

Premios Nobel de Economía 2005

LAS CONTRIBUCIONES DE LOS PREMIOS NOBEL DE ECONOMÍA DE 2005

José Luis Ferreira
Diego Moreno (*)

Este es el segundo premio Nobel de Economía concedido a investigadores de la teoría de juegos. La teoría de juegos estudia las situaciones de decisión interactiva, es decir, situaciones en las que el resultado final depende de las acciones de todos los agentes (individuos, empresas, gobiernos) y tal vez de elementos aleatorios. El primer Nobel de Economía a investigadores de esta área se concedió en 1994 a John Nash, Reinhard Selten y John Harsanyi por su contribución al desarrollo de conceptos de solución apropiadas para estas situaciones. En esta ocasión, la Academia Sueca premia a Thomas Schelling y a Robert Aumann por sus contribuciones al análisis de la cooperación y el conflicto.

Las biografías y trabajos de ambos autores son muy diferentes. Las aportaciones de Aumann, que es considerado uno de los fundadores de la disciplina, son de naturaleza teórica e incluyen no sólo innovaciones conceptuales, sino también técnicas matemáticas. Las aplicaciones de sus trabajos cubren un amplio espectro. Schelling es un pensador original a menudo visto como un heterodoxo, aunque esto se debe a la elección de temas de investigación más que por sus métodos. Sus trabajos están centrados en el análisis de conflictos y, aunque de escaso contenido técnico, tienen aplicaciones a temas muy variados. Ambos autores realizan análisis rigurosos de las consecuencias que se derivan del comportamiento racional de los agentes.

ROBERT AUMANN

Robert Aumann nació en 1930 en Alemania. En 1938 emigró con su familia a los EE.UU. Tras doctorarse en matemáticas se trasladó a Israel, donde reside desde entonces. Es miembro de la Academia Nacional de las Ciencias de EE.UU. y de la Academia Israelí de las Ciencias y las Humanidades, y es corresponsal extranjero de la Academia Británica. Además es *fellow* de la Sociedad Econométrica, de la Asociación Americana de Economía y de la Sociedad de Teoría de los Juegos (de la que fue presidente fundador). Ha recibido numerosas distinciones y varios doctorados *honoris causa*. Sus actividades no académicas incluyen colaboraciones con la Agencia Americana para el Control de Armas y el Desarme, y la Corporación Rand.

En la actualidad Aumann desarrolla su trabajo en el Centro para la Racionalidad de la Universidad Hebrea de Jerusalén, un centro de investigación interdisciplinar en el se desarrollan aplicaciones de la teoría de los juegos a la economía, la ciencia política, la psicología, la biología, las ciencias de la computación y las matemáticas. Aumann ha publicado un centenar de artículos científicos y varios libros. Sus trabajos abarcan un amplio espectro de temas de la teoría de los juegos. Resumimos a continuación sus principales aportaciones.

Metodología de la teoría de los juegos

Las situaciones que estudia la teoría de los juegos presentan una mezcla de posibilidades de cooperación y de conflicto que se representan esquemáticamente mediante un modelo matemático llamado juego. La teoría realiza ciertos supuestos acerca de la racionalidad, inteligencia y conocimiento de los jugadores y propone conceptos de solución que se adecúan a estos supuestos. Los juegos se clasifican como cooperativos o no cooperativos. En los juegos cooperativos los agentes pueden adquirir compromisos vinculantes (es decir, pueden realizar contratos por los cuales se comprometen a coordinar sus acciones). El regateo entre un comprador y un vendedor para determinar el precio de un bien, o las negociaciones de un grupo de acreedores para repartir el valor de una empresa en quiebra son ejemplos de estos juegos. En los juegos no cooperativos los acuerdos vinculantes no son posibles ya sea porque no exista una autoridad capaz de garantizar su cumplimiento (como ocurre, por ejemplo, en las relaciones entre países soberanos), porque los acuerdos no tengan fuerza legal (como, por ejemplo, cuando implican renuncia a derechos inalienables,) o porque simplemente sean ilegales (como los acuerdos entre empresas para fijar precios, por ejemplo).

La solución de un juego identifica el resultado previsible. Desgraciadamente, existen varios conceptos de solución razonables que con frecuencia identifican resultados distintos. Incluso un mismo concepto puede seleccionar más de un resultado como posibles soluciones del juego. Esta multiplicidad se ha visto tradicionalmente como una desventaja, una falta de madurez de la disciplina o un impedimento a su desarrollo. Con sus contribuciones (véanse [A.16] y [A.18]), Aumann ha logrado cambiar esta percepción. La multiplicidad nos permite ver el juego desde perspectivas distintas. La existencia de varias soluciones no debe percibirse como una debilidad de la teoría, sino como una evidencia de las diferentes perspectivas con que abordar el problema. Supongamos que en dos juegos cooperativos el concepto de solución *valor de Shapley* da resultados análogos, mientras que el concepto de solución *núcleo* da resultados dispares. Si *a priori* veíamos ambos juegos como muy distintos (o, alternativamente, muy similares), conocer las soluciones que identifican estos conceptos nos ayuda precisamente a entender en qué son similares y en qué distintos, y contribuye a identificar las aplicaciones de la teoría. En este sentido, Aumann asemeja los distintos conceptos de solu-

ción con los distintos momentos estadísticos de una distribución. La media y la varianza de una variable aleatoria, por ejemplo, nos indican propiedades distintas acerca de su distribución; ambas conjuntamente describen mejor la (compleja) distribución de la variable aleatoria que cada una de ellas por separado.

Teoría de la decisión: utilidad y probabilidad subjetiva

Tradicionalmente la probabilidad es definida como la frecuencia con la que ocurre un suceso. Según este enfoque, la probabilidad es objetiva: que al tirar una moneda salga cara es el resultado de propiedades físicas de la moneda, como su masa o diámetro, del impulso y dirección con que se lance, etc. En economía, en la teoría de la decisión individual y en la teoría de la decisión interactiva (la teoría de los juegos), tenemos situaciones en las que no se dispone de probabilidades objetivas, sino de meras impresiones subjetivas sobre la verosimilitud de un suceso. El fundamento de la probabilidad subjetiva supone un reto para el análisis. Aunque una vez definida se utiliza del mismo modo que la probabilidad objetiva, el problema es cómo definirla. Antes que Aumann, Savage ofreció una teoría que la identifica con la incertidumbre en la mente del decisor. En [A.7] Aumann y Anscombe proponen su propia definición en los términos siguientes: supongamos que tenemos una máquina que podemos programar para que pueda generar variables aleatorias con cualquier distribución de probabilidad que podamos necesitar. Con esta máquina podemos definir la probabilidad subjetiva de cualquier suceso —¿con qué probabilidad ganará España el próximo mundial de fútbol?— como el número p , tal que al decisor le es indiferente tener un euro con probabilidad p , cuando el resultado de esta apuesta se resuelve por nuestra máquina, o tenerlo si ocurre dicho suceso, es decir, si España gana el mundial. Las tres formulaciones de la probabilidad (la frecuentista, la de Savage y la de Aumann y Anscombe) no son incompatibles y, de hecho, se complementan entre sí. Elegir depende de la naturaleza de la aplicación de que se trate. Tal vez se entienda mejor el problema en el contexto de un ejemplo. Supongamos que un hombre que padece una enfermedad grave tiene que ser operado o enfrentar una muerte segura. Se sabe que la probabilidad de que muera en el quirófano es de 50 por 100, mientras que tiene otro 50 por 100 de recuperarse completamente. ¿De qué manera se enfrenta a este hecho su esposa? En

particular, y aunque parezca frívolo, a una persona cualquiera le resultaría indiferente apostar 100 € a que salga cara al tirar una moneda o que su marido sobreviva. Sin embargo, aunque la mujer esté plenamente convencida de que la probabilidad de supervivencia es la indicada, no hay nada irracional en que ella prefiera apostar por la supervivencia de su marido. La razón es que los estados cara y cruz no alteran en nada el beneficio posible de las ganancias. Sin embargo los estados posibles tras la operación sí alteran su capacidad de disfrute del dinero. Sin su marido, quizá el dinero tenga menos valor. Este ejemplo ilustra el problema de modelizar la probabilidad subjetiva. Una definición adecuada de la probabilidad subjetiva nos debe permitir definir los estados de la naturaleza, de manera que podamos calcular probabilidades sin incurrir en estas paradojas.

Es interesante observar que los primeros trabajos de Aumann sobre apreciaciones subjetivas comenzaron cuando, junto con Joseph Kruskal, trabajó como consultor para la marina de los Estados Unidos ([A.2] y [A.3]). Se trataba de reasignar equipos usados a navíos que pudieran necesitarlos. Estos equipos eran caros y muy apreciados por los capitanes y almirantes, que presionaban para que les fueran asignados. Aumann y Kruskal observaron que si pudiera definirse un valor militar de cada equipo para cada navío concreto, el problema se reducía a otros similares de la teoría de juegos. La cuestión consistía precisamente en definir este valor. El sistema usado para definirla no fue muy distinto del utilizado en su teoría de la probabilidad subjetiva. La marina encargó a un almirante la elaboración de respuestas a preguntas del tipo “¿pondría usted el equipo A en el barco X y el equipo B en el barco Y o el equipo B en el barco X y el equipo A en el barco Y?”. Las respuestas permitieron formular un sistema de desigualdades a los que se podían aplicar los algoritmos diseñados por Aumann y Kruskal para resolver el problema, con las limitaciones de computación de los ordenadores de la época.

Juegos repetidos

La teoría de los juegos repetidos estudia situaciones en las que los agentes sostienen relaciones frecuentes. Estas situaciones se representan como un juego que consiste en la repetición (finita o infinita) de un juego estático. En juegos repetidos con información completa, el famoso *Folk Theorem* (que debe su nombre a Aumann), establece que todos

los resultados de un juego estático, que son individualmente racionales (es decir, que otorgan a cada jugador un pago no inferior al mínimo que éste puede garantizarse), pueden sostenerse como un equilibrio del juego repetido. Este resultado implica que resultados que no son de equilibrio en un juego estático, pero que generan resultados Pareto superiores a los de equilibrio, como la cooperación en el famoso dilema del prisionero, pueden sustentarse como equilibrios en el juego repetido. Aumann investiga las circunstancias en las cuales la cooperación no sólo es una posibilidad en el juego repetido, sino el resultado previsible. Paradójicamente, pequeñas desviaciones del supuesto de racionalidad (como racionalidad perturbada o memoria acotada) hacen que el resultado óptimo (e intuitivamente más plausible) sea el único equilibrio [A.22].

La teoría de los juegos repetidos con información incompleta se inició por Aumann, Maschler y Stearns a finales de los años sesenta, en una serie de trabajos financiados por la ACDA (la agencia de los Estados Unidos para el control de armas y el desarme). Estos trabajos estaban clasificados y no han podido publicarse hasta 1995 [A.23]. Sin embargo, muchas de las ideas teóricas se discutían abiertamente en el mundo académico y fueron eventualmente apareciendo en publicaciones profesionales. Sus autores decidieron desarrollar esta teoría al observar que las conversaciones de Ginebra sobre desarme correspondían precisamente a este modelo de juego. Cuando los jugadores tienen información privada sobre algunas características relevantes del juego (sobre cuál es el arsenal nuclear de que disponen, por ejemplo) el análisis del juego resulta extremadamente complicado. No sólo tenemos que tratar la incertidumbre de los jugadores, sino comprender el uso que puedan hacer de su información privada. El análisis de Aumann y Maschler revela que, a largo plazo, toda información que usen los jugadores se revela. En algunas situaciones, un jugador puede preferir ocultar su información, lo que ineludiblemente implica no hacer uso de ella (si una empresa siempre gana en las subastas de contratos públicos a sobre cerrado estará revelando que conoce la información sobre las pujas de los demás). En otras, el jugador puede querer revelarla, lo que requiere actuar en consecuencia, pues la simple comunicación puede no ser creíble (una empresa en un oligopolio estará interesada en dar a conocer a sus competidoras que la demanda será menor que la prevista, para evitar que el mercado quede saturado).

La teoría del conocimiento

Conceptos de solución como el equilibrio de Nash o la inducción hacia atrás se cuestionan por no estar ligados a los supuestos primitivos de la teoría. Sería deseable que el concepto de solución fuera consecuencia necesaria (matemáticamente) de los supuestos de racionalidad y conocimiento. Aumann es uno de los autores que más ha ayudado a aclarar estos temas con contribuciones de gran originalidad.

Un resultado sorprendente se publicó en el trabajo [A.12]. Supongamos que dos individuos tienen percepciones distintas acerca de la probabilidad de ocurrencia de un suceso, y supongamos que se encuentran para realizar una puesta en común sobre sus opiniones. El trabajo de Aumann dice que si las distintas percepciones se deben a haber tenido acceso a distinta información (y no a creencias *a priori* distintas), los individuos deben salir de su encuentro con las mismas opiniones acerca de la probabilidad de ocurrencia del suceso. Es decir, que no pueden estar de acuerdo en que no se han puesto de acuerdo. Si son racionales, cada uno adaptará sus percepciones con la información que supone la creencia del otro individuo y el resultado será el mismo para ambos.

Es importante destacar que el supuesto de que las creencias *a priori* sean las mismas para todos los individuos, implica que las discrepancias tienen su origen en distinta información: la aplicación de la regla de Bayes puede generar, a partir de idénticas creencias *a priori*, distintas probabilidades condicionales si los individuos observan diferentes aspectos de la naturaleza. Aumann [A.19] muestra que los supuestos de que las creencias *a priori* son comunes y los jugadores son racionales (maximizan su utilidad) identifican el equilibrio correlado como concepto de solución. Éste se corresponde con el de equilibrio de Nash, no del juego propiamente, sino de un juego extendido en el cual los jugadores actúan de manera correlada y no independiente (es decir, eligen las acciones mediante una distribución de probabilidad que no es el producto de sus marginales).

En [A.24] Aumann establece que los supuestos de racionalidad y de "conocimiento común" (cada jugador sabe de la racionalidad de los demás —y de la propia— y que todos los demás saben que todos saben de la racionalidad de todos y así hasta el infinito) implican que la solución de un juego de información perfecta es la que se obtiene por

inducción hacia atrás —la extensión natural del equilibrio de Nash en estos juegos.

En un trabajo con Brandenburger [A.25], Aumann se plantea cuáles son los requisitos epistemológicos del equilibrio de Nash. Para juegos con dos jugadores encuentran que el conocimiento (el simple, no el común) del juego, de la racionalidad de los jugadores y de las conjeturas implica que éstas sean precisamente un equilibrio de Nash. Para juegos de más de dos jugadores es preciso, además, que las creencias *a priori* sean iguales y el conocimiento común de las conjeturas (no de la racionalidad ni de la estructura del juego). La dificultad y la relevancia de este resultado se aprecia en el hecho de que no se haya obtenido y publicado hasta 1994, es decir más de 40 años después de la publicación del trabajo de John Nash.

Juegos cooperativos

Los juegos en forma coalicional (o característica) son el modelo matemático para estudiar los juegos cooperativos. Fueron introducidos en el libro seminal de von-Neuman y Morgenstern (*The Theory of Games and Economic Behavior*). Un juego coalicional está definido por un conjunto de jugadores y una función que asigna un número a cada coalición. Este número se interpreta como pago o valor que esta coalición puede conseguir por sí misma. Inicialmente, esta representación presumía que la coalición puede distribuir arbitrariamente este valor entre sus miembros (es decir, que el valor o utilidad puede transferirse entre los jugadores).

En el trabajo [A.4] Aumann desarrolló junto con Peleg una extensión de estos juegos que permite considerar situaciones en que una coalición tiene un conjunto de distribuciones del valor limitadas, ampliando así el conjunto de aplicaciones de la teoría. En estos nuevos juegos, Aumann y Peleg definen y estudian las extensiones naturales de los conceptos de solución propuestos para los juegos de utilidad transferible.

En [A.9] Aumann y Maschler definen un concepto de solución para juegos en forma coalicional, el conjunto de negociación, que identifica el conjunto de imputaciones (distribuciones de valor entre los jugadores) que las coaliciones dan a cada individuo y que no pueden ser objetadas por contrapropuestas de otras coaliciones a ese mismo individuo.

En [A.17] Aumann y Maschler estudian las prescripciones sobre el reparto de bienes entre acreedores que se presentan en problemas de bancarrota descritos en el Talmud. Los principios que justifican estas prescripciones, objeto de estudio de expertos del Talmud durante dos mil años, eran hasta entonces incomprensibles. Aumann y Maschler muestran en [A.17] que estos problemas pueden modelizarse como juegos en forma coalicional y que la solución prescrita en el Talmud se corresponde con la solución dada por el concepto "nucleolo". En problemas de bancarrota, el nucleolo es la solución *consistente*, es decir, la que aplicada a subproblemas del problema original proporciona idéntico resultado. Es esta propiedad, por tanto, la que guía las prescripciones del Talmud, a pesar de que los protagonistas de estas historias no dispusieran de las herramientas de la teoría de juegos.

El valor de Shapley

En los juegos coalicionales, la propuesta de solución conocida como el valor de Shapley presenta una medida del poder de cada jugador (y, por ende, en muchas interpretaciones, del pago que puede esperar este jugador). Junto con el núcleo, es el concepto de solución más usado en la teoría de juegos cooperativos. Esta es sólo una contribución entre muchas de las realizadas por Shapley, a quien el propio Aumann identifica como un candidato, al menos tan meritorio como él para recibir el premio Nobel.

Los trabajos sobre extensiones, reformulaciones y aplicaciones del valor de Shapley constituyen una parte importante de la obra de Aumann. Con el valor de Shapley como índice de poder de los jugadores, Aumann, junto con Kurz y Neyman ([A.13], [A.14], [A.15] y [A.20]), analiza economías con bienes públicos. La nueva formulación les permite un enfoque distinto al tradicional. En lugar de un gobierno benevolente que maximiza una función de bienestar social, las políticas sobre provisión de bienes públicos se realizan por votación entre (acaso un subconjunto de) los agentes de la economía. Entre los resultados obtenidos hay uno de especial interés: cuando se vota sobre una política redistributiva, el resultado depende de quién puede votar y qué peso tiene su voto. Sin embargo, estos pesos pierden relevancia cuando se vota sobre qué bienes públicos han de producirse. En este resultado opera un principio análogo al del teorema de Coase (quien, en su día, recibió el Premio Nobel por esta contribución).

Hay una aplicación muy interesante del valor de Shapley a la formación de coaliciones y, en particular, a la formación de coaliciones de partidos políticos en un parlamento para la elección de un gobierno. En [A.21], junto con Myerson, Aumann estudia un modelo de formación de coaliciones a partir de negociaciones bilaterales entre jugadores (partidos). Una vez que varios partidos se unen, se reparten entre ellos el valor que puedan obtener de acuerdo con la regla de Shapley (adaptada a esta situación según una extensión realizada por Myerson). La coalición que se forme será aquella a partir de la cual ningún partido quiera negociar con otro que esté fuera de la coalición, anticipando las consecuencias de esta posibilidad, como que este partido, a su vez, emprenda negociaciones con un tercero. Cuando aplicaron estas ideas al parlamento israelí tras las elecciones de 1977, la coalición de gobierno coincidió exactamente con la predicha por el modelo.

Teoría Económica

Las aportaciones de Aumann a la Teoría Económica son importantes tanto por la originalidad y elegancia de su análisis y sus resultados en temas clásicos de la teoría del equilibrio general, como por la introducción de técnicas matemáticas. En [A.8] y [A.10], Aumann introduce un modelo para representar una economía competitiva en la que el conjunto de agentes constituye un continuo (un océano) en el que cada agente tiene individualmente un peso despreciable. La teoría económica tradicional había estudiado economías competitivas con un número finito de agentes y evaluaba las consecuencias de aumentar arbitrariamente el número de agentes. La formulación de Aumann, más abstracta y quizá menos realista que la tradicional, permite, sin embargo, un análisis elegante y muy simple, que revela que, en condiciones muy generales, existe un equilibrio competitivo y que el conjunto de asignaciones de equilibrio competitivo coincide con el núcleo del juego —en ([A.11]) Aumann obtiene resultados similares para el valor de Shapley. Este resultado proporciona un fundamento cooperativo al equilibrio competitivo mucho más claro y contundente que los resultados semejantes que se habían obtenido hasta entonces para economías finitas— Debreu y Scarf habían demostrado que si consideramos la secuencia de núcleos de economías compuestas por un número creciente de copias de una economía base, cualquier elemento del núcleo de la economía base que no sea una asignación de equilibrio competitivo desaparece eventualmente de esta secuencia.

Matemáticas

Aumann obtuvo un doctorado en matemáticas en el MIT. Según sus propias palabras, quiso hacer un trabajo sobre un tema matemático de sencillo enunciado, gran dificultad técnica y completa inutilidad, y resolvió trabajar en teoría de nudos [A.1]. Irónicamente, muchos años después se ha sabido que el estudio de los nudos es necesario para resolver problemas en biología molecular.

Aumann ha alternado sus trabajos en teoría de juegos con otros puramente matemáticos, aunque motivados por la teoría de juegos. Un ejemplo es el de cómo elegir al azar una función. Mientras que es sencillo elegir al azar un elemento de un conjunto finito o asignar probabilidad a que el elemento elegido pertenezca a cualquier subconjunto, cualquiera que sea la distribución de probabilidad de partida, con conjuntos infinitos estas operaciones se complican. Por ejemplo, no es posible dar sentido a la expresión "elegir un número natural al azar de manera que todos los números tengan la misma probabilidad de ser elegidos". Cuando el conjunto es un continuo de elementos (el intervalo de números reales entre cero y uno, por ejemplo), no es posible definir una distribución de probabilidad que dé una probabilidad a cada subconjunto, sino sólo a aquellos que constituyan una sigma-álgebra de Boole determinada (que excluye a conjuntos bastante exóticos).

En teoría de juegos es muy común que las estrategias de un jugador sean precisamente los números reales del intervalo entre cero y uno. Si hay un segundo jugador que observa la acción del primero y que debe tomar su elección también en el intervalo entre cero y uno, éste tendrá como estrategias todas las maneras de condicionar su elección en la acción del primer jugador. Es decir, tendrá como conjunto de estrategias todas las funciones definidas sobre el intervalo entre cero y uno y cuyo rango es ese mismo intervalo. Este conjunto de funciones es muy complicado y definir una distribución de probabilidad sobre él requiere establecer una serie de supuestos sobre las funciones admisibles. En [A.5] y [A.6] Aumann aborda precisamente este problema.

THOMAS SCHELLING

Schelling nació en 1921 en EE.UU. Después de haber pasado casi toda su carrera académica en Harvard, donde obtuvo un doctorado en eco-

nomía, Schelling es ahora profesor emérito en la Universidad de Maryland. Es miembro de la Academia Nacional de Ciencias, del Instituto de Medicina, y de la Academia Americana de las Artes y las Ciencias. En 1991 fue Presidente de la Asociación Americana de Economía. Recibió el premio Frank E. Seidman en Economía Política y el de la Academia Nacional de Ciencias por sus estudios para la prevención de la guerra nuclear. Además de su actividad académica, Schelling ha trabajado en la Administración para la Cooperación Económica en Europa (plan Marshall), en la Oficina de la Presidencia de la Casa Blanca y en la Corporación Rand. Tiene trabajos en los temas de estrategia militar y control de armas, política medioambiental y energética, cambio climático, proliferación nuclear, terrorismo, crimen organizado, ayuda y comercio internacional, teoría del conflicto y de la negociación, segregación e integración racial, política militar, política sanitaria, tabaco y drogas y ética en el sector público y en los negocios.

Aunque sus publicaciones incluyen cerca de dos centenares de artículos en revistas de prestigio, gran parte de su obra se resume en unos pocos libros. De entre todos sus trabajos, nos centraremos en los que desarrollan dos temas, que resumen sus aportaciones y su método. El primero es el análisis de los conflictos y el segundo el del estudio de dinámicas agregadas a partir de comportamientos individuales.

EL ANÁLISIS DEL CONFLICTO

Quizá su libro más conocido, *The Strategy of Conflict*, [S.2], es una colección de artículos publicados en revistas académicas de primer nivel en diversas áreas de las Ciencias Sociales. En este trabajo, Schelling consigue aplicar los métodos de la teoría de los juegos, entonces una disciplina abstracta en su mayor parte —no es fácil encontrar en el libro de von Neumann y Morgenstern o en los trabajos de Nash proposiciones con implicaciones concretas a la economía o a otras ciencias sociales—, al mundo real. La magnitud de esta contribución quizá sea difícil de apreciar hoy en día, pero en su época significó abrir muchas y novedosas líneas de investigación y contribuyó a modificar las percepciones de la época. Tal vez la mejor manera de entender la aportación de este libro (y de los otros sobre el mismo tema, como [S.1], [S.3] y [S.4]) sea describir su análisis de las guerras limitadas y de la guerra total (nuclear).

Guerras limitadas

Las guerras limitadas necesitan límites claros, que a su vez deben ser reconocidos y aceptados por las partes implicadas. El estudio que hace la teoría de juegos de los problemas de regateo y negociación arrojan luz sobre este problema. Schelling resalta el papel que desempeñan los denominados puntos focales. Un río, una carretera, una frontera anterior, un estrecho o un paralelo pueden ser puntos focales en los que se detenga el avance o la retirada de una de las partes para llegar a una posición de estabilidad en el conflicto. La razón de la elección (explícita o tácita) de uno de estos puntos focales puede tener menos que ver con las capacidades militares de ambas partes que con el reconocimiento mutuo de que ambos tienen la expectativa de que ésa sea la elección. Schelling estudia multitud de situaciones dispares que, sin embargo, son similares en este aspecto. La relevancia de los elementos focales constituye uno de los argumentos más contundentes ofrecidos por Schelling para desaconsejar el uso limitado de las armas nucleares. En sus propias palabras "la diferencia entre el uso de armas convencionales y armas atómicas es la línea divisoria entre un conflicto localizado y la guerra total".

Guerra total

En los comienzos de la guerra fría, ambas partes disponían de un arsenal atómico reducido. El posible conflicto entre las dos potencias era visto entonces como un juego de suma cero. Los juegos de suma cero representan situaciones de puro conflicto, en la que no existe posibilidad alguna de cooperación. Esta percepción quizá se explica porque von Neumann fue no solamente uno de los principales protagonistas del desarrollo de la bomba atómica en los EE.UU., sino también uno de los fundadores de la teoría de juegos y uno de los más activos investigadores de la Rand Corporation (encargada del diseño de estrategias militares y políticas). En el libro *The Theory of Games and Economic Behavior*, von Neumann y Morgenstern desarrollaron la teoría de los juegos de suma cero (pero no se ocupan del análisis de otros de suma no cero, que describan situaciones en las que se de una mezcla de conflicto y de posibilidades de cooperación). Bien sea por esta razón, o porque en los comienzos de la guerra fría el juego era, efectivamente, de suma cero, el caso es que lo que se deduce de esta percepción es la necesidad de atacar primero. Con el tiempo, ésta cambió y

comenzó a verse con la perspectiva de un juego no necesariamente de suma cero, y además repetido, en el que claramente existen algunas posibilidades de cooperación dentro del conflicto. Aún así, hasta finales de los años cincuenta, la opinión mayoritaria, reflejada en la política oficial, era que las operaciones de represalia frente a alteraciones del *status quo* podían usar armas nucleares de manera limitada. Los trabajos de Schelling, también en la Rand Corporation, ayudaron tanto a diseñar la estrategia para sostener la cooperación, como a eliminar de ella el uso de armas nucleares en conflictos localizados.

La teoría de la disuasión nuclear dominante entonces postulaba la necesidad de una respuesta contundente, en su versión más extrema incluso usando todo el arsenal nuclear disponible, ante una hostilidad incluso limitada (la invasión de un país o el uso de un número pequeño de bombas nucleares, por ejemplo). Si esta amenaza es creíble, ciertamente cabe esperar que evitase cualquier tipo de hostilidad. El problema es que la amenaza puede no ser creíble: responder con contundencia implica provocar a su vez una reacción contundente del enemigo y, por tanto, quizá la destrucción total. Esto resta credibilidad a la amenaza de enfrentar una agresión limitada con una respuesta contundente, que deja de cumplir su papel. Schelling argumenta que la amenaza debe ser lo suficientemente limitada para que sea creíble y lo suficientemente contundente para que sea disuasoria. Una manera de hacerla creíble es que sea automática, pero puede resultar inviable "delegar" una respuesta nuclear en un mecanismo automático que, llegado el caso, nadie pueda detener —esta situación se describe en la película *Teléfono Rojo* (Dr. Strangelove), de Kubrick, en la que Schelling tuvo su parte como asesor—. Por otra parte, enfrentar a una hostilidad limitada otra similar, tampoco es la respuesta óptima. Si no existen puntos focales claros que permitan parar la escalada bélica, esta puede desencadenar una guerra total —éste es el punto de partida de muchas películas catastrofistas—. Schelling propone diseñar una respuesta que deje algunas decisiones al azar, pero de una manera controlada. Para ello encuentra que la respuesta a incrementos en las hostilidades debe ser aumentos de la probabilidad de desencadenar una guerra total, que nadie quiere, de manera que sea la parte que inicia las hostilidades la que tiene en su mano que se reduzca este incremento en la probabilidad. Para llevar a cabo esta estrategia de manera creíble hay que hacer que las guerras limitadas necesariamente aumenten el riesgo de guerra nuclear, bien

porque en tiempo de guerra sea más difícil evitar la tentación de usar las armas nucleares o bien porque, a medida que aumenta el nivel de las hostilidades, una parte pueda empezar a tener dudas acerca del alcance limitado de las agresiones de la otra parte.

Schelling señala la necesidad de proteger el armamento nuclear como alternativa a proteger a la propia población, pues construir refugios nucleares para ella puede entenderse como un acto claramente agresivo. La única razón para construirlos es el temor a ser atacados con armas nucleares, y la razón de este temor puede muy bien ser que se piensa atacar primero. En definitiva, la construcción por una de las partes en conflicto de refugios nucleares para la población reduce el coste de oportunidad de ser atacado y, por tanto, mejora el resultado que esta parte obtiene en caso de agresión. En consecuencia, estas estrategias no conducen a una situación estable. Proteger las armas, sin embargo, puede indicar con claridad la intención de utilizarlas sólo en caso de ataque y servir como elemento disuasorio. Fue esta estrategia la que efectivamente se utilizó durante la guerra fría y permitió que, en palabras de Schelling, el suceso más importante de la segunda mitad del siglo XX fuera el que no ocurrió.

De la elección individual a la organización social

Una hormiga tiene muy poca información acerca de lo que ocurre en el hormiguero y tiene un número de respuestas muy limitadas frente a esta información. El resultado es, sin embargo, una situación de equilibrio que, además, constituye una buena estrategia de supervivencia. Cuando una persona fuma, su motivación está limitada al deseo de fumar un cigarrillo, pero cuando muchas lo hacen el resultado es un lugar lleno de humo que nadie (ni siquiera los fumadores) desea. En este caso, el equilibrio no da lugar a un resultado deseable desde el punto de vista global. En economía, es sabido que hay estructuras de mercado más eficientes que otras y que la misma puede servir para un tipo de bienes, pero no para otros.

Schelling describe en [S.5] y [S.6] una gran variedad de encuentros sociales y analiza por qué en unos se alcanzan cierto tipo de equilibrios que resultan imposibles en otros. Hay situaciones en las cuales, cualquiera que sea la motivación individual, el conjunto de las acciones no cambia un

aspecto fundamental de la situación (por mucho que corramos a la taquilla, sólo se venderán un número determinado de billetes, por mucho que nos esforcemos, la mitad de los alumnos estará por debajo de la mediana). Para otras situaciones, la acción los agentes puede alterar algún aspecto fundamental (puede permitir que haya una masa crítica mínima para poner un local de moda o puede inducir profecías que se cumplen a sí mismas).

Schelling propone estudiar todas estas situaciones como un proceso de clasificación y mezcla, de segregación e integración. Por ejemplo, casi ninguna elección resulta tan interactiva e interdependiente como la de con quién asociarse, con quién vivir, con quién trabajar o jugar, con quién comer o beber, o junto a quién sentarse. Para estudiar este tipo de elecciones se consideran primero clasificaciones discretas como la raza, el color, el sexo o el idioma; después pueden considerarse variables continuas como la edad, el ingreso o el nivel de capacidad. Finalmente, se ocupa de un conjunto de elecciones que aún no está enteramente disponible, elecciones que pueden volverse disponibles y ser decisivamente interdependientes (como escoger el sexo de los hijos). Con muy poco aparato matemático, explicando meramente las ideas de manera intuitiva, Schelling elabora unos modelos dinámicos que permiten identificar qué equilibrios emergen en estas situaciones y explicar por qué se llega a ellos. Como ejemplo, podemos destacar su modelo acerca de la dificultad de evitar la segregación racial (la separación en barrios, por ejemplo), incluso si ningún agente tiene la más mínima actitud racista.

EPÍLOGO

Mientras que la Real Academia Sueca de la Ciencias concede el Nobel de Economía a Robert Aumann y a Thomas Schelling por sus contribuciones a una mejor comprensión de las situaciones de conflicto y cooperación, y en particular del análisis de la guerra fría y la disuasión nuclear, el Comité Nobel Noruego concede el Nobel de la Paz a la Agencia Internacional de Energía Atómica y a su director general Mohamed El Baradei por sus esfuerzos en la prevención del uso de la energía nuclear para usos militares. Estos dos premios se complementan de manera natural. La teoría de los juegos es neutral desde el punto de vista ético —ofrece un análisis de los resultados de las interacciones de agentes racionales que persiguen su propio interés sin restricciones morales—. Pero del

mismo modo que un bacteriólogo no promueve la enfermedad, un investigador de teoría de los juegos no defiende las prescripciones normativas que se deducen de la conducta ciegamente racional. En palabras de Aumann, "si queremos un mundo mejor debemos prestar atención a qué resultados generan la conducta racional".

NOTAS

(*) Universidad Carlos III de Madrid.

BIBLIOGRAFÍA

AUMANN, R.:

- [A.1] Asphericity of alternating knots, *Annals of Mathematics*, 64, 374-392, 1956.
- [A.2] The coefficients in an allocation problem, con J. B. KRUSKAL, *Naval Research Logistics Quarterly*, 5, 111-123, 1958.
- [A.3] Assigning quantitative values to qualitative factors in the naval electronics problem, con J.B. KRUSKAL, *Naval Research Logistics Quarterly*, 6, -16, 1959.
- [A.4] Von Neuman-Morgenstern solutions to cooperative games without side payments, con B. PELEG, *Bulletin of the American Mathematical Society*, 66, 173-179, 1960.
- [A.5] Borel structures for function spaces, *Illinois Journal of Mathematics*, 5, 614-630, 1961.
- [A.6] On choosing a function at random, *Ergodic Theory*, ed. F. B. WRIGHT, 1-20, 1963.
- [A.7] A definition of subjective probability, con F. J. ANSCOMBE, *Annals of Mathematical Statistics*, 34, 199-205, 1963.
- [A.8] Markets with a continuum of traders, *Econometrica*, 32, 39-50, 1964.
- [A.9] The bargaining set for cooperative games, con M. MASCHLER en *Advances in Game Theory, Annals of Mathematics Studies*, 52, Princeton University Press, Princeton 1964.
- [A.10] Existence of competitive equilibria in markets with a continuum of traders, *Econometrica*, 34, 1-17, 1966.
- [A.11] Values of markets with a continuum of traders, *Econometrica*, 43, 611-646, 1975.

- [A.12] Agreeing to disagree, *Annals of Statistics*, 4, 1236-1239, 1976.
 - [A.13] Power and taxes, con M. KURZ, *Econometrica*, 45, 1137-1161, 1977.
 - [A.14] Power and taxes in a multi-commodity economy, con M. KURZ, *Israel Journal of Mathematics*, 27, 185-234, 1977.
 - [A.15] Voting for public goods, con M. KURZ y A. NEYMAN, *Review of Economics Studies*, 50, 677-694, 1983.
 - [A.16] What is game theory trying to accomplish? En *Frontiers of Economics*, ed. K. ARROW y S. HONKAPOHJA, Basil Blackwell, Oxford, 1985.
 - [A.17] Game-theoretical analysis of a bankruptcy problem for the Talmud, con M. MASCHLER, *Journal of Economic Theory*, 36, 195-213, 1985.
 - [A.18] Introducción al volumen Game Theory del *New Palgrave Dictionary of Economics*, Macmillan, Londres, 1987.
 - [A.19] Correlated equilibrium as an expression of Bayesian rationality, *Econometrica*, 55, 1-18, 1987.
 - [A.20] Power and public goods, con M. KURZ y A. NEYMAN, *Journal of Economic Theory*, 42, 108-127, 1987.
 - [A.21] Endogenous formation of links between players and of coalitions: an application of the Shapley value, con R. MYERSON, *The Shapley Value: Essays in Honor of Lloyd S. Shapley*, Cambridge University Press, Cambridge, 1988.
 - [A.22] Cooperation and bounded recall, with Sorin, *Games and Economic Behavior* 1, 5-39, 1989.
 - [A.23] *Repeated games with incomplete information*, con M. MICHAEL, Cambridge MIT Press, 1995.
 - [A.24] Backward induction and common knowledge of rationality, *Games and Economic Behavior*, 8, 6-19, 1995.
 - [A.25] Epistemic Conditions for Nash equilibrium, con A. BRANDENBURGER, *Econometrica*, 63, 1161-1180, 1995.
- SCHELLING, T.:
- [S.1] *International Economics*, Allyn and Bacon, 1958.
 - [S.2] *The Strategy of Conflict*, Harvard University Press, 1960.
 - [S.3] *Strategy and Arms Control* (with Morton H. Halperin), The Twentieth Century Fund, 1961.
 - [S.4] *Arms and Influence*, Yale University Press, 1966.
 - [S.5] *Micromotives and Macrobehavior*, W. W. NORTON y Co., 1978.
 - [S.6] *Choice and Consequence*, Harvard University Press, 1984.