

John F. Nash y su contribución al análisis económico

PATRICIA CASTROMÁN TORRES*

MARÍA GARCÍA TERUEL*

En el presente artículo vamos a describir los principales conceptos teóricos, y sus múltiples aplicaciones a la economía, elaborados por John F. Nash, matemático, profesor de la universidad americana de Princeton y premio Nobel de Economía en 1994.

Palabras clave: teoría de juegos, teoría de la optimización, modelo matemático, análisis bayesiano.

Clasificación JEL: C70.

1. Introducción

Las principales aportaciones de John F. Nash han tenido lugar en el ámbito de la Teoría de Juegos, método matemático para analizar la interacción estratégica entre agentes y sus posibles resultados.

Dicha teoría tiene su base en estudios sobre juegos simples, como el ajedrez o el póker, en los que tiene lugar una interacción de estrategias individuales (ya que lo que haga el contrincante influye en el propio juego). Esta interacción de estrategias entre dos «contrincantes» tiene lugar en muchas situaciones económicas, por lo que la teoría de juegos ha demostrado ser una herramienta muy útil para el análisis económico. A nivel microeconómico, muchos modelos de intercambio, como los de subastas y los de negociación de pactos entre empresas, utilizan las formulaciones de la teoría de juegos; en el campo de la economía internacional y la macroeconomía dicha teoría se aplica para el análisis de los acuerdos internacionales de comercio y de muchos aspectos de políti-

ca económica, sobre todo, en el estudio de la interacción de distintos agentes económicos para conseguir los objetivos de política monetaria.

John F. Nash obtuvo el Premio Nobel de Economía en 1994 compartido con otros dos profesores: John C. Harsanyi y Reinhard Selten, por sus pioneros estudios sobre la teoría de juegos no cooperativos.

El famoso concepto de «Equilibrio de Nash» fue formulado por él en 1950 y es la base del posterior desarrollo de la teoría de juegos, ya que supone una solución universal para muchos tipos de juegos no cooperativos. Nash también formuló una solución básica para los juegos cooperativos, denominada «la solución negociadora de Nash». Más tarde empezó a elaborar un proyecto sobre un programa para convertir los juegos cooperativos en no cooperativos de cara a mejorar su análisis.

2. Juegos e interacción estratégica

Un juego es aquel proceso en el que se interrelacionan varios agentes, sujetándose a unas reglas específicas y donde cada participante está caracterizado por un conjunto de posibles estrategias y una función de pagos asociada a cada estrategia. Existen muchas clasificaciones de juegos, una de



COLABORACIONES

* Economistas. Becarias de la Dirección General de Política Comercial.

ellas es la que distingue entre los juegos cooperativos y los juegos no cooperativos. Los primeros son los juegos cooperativos o de transferencia de utilidad, en los que los jugadores pueden comunicarse entre ellos y negociar los resultados. En este caso, el análisis de la teoría de juegos se concentra en las posibles coaliciones entre los jugadores y su estabilidad. La otra clase de juegos son los llamados juegos no cooperativos, en los que los jugadores no pueden llegar a acuerdos previos, por lo que el análisis intentará modelizar los comportamientos y las decisiones individuales. Ejemplos de juegos no cooperativos son los conocidos como «el dilema del prisionero» o «la batalla de los sexos». Los juegos pueden ser bipersonales o multipersonales, según el número de agentes que intervengan; simétricos o asimétricos, desde el punto de vista de la comparación entre lo que pueden recibir los distintos jugadores (pagos); y también pueden ser con repetición, en cuyo caso las decisiones pueden depender o no de lo que haya manifestado anteriormente el contrario.

Existen dos formas de representar un juego: la forma «normal» y la forma «extensiva». La «forma normal» de un juego consiste en especificar para cada jugador sus espacios de estrategias y sus funciones de pagos. De esta forma los jugadores eligen sus estrategias simultáneamente. La forma extensiva exige más requerimientos ya que es necesario especificar cuándo tiene que jugar cada jugador, qué es lo que cada uno puede hacer, la información que conoce cada vez que tiene que jugar y la ganancia recibida en cada combinación estratégica.

Juegos cooperativos

Tienen lugar si los jugadores pueden comunicarse entre sí y negociar un acuerdo antes de los pagos. La teoría de juegos analiza la posibilidad de formar coaliciones estables y busca el reparto de las ganancias que garantice que ningún jugador esté interesado en romper el acuerdo. Se llama «valor de juego» al pago que puede recibir un jugador si toma una decisión racional y que es independiente de la decisión de los demás. Ningún jugador aceptará formar parte de una coalición si no recibe al menos el valor de juego tras la

negociación. Los juegos cooperativos tienen muchas variantes, sobre todo según la forma de negociación, siendo diferente si todos los jugadores tienen el mismo peso de decisión (democrático) o si tienen diferentes pesos sus preferencias.

Juegos no cooperativos

Los juegos no cooperativos son aquellos en los que los jugadores no pueden llegar a acuerdos previos y tienen que decidir su estrategia en función de los resultados esperados, teniendo en cuenta las diferentes posibles decisiones de los otros. Pueden ser de suma cero, cuando el aumento de las ganancias de un jugador implica una disminución de igual cuantía para el otro, o de suma no nula en caso contrario. Cada jugador puede desarrollar dos o múltiples estrategias; las estrategias pueden ser puras o mixtas (si se asigna una probabilidad a cada estrategia). En el caso de los juegos con repetición, las estrategias pueden ser simples o reactivas, si se tiene en cuenta lo que ha manifestado el contrincante en las anteriores jugadas.

A continuación, se expone el «dilema del prisionero», posiblemente el juego más conocido y estudiado en la teoría de juegos. La situación consiste en dos presos encarcelados a los que se les acusa de haber participado en un robo a un banco, delito penado con 10 años de cárcel, pero no hay pruebas. Sólo se les puede inculpar de un delito menor, cuyo castigo es de 2 años de cárcel. Se les promete a cada uno de ellos que reducirán su condena a la mitad si proporcionan las pruebas para acusar al otro. Los prisioneros están aislados, de forma que no pueden comunicarse entre sí.

La matriz de pagos, expresada en años de cárcel, sería la siguiente:

	PRISIONERO 1	Lealtad	Traición
PRISIONERO 2	Lealtad	2/2	10/1
	Traición	1/10	5/5

Las alternativas de actuación de los presos son dos: traicionar al otro o permanecer en silencio, y los posibles resultados son 4 para cada uno de ellos, en función de la interacción de sus estrategias.



COLABORACIONES

En vez de expresar los pagos en años de cárcel también se puede indicar el orden de preferencia de cada preso sobre los anteriores resultados, aquí se presupone la racionalidad de los jugadores y la ordinalidad de las utilidades.

	PRISIONERO 1	Lealtad	Traición
PRISIONERO 2	Lealtad	2/2	4/1
	Traición	1/4	3/3

Como se puede observar en la matriz, los dos prisioneros elegirán traicionar, que resulta una combinación peor (Pareto ineficiente) que si los dos hubiesen permanecido en silencio. Pero al no conocer la intención del otro, la estrategia más segura es traicionar.

Tal como se ha descrito aquí, «el dilema del prisionero» representa un juego de suma no nula, bipersonal, biestratégico y simétrico, formalizado por primera vez por A.W.Tucker en 1950. Este juego es similar al que se plantea al analizar el comportamiento de empresas rivales en un mercado oligopólico, ya que los resultados de cada una dependerán de lo que hagan las demás, por lo que se enfrentan a decisiones estratégicas interrelacionadas.

3. Interacción economía-teoría de juegos

Desde principios del siglo XIX, empezando con Auguste Cournot en 1838, los economistas empezaron a elaborar modelos para estudiar la interacción estratégica. Dichos estudios se desarrollaron para situaciones concretas sin crearse ningún marco general de análisis. La economía clásica presupuso un gran número de agentes interactuando, con lo que cada uno podía desatender las reacciones de los demás en la decisión propia. En muchos casos esto es una buena descripción de la realidad, si bien, en otros casos, tal como sucede cuando unas pocas empresas dominan un mercado o cuando varios países tienen que establecer acuerdos sobre política comercial o cuando en el mercado de trabajo las partes tienen que negociar los salarios, cada agente tiene que tener en cuenta las reacciones y las expectativas de los demás de cara a tomar sus propias decisiones.

En estos casos la teoría de juegos es el marco analítico para estudiar la realidad.

Por ejemplo, en un mercado oligopólico, dominado por un número pequeño de empresas, los resultados que obtiene cada una dependen no sólo de su comportamiento (precios, publicidad...) sino del comportamiento de las demás. El problema para las empresas, por tanto, implica una elección estratégica que tenga en cuenta el posible comportamiento de las demás. El funcionamiento de estos mercados puede ser modelizado con la teoría de juegos.

4. Teoría de juegos

Los inicios

Los inicios en teoría de juegos comenzaron con el trabajo de Cournot publicado en 1838, quien desarrolló los modelos de juegos de competencia monopolística. Cournot utilizó una metodología similar a la que utilizaría posteriormente Nash en un contexto de competencia entre empresas que venden el mismo bien, para encontrar equilibrios. Sin embargo, sería el libro publicado en 1944 por el matemático John Von Neumann y el economista Oskar Morgenstern titulado «Teoría de juegos y comportamiento económico» el que desarrollaría el campo de estudio de la teoría de juegos, en el que hoy en día trabajan muchos especialistas en todo el mundo. En el medio siglo transcurrido desde su formulación se ha sofisticado increíblemente aumentando los campos de su aplicación tanto en la economía, como en lo jurídico, político, sociológico, biológico o lo psicológico. En su libro, Von Neumann y Morgenstern habían resuelto el caso de los juegos no cooperativos en los que los dos jugadores eran rivales puros, es decir, el aumento de las ganancias de uno implica una disminución de igual cuantía para el otro (juego de «suma-cero»). Von Neumann, anteriormente, había sido el primero en exponer la representación de la «forma normal» de un juego, y el primero en definir el concepto de estrategia en un juego. Sin embargo, en su definición de forma normal incluía dos restricciones muy importantes que Nash modificaría posteriormente: el hecho



COLABORACIONES

de que los pagos eran transferibles y que los juegos eran de suma cero.

Las aportaciones de John Nash

La revolución que supusieron las aportaciones de John Nash a la teoría de juegos, comienza con un primer trabajo sobre la negociación entre dos agentes, que luego sería publicado en la prestigiosa revista *Econométrica* en 1950, bajo el nombre «The Bargaining Problem». La contribución y el mérito de este trabajo son que, siendo todavía un joven estudiante de doctorado de la Universidad de Princeton, fue capaz de dar una solución al problema de negociación entre dos agentes asumiendo que la utilidad es no transferible, mientras que, como hemos apuntado anteriormente, en la literatura previa se asumía que la utilidad era transferible.

Las contribuciones más relevantes de Nash a la teoría de juegos, no se hicieron esperar, y se recogen en sus estudios de su tesis doctoral, titulada «Noncooperative Games» (1950). Su mayor aportación y la más conocida fue el desarrollo de una definición de equilibrio general en todos los juegos de horizonte finito para un número arbitrario de jugadores y preferencias, y no solamente en juegos de suma cero con dos agentes, como se venía haciendo en la literatura previa. Este concepto de equilibrio, publicado bajo el nombre de «Equilibrium points in n-person Games» (1950), es lo que hoy en día se conoce como *Equilibrio de Nash*, definición a menudo utilizada en análisis económico y por la que obtuvo el Premio Nobel cuarenta y cuatro años más tarde de su publicación. Para dar esta definición, Nash tomó los juegos en forma normal tal como Von Neumann los definió, y modeló un proceso de negociación entre personas como un juego simultáneo simple, donde cada agente elige su estrategia óptima. Bajo estas premisas, el equilibrio de Nash se define como una combinación de estrategias, una para cada jugador del juego, tales que el pago que obtiene cada agente jugando esa combinación de estrategias es mayor o igual que el pago que conseguiría en cualquier otra combinación posible de estrategias que él pudiese escoger. Nash

propuso dos interpretaciones para entender la definición de su equilibrio: una, basada en la racionalidad de los agentes y otra, en el comportamiento estadístico de poblaciones. La primera interpretación establece que, suponiendo que los agentes son racionales, y que la información sobre preferencias y posibles resultados de todos los jugadores son de dominio público, cada jugador puede calcular los pagos esperados de cada una de las posibles estrategias de sus contrincantes y ver cuál es la estrategia óptima de los otros jugadores. Si todos los agentes hacen lo mismo, todos esperan el mismo equilibrio de Nash y ninguno tiene incentivos a desviarse y jugar otra estrategia distinta. La segunda interpretación ha sido muy útil en ciencias como la biología para entender cómo operan los principios de la selección natural en la interacción dentro y entre especies. Aquí se encuentran los llamados «evolucionistas», que utilizan una metodología de análisis que recuerda las teorías de Nash.

Además de aportar un nuevo concepto de equilibrio en los juegos de negociación en forma normal, Nash demostró (1950b), aplicando el teorema del punto fijo de Kakutani, que todos los juegos con un número finito de jugadores y un espacio de estrategias finito para cada jugador, tienen al menos un equilibrio de Nash en estrategias mixtas, resultado conocido como el *Teorema de Nash*. Tal y como hemos apuntado antes, hay un resultado de 1838 de Cournot que anticipa el teorema de Nash en un modelo particular de duopolio. En esa aplicación particular, Cournot demuestra la existencia de equilibrio, aunque el espacio de estrategias considerado por cada duopolista es infinito. De aquí se deriva que las hipótesis del teorema de Nash garantizan la existencia de equilibrio, es decir, son condiciones suficientes, pero no necesarias para encontrar un equilibrio como Nash lo definió. La gran diferencia entre el trabajo de Cournot y el de Nash radica en que Cournot no intentó en ningún momento generalizar su trabajo, sino que simplemente analizó un modelo de duopolio determinado, mientras que por el contrario, Nash dio toda una metodología general para analizar cualquier tipo de juego, utilizando su concepto de equilibrio y



COLABORACIONES

la forma normal de juego que definió Von Neumann.

Nash también aportó un buen número de ejemplos económicos interesantes de problemas de teoría de juegos, en un trabajo publicado en 1951 en *Annals of Mathematics*, bajo el nombre de «Noncooperative Games», y que recoge buena parte de su tesis doctoral. En este trabajo, Nash incluye un juego con múltiples equilibrios, (como el de la batalla de los sexos), otro juego con un equilibrio que es Pareto ineficiente (como el dilema del prisionero), y un juego con un equilibrio inestable. Dos aspectos que sobresalen en este trabajo y que Nash hace notar son que elimina dos restricciones que se imponían en la literatura previa: la utilidad transferible y que los juegos fueran de suma cero. En el corto espacio de tiempo entre este artículo y el publicado en 1953, Nash también realizó estudios puramente matemáticos, y así en 1952 publicó «Real algebraic manifolds» en *Annals of Mathematics*.

El último trabajo publicado de Nash en teoría de juegos apareció en 1953 en la revista *Econometría* bajo el título «Two-Person Cooperative Games». En este trabajo, Nash establece una aplicación donde transforma un proceso de negociación entre dos personas en un juego simple de demandas simultáneas. La principal aportación de este estudio es que Nash es capaz de transformar un juego cooperativo, con múltiples equilibrios de Nash, en otro no cooperativo, donde el autor da un argumento que determina un único equilibrio estable. La argumentación que dio Nash en esta aplicación anticiparía un poco lo que serían los refinamientos del equilibrio de Nash (el equilibrio perfecto en subjuegos, el equilibrio correlacionado, etc.), que se desarrollarían más tarde, como respuesta al problema de que algunos juegos tienen varios equilibrios de Nash, y es difícil predecir el resultado del juego.

Hasta aquí se resume el principal trabajo de Nash. Sólo destacar por último, que en 1996 se publicó «Essays on Game Theory», donde se recogen una colección de trabajos del autor no publicados anteriormente, entre ellos la motivación de su tesis doctoral y la interpretación de su concepto de *equilibrio de Nash*.

5. Nuevas contribuciones a la teoría de juegos

Nash marcó un antes y un después en la teoría de juegos. Este autor utilizó su teoría en juegos no cooperativos bajo supuestos de información completa (1), un entorno estático y basándose en la forma normal de Von Neumann. Los estudios posteriores a Nash tomaron como punto de referencia su concepto de equilibrio y su metodología, pero introduciendo nuevas condiciones en los problemas que se plantean.

La primera desviación del marco genérico que creó Nash, fue la que surgió al considerar **juegos dinámicos**, es decir juegos que se repiten un número finito o infinito de veces, manteniendo el resto de condiciones, es decir, agentes plenamente racionales e información completa. A la hora de estudiar este tipo de juegos dinámicos aparecieron las limitaciones de la forma normal de Von Newman, lo que llevó a un estudio más profundo de la forma extensiva, llevada a cabo por Kuhn en sus trabajos de 1950 y 1953. Aunque los juegos de decisiones sucesivas pueden representarse bajo la forma normal, los aspectos dinámicos del juego resultan más fáciles de analizar si se representan en forma extensiva. Son ejemplos clásicos de juegos dinámicos el modelo de Stackelberg (1934) o el modelo de negociación de Rubinstein (1982) (2). El problema de algunos juegos dinámicos es que incorporan muchos equilibrios de Nash, alguno de los cuales se basa en promesas o amenazas no creíbles, que resultan irracionales cuando se analizan en forma extensiva. Reinhard Selten (1965) analizó este problema y, como respuesta, desarrolló el primer refinamiento del concepto del equilibrio de Nash: *el equilibrio de Nash perfecto en subjuegos*. Este concepto de equilibrio permite obtener los equilibrios de Nash, para juegos tanto en forma normal como en forma extensiva, que pasan la prueba de la credibilidad.

La segunda desviación del marco teórico de Nash, fue desarrollada por Harsanyi (1967, 1968), quien consideró **juegos de información incom-**

(1) La información completa se refiere a que los jugadores cuando toman sus decisiones conocen toda la historia de las decisiones tomadas anteriormente.

(2) Ver GIBBONS (1996) para el análisis de estos modelos.



COLABORACIONES

pleta, o lo que es lo mismo, juegos donde existen asimetrías de información entre los jugadores, y que pueden ser considerados en un marco estático o dinámico. A este tipo de juegos de información imperfecta, se les denomina «juegos bayesianos» y se caracterizan porque al menos un agente no conoce la función de pagos de los otros agentes. Para resolver este problema, Harsanyi estableció que el agente que no conoce las ganancias de otro agente, tiene ciertas expectativas de que ese agente sea de un tipo u otro/s. De esta forma, dicho agente asigna probabilidades a cada uno de los posibles tipos de contrincante, caracterizados por las funciones de ganancias esperadas. Harsanyi fue capaz de dar respuesta a estos juegos en un entorno estático, refinando de nuevo el equilibrio de Nash, y definiendo el concepto de *equilibrio bayesiano de Nash*. Un claro ejemplo de un juego bayesiano estático es el tipo de juegos que se producen en las subastas de sobre cerrado. En este tipo de subastas los agentes conocen sus propias valoraciones de los bienes, pero no conocen las de los demás. De esta forma cuando escriben su apuesta en el sobre cerrado, es decir, cuando tiene lugar el juego, ningún agente sabe cuáles son las valoraciones del bien de los otros.

Como hemos dicho, los juegos bayesianos pueden ser estáticos y dinámicos. Para resolver los juegos bayesianos en un entorno dinámico se refinó el concepto de equilibrio bayesiano, desarrollándose el concepto de *equilibrio bayesiano de Nash perfecto en subjuegos*, y estableciendo una similitud equivalente a la del equilibrio de Nash perfecto en subjuegos para juegos estáticos con información completa. David Kreps y Robert Wilson (1982) aportaron el aspecto crucial del equilibrio bayesiano perfecto en subjuegos: formalmente el equilibrio no solo viene caracterizado por una estrategia para cada jugador, sino también se incluyen unas creencias para cada jugador en cada conjunto de información en el que el jugador tenga que jugar. Estos dos autores definieron *el equilibrio secuencial*, un concepto de equilibrio equivalente al equilibrio bayesiano perfecto en muchas aplicaciones económicas, pero en algunas otras es un concepto más restrictivo.

Precisamente, los ejemplos económicos más interesantes tienen lugar para juegos bayesianos

que se desarrollan en un entorno dinámico y se aplican fundamentalmente en los juegos de señalización. Los juegos de señalización sirven para describir problemas económicos reales y su literatura comienza con el modelo de Spence (1973) que se produce entre un trabajador y un empresario. El trabajador tiene una información privada sobre su productividad, que el empresario desconoce, con lo cual es necesario que el trabajador emita una señal que, en este caso será la educación, para indicar su tipo. Según la señal emitida, el empresario elige una determinada acción, que será el nivel salarial pagado al trabajador.

Por último, cabe destacar que la interpretación de la forma normal fue modificada por Robert Aumann en 1974. Nash establecía que el intercambio de información entre los participantes de un juego debería ser entendida como otro movimiento del juego. Sin embargo, Aumann transformó esta interpretación definiendo el *equilibrio correlacionado*, para juegos donde las decisiones pueden estar correlacionadas. En este caso, se permite a los agentes obtener información antes de elegir sus propias estrategias, pero esto no se considera otro movimiento del juego. La ampliación del equilibrio correlacionado a los equilibrios bayesianos perfectos permitieron el desarrollo del mecanismo directo de incentivos compatibles (3), muy utilizados actualmente en el análisis de la economía de la información.

Mención aparte merece el trabajo de Schelling (1960) quien trata de interpretar la multiplicidad de equilibrios mediante su teoría de «focal-point effect». Según Schelling, cuando existen múltiples equilibrios los jugadores pueden centrarse en algún aspecto del juego que determine un equilibrio particular. En ese caso, las circunstancias que rodean el juego y que son de conocimiento público por parte de los agentes pueden llevar a que se produzcan acuerdos entre ellos y determinar el equilibrio final del juego. Myerson establece que este «focal-point effect» es probablemente más útil para entender situaciones reales de negociación que la solución de equilibrio de Nash.

(3) En este contexto MYERSON (1979) aporta el principio de revelación, por el cual cualquier equilibrio bayesiano de Nash en un juego bayesiano puede representarse mediante un mecanismo directo de incentivos compatibles.



COLABORACIONES

Existen además otros trabajos muy interesantes en teoría de juegos, que continuaron y continúan con la labor iniciada por Nash. Friedman (1990), Dixit y Nalebuff (1991), Myerson (1991), Fudenberg y Tirole (1991), Binmore (1992), Gibbons (1992) son algunos de los ejemplos más significativos acerca de los últimos estudios de teoría de juegos.

6. Un ejemplo real de aplicación de teoría de juegos

Una de las áreas económicas donde la teoría de juegos ha tenido más impacto en los últimos tiempos, es el de las subastas (4). Una subasta es un mecanismo que permite vender un determinado objeto entre un número de compradores que desea comprarlo. Si una subasta se modela como un juego estratégico, los jugadores del juego son los posibles compradores; las acciones de cada jugador son el conjunto de posibles apuestas; y la función de pagos de cada agente, vendrá dada por su valoración del bien menos el precio que debe de pagar. Las subastas constituyen, junto con los juegos de señalización, uno de los casos más importantes de aplicación de juegos con información incompleta en la economía. Es un caso de información incompleta, en la medida que las valoraciones que tienen del bien los jugadores son desconocidas.

Hoy en día muchos organismos utilizan las subastas como método de adjudicación de licencias. Por ejemplo, los Gobiernos han utilizado las subastas como medio para vender las licencias de telefonía móvil, para operar en los mercados descentralizados de electricidad, para privatizar empresas, etc. En Estados Unidos desde 1994, la Federal Communications Commission utiliza las subastas para dar licencias del espectro electromagnético (*electromagnetic spectrum*). En Europa, uno de los casos que ha generado más controversia últimamente es el de las subastas llevadas a cabo para adjudicar las licencias de telefonía móvil de tercera generación (*Universal Mobile Telecommunications System*). En esta sección

vamos a explicar únicamente cómo se han diseñado algunas de estas subastas, sin entrar en la polémica suscitada.

Los gobiernos de nueve países europeos han adjudicado las licencias de telefonía móvil de acceso a Internet mediante el sistema de subastas. Los diseños de estas subastas han sido distintos en cada país y, de este modo, los resultados obtenidos también.

A modo de ejemplo, vamos a describir el tipo de subasta utilizado por el gobierno inglés, aunque otros países como Italia, Suiza y Holanda también han utilizado el mismo sistema de subastas, aunque con algunas variaciones. Reino Unido fue el primer país que subastó las licencias de UMTS mediante el método de las subastas, y uno de los que más beneficios ha obtenido. Se subastaron cuatro licencias y el sistema utilizado fue el de una subasta tipo Anglo-Dutch (5), que resulta de la combinación de dos modelos de subasta: una subasta *tipo holandés* (Dutch), también llamada «subasta de primer precio» (denominada en inglés «sealed-bid auction») y una subasta *tipo inglés*, también llamada «subasta ascendente». En la «subasta de primer precio» el subastador empieza anunciando un precio alto. El precio se va rebajando gradualmente hasta que un comprador lo detiene. Por su parte, el modelo de «subasta *tipo inglés*» es el que se suele utilizar para vender cuadros y obras de arte, y se caracteriza porque el subastador fija un precio muy bajo, y los apostantes empiezan a subir su apuesta hasta que nadie da más, y la subasta se adjudica al máximo postor.

Para adjudicar las cuatro licencias de telefonía móvil, el gobierno inglés estableció que la puja comenzase con el tipo de subasta «ascendente» hasta que quedasen cinco apostantes. Las compañías realizaban varias pujas al día de forma similar a una partida de cartas, y debían igualar la oferta más alta para seguir concursando. A medida que pasaban los días algunas empresas se iban retirando del concurso, dado que su valoración del bien, era inferior al precio que se iba subas-

(4) VICKREY (1961) es el primer autor que elabora un trabajo de teoría de juegos aplicado a las subastas.

(5) Término acuñado por KLEMPERER (2001a, 2001b) quien precisamente aconsejó a la Radiocommunications Agency el diseño de esta subasta para otorgar las licencias de UMTS.



COLABORACIONES

tando. Al final quedaron cinco empresas concursantes con las cuales se realizó una subasta de *tipo holandés* para las cuatro licencias. Partiendo del nivel de precios corriente, se iban reduciendo las apuestas gradualmente hasta que las compañías detenían la subasta y se quedaban con la licencia. El objetivo de combinar los dos tipos de subastas, era el de evitar colusiones entre las distintas empresas y alcanzar la máxima eficiencia y el máximo beneficio.

Por último, señalar que fuera del contexto económico la teoría de juegos también ha servido para analizar problemas y conflictos sociales. En este sentido, podemos destacar el trabajo de Castillo y Salazar (2001), quienes analizan el conflicto armado colombiano mediante la teoría de juegos, estudiando las estrategias de todos los agentes que intervienen: la población civil, los paramilitares, el Gobierno, etc.

7. Conclusiones

La importancia que ha alcanzado el equilibrio de Nash en los últimos tiempos se debe a que se ha convertido en un instrumento muy útil a la hora de predecir el comportamiento de los agentes. Algún autor (6) va más allá y establece que el equilibrio de Nash en concreto y, en general, el marco metodológico de la teoría de juegos, debería utilizarse como herramienta para evaluar teorías en todas las ciencias sociales.

En el entorno económico, desde el primer trabajo publicado por Cournot en 1838, la teoría de juegos ha evolucionado ostensiblemente. El trabajo de Von Newman y Morgenstern permitió a Nash disponer de un marco, bajo el que desarrolló una metodología de análisis más general en la que suprimió dos de las restricciones más importantes de la literatura previa: los juegos de suma cero y la utilidad transferible. A partir de aquí han sido muchos los trabajos publicados que han ampliado el campo de la definición de equilibrio de Nash y que han permitido analizar juegos más complejos, como son los juegos bayesianos o con información incompleta. Con este tipo de juegos,

sobre todo en un entorno dinámico, ha sido posible analizar situaciones reales, como los problemas de señalización en distintos mercados o las subastas.

Por último, es importante mencionar que, paralelamente al desarrollo teórico de la teoría de juegos, ha tomado mucho protagonismo la experimentación con juegos (7). Este campo de análisis permite estudiar (bajo determinadas condiciones) si los resultados que predice la teoría de juegos, se cumplen o no en la práctica. Los experimentos con juegos permiten predecir en un laboratorio los resultados de una subasta, asignación de bienes públicos, etc. permitiendo modificar el proceso para mejorar el resultado.

Bibliografía

1. AUMANN, R. (1974): «Subjectivity and correlation in randomized strategies», *J. Math. Econ.*, volumen 1, páginas 67-96.
2. CASTILLO, P. y SALAZAR, B. (2001): *La hora de los dinosaurios: Conflicto y depredación en Colombia*, Colección Sociedad y Economía, número 1.
3. GIBBONS, R. (1992): *Un primer curso de teoría de juegos*, Antoni Bosch, Barcelona.
4. GIBBONS, R. (1996): *An introduction to applicable game theory*. Technical working paper series of NBER.
5. HARSANYI, J (1967-1968): «Games with incomplete information played by bayesian players», *Manage Science*, volumen 14, páginas 159-182, 320-334 y 486-502.
6. KLEMPERER, P. (2001a): *What really matters in auction design*, versión de mayo de 2001 disponible en <http://www.pauklemperer.org>
7. KLEMPERER, P. (2001b): *How (Not) to run auctions: the european 3G Telecom auctions*, versión de noviembre de 2001 disponible en <http://www.pauklemperer.org>
8. KREPS, D. y WILSON, R.: «Sequential equilibrium», *Econometría*, volumen 50, páginas 863-894.
9. KUHN, H. (1950): «Extensive games», *Proceedings Nat. Academy Sciences USA*, volumen 36, páginas 570-576.
10. KUHN, H. (1953): *Extensive games and the problem of information*, contributions to the theory of games. Ed. Princeton U. Press páginas 193-216.

(6) MYERSON, R.: *Entrevista sobre Nash y la teoría de juegos* (2002).

(7) En España uno de los laboratorios más importantes de juegos experimentales se encuentra en el departamento de Fundamentos del Análisis Económico de la Universidad de Alicante.



COLABORACIONES

11. MARTINEZ COLL, J. C. (2001): «La teoría de juegos», en *La economía de mercado, virtudes e inconvenientes*, <http://www.eumed.net/cursecon>, 13/3/2002.
12. MYERSON, R. B. (1999): «Nash equilibrium and the history of economic theory», *Journal of Economic Literature*, volumen 37, páginas 1.067-1.082.
13. NASH, J. (1950a): «The bargaining problem», *Econometría*, volumen 8, páginas 155-162.
14. NASH, J. (1950b): «Equilibrium points in n-person games», *Proceedings Nat. Academy Sciences USA*, volumen 36, páginas 48-49.
15. NASH, J (1951): «Noncooperative games», *Annals Math.*, volumen 54, páginas 289-295.
16. NASH, J (1953): «Two-person cooperative games», *Econometría*, volumen 21, páginas 128-140.
17. NASH, J (1996): «*Essays on game theory*», Cheltenham, UK: Edward Elgar.
18. REAL ACADEMIA SUECA DE CIENCIAS, Nota de prensa del 11 de octubre de 1994, en <http://www.nobel.se/economics/laureates/1994/press>.
19. SCHELLING, T (1960): «*Strategy of conflict*», Harvard U. Press.
20. SELTEN, R. (1965): «Spieltheoretische Behandlung eines Oligopolmodells mit Nach-fragefragheit», *Zeitschrift, fuer die gesampfte Staatswissenschaft*, volumen 121, páginas 301-329, 667-689.
21. SPENCE, A. M. (1973): «Job market signaling», *Quarterly Journal of Economics*, volumen 87, páginas 355-374.
22. VEGA, F. (2000): *Economía y juegos*, Antoni Bosch, Barcelona.
23. VICKREY, W. (1961): «Counterspeculation, auctions, and competitive sealed tenders», *J. Finance*, volumen 16, páginas 8-37.



COLABORACIONES

SECTOR EXTERIOR

2000



COMERCIO MUNDIAL Y TENDENCIAS
DE POLÍTICA COMERCIAL

EL SECTOR EXTERIOR EN ESPAÑA

ESTRUCTURA SECTORIAL DEL COMERCIO EXTERIOR

ESTRUCTURA GEOGRÁFICA DEL SECTOR EXTERIOR

COMERCIO EXTERIOR POR COMUNIDADES AUTÓNOMAS

LA POLÍTICA COMERCIAL ESPAÑOLA

APÉNDICE ESTADÍSTICO

Evolución histórica. Comercio exterior por sectores. Comercio exterior por áreas geográficas y países. Comercio exterior por comunidades autónomas. Turismo. Balanza de Pagos. Comercio internacional. Competitividad

Información:

Ministerio de Economía. Paseo de la Castellana, 162-Vestíbulo
28071 Madrid - Teléf. 91 349 36 47