, pero no podemos esperar el emplearlos con éxito a no ser que tengamos una idea absolutamente clara de los objetivos —los objetivos de personas y compañías—, cuando actúan individualmente y actuando en grupos cuyos miembros tiene intereses parcialmente contrapuestos.

5.3.—La importancia dada a los objetivos significa realmente que necesitamos un mayor conocimiento de los hechos antes de emplear nuevos procedimientos matemáticos. Necesitamos saber más sobre lo que el hombre necesita de la seguridad y de su disposición para cubrir los riesgos, antes de decidir sobre la clase de seguro que resolverá tales problemas.

Es oportuno acabar este artículo citando la siguiente conclusión:

Von Neumann y Morgenstern han llegado a lo siguiente en su análisis de la aplicación de los métodos matemáticos a la teoría económica: "La indeterminación e ignorancia básicas no han sido vencidas por el uso inadecuado e impropio de un poderoso instrumento muy difícil de emplear".

BIBLIOGRAFIA

[1] BORCH, K.: "Tratado de Seguro Recíproco". *The Astin Bulletin,* Vol. I, pp. 170-191.

[2] BORCH, K.: "El Principio de Utilidad aplicado a la Teoría del Seguro". *The Astin Bulletin,* Vol. I, pp. 245-255.

[3] BORCH, K.: "El equilibrio en un mercado de seguros". *Econométrica,* Vol. 30, pp. 242-444.

[4] BORCH, K.: "Pago de dividendo por las Compañías de Seguros". *Transactions of the 17th International Congress of Actuaries.* Vol. III, pp. 527-540.

[5] NEUMANN, J. VON y O. MORGENSTERN : *Teoría de Juegos y Actuación Económica.* 2nd Edition, Princeton, 1947.

[6] SAVAGE, L. J.: *Los fundamentos de la Estadística.* New York, 1954.

[7] WELTEN, C. P.: "Optimización del Reaseguro por medio de Funciones de Utilidad". *Actuariëlle Studiën,* Febrero 1964, pp. 166-175.