Nobel de Economía 2005: la teoría de juegos

Carlos A. López Morales*

Los economistas que saben un poco de teoría de juegos están mucho mejor equipados para hacer frente a muchas preguntas importantes.

Thomas Schelling, primavera de 2005

Este ensayo hace una breve revisión sobre algunos aspectos de la teoría de juegos, en particular, aquellos relacionados con la obra de los galardonados con el Premio Nobel 2005 en Ciencias Económicas. Primero se dan datos biográficos de los dos galardonados, para luego presentar algunos conceptos básicos de teoría de juegos. Se expone, enseguida, el concepto de "mecanismo de coordinación" y el de "equilibrio correlacionado", razón principal del galardón a Robert Aumann. Después se discuten las amenazas no creíbles y los llamados "puntos focales", aportaciones principales de Thomas Schelling. Una breve discusión sobre la relevancia de la teoría de juegos para el economista latinoamericano cierra el documento.

Los galardonados

El norteamericano/israelí Robert J. Aumann, de 75 años, y el norteamericano Thomas C. Schelling, de 84, comparten el honor de recibir el premio Nobel en Economía 2005. Un escueto par de líneas acompañan al anuncio: "por haber mejorado nuestro entendimiento del conflicto y la cooperación a través del análisis con teoría de juegos". El curioso profano podrá sorprenderse de que exista en economía algo llamado "teoría de juegos", y más aún: podrá a lo mejor ofenderse de que la presumible poca seriedad que sugiere no haya impedido que dos de sus mejores exponentes fueran merecedores de semejante honor. Pero el economista no debería sorprenderse ante tal nombramiento: se trata, sin más, de grandes exponentes de una herramienta en extremo útil para la ciencia económica contemporánea.

Robert J. Aumann nació en 1930 en Frankfurt, Alemania. Obtuvo en 1955 su Ph.D. en matemáticas por el Massachusetts Institute of Technology. Forma parte de la planta docente del departamento de matemáticas de la Universidad Hebrea de Jerusalén desde 1956 y fue nombrado Emérito de la misma en 2001. Pero eso no le ha impedido distinguirse a lo largo de su extensa carrera como profesor visitante en las universidades de Princeton, Yale (donde participó en la Fundación Cowles), Tel-Aviv, Berkeley, la Católica de Louvain, Stanford y la estatal de Nueva York.

Es miembro, además, de la Academia Estadounidense de Artes y Ciencias (desde 1974), de la Academia Nacional de Ciencias estadounidense (desde 1985) y de la Academia de Ciencia y Humanidades israelí (desde 1989). Ha recibido, antes del Nobel, diversas distinciones, entre las que destacan el Premio Harvey 1983

* Economista. Forma parte del Comité Editorial de *Intervenciones*, Facultad de Economía, UNAM.

en Ciencia y Tecnología, otorgado por el Instituto Israelí de Tecnología, el Premio Israel 1994 en Economía, el Premio Manchester 1995 en Investigación de Operaciones y tres doctorados honorarios (por la Universidad de Bonn, en 1988; por la Católica de Louvain, en 1989, y por la Universidad de Chicago en 1992), entre varios más.

Thomas C. Schelling nació en 1921 en la californiana Oakland. Obtuvo su Ph.D. en economía por la Universidad de Harvard en 1951. Se distingue por haber participado, en Copenhague y en París, en el Plan Marshall entre 1948 y 1950. Su actividad relativa con el gobierno se complementa, además, por haber formado parte, entre 1945 y 1946, de la U.S. Bureau of the Budget y por haber estado dentro del círculo primario del presidente estadounidense Eisenhower, entre 1951 y 1953. Pero sus laureles académicos son quizá más notables, pues hoy es Emérito en el Departamento de Economía y Asuntos Públicos de la Universidad de Maryland y en la misma Universidad de Harvard, donde, además, ocupa la Cátedra "Lucius N. Littauer" de Economía Política.

Su carrera académica comenzó como profesor asociado en Yale, entre 1953 y 1958, para después obtener el nombramiento de Profesor de Economía en Harvard, que mantuvo hasta 1990. Es miembro de la Academia Nacional de Ciencias, del Instituto de Medicina, de la Academia Estadounidense de Artes y Ciencias y de la Asociación Económica Estadounidense (de la que fue presidente en 1991). Schelling ha sido distinguido con diversos premios, entre los que destacan el Premio de la Academia Nacional de Ciencias por investigación en comportamiento, el Premio 1993 por Prevención de la Guerra Nuclear y dos doctorados honorarios (por la RAND Graduate School of Policy Analysis y por la Universidad Erasmus de Rotterdam).

La carrera pública de ambos galardonados, a pesar de ser en sí misma impresionante, sólo palidece ante su imponente obra teórica, recogida ya, desde hace varios años, en los manuales especializados de teoría de juegos. Antes de presentar algunos de los aspectos de la obra de ambos, que han revolucionado los conceptos de interacción y de comportamiento, vayan primero algunas notas básicas sobre teoría de juegos, a fin de introducir conceptos.

Teoría de juegos: conceptos básicos

Cualquier curso básico de teoría de juegos (que bien podría atender, de menos, lo que varios manuales de microeconomía incluyen en capítulos especiales) podría bastar apenas para tener claro que un "juego" responde mucho a lo que la misma intuición puede sugerir, pues éste consta de un conjunto de jugadores que siguen estrategias sometidas a las reglas del juego (que siempre tendrán que especificarse), y que tienen preferencias sobre sus posibles resultados (por término medio, un jugador puede preferir "ganar" a "perder"). Por economía, se suele preferir una notación que abrevie estos enunciados, que bien puede ser la siguiente:

$$\Gamma = \{N, (A_n)_{n\in N}, (U_n)_{n\in N}\}, \quad (1)$$

donde Γ representa al juego definido por reglas específicas, N al conjunto de n jugadores, {1,2,…,n}, A_n al conjunto de k estrategias del enésimo jugador:

$$U_n : \underset{n\in N}{\times} A_n \rightarrow \Re$$

y U_n a su función de pagos. Cabe aclarar que U_n es una función tal que:

$$\left\{a^1{}_n, a^2{}_n, ..., a^k{}_n\right\}$$

lo que significa que tiene como dominio el producto cartesiano de los conjuntos individuales de estrategias y tiene como rango el conjunto de los números reales. Esto implica que el pago del jugador n no depende únicamente de su conjunto de estrategias A_n, sino de los conjuntos de estrategias de todos los jugadores, lo que informa mucho de la naturaleza estratégica del comportamiento. Un ejemplo convencional de un juego en forma estratégica como (1) es el dilema del prisionero (DP), que en la notación sugerida se representaría, para el caso de dos prisioneros, como:

$$DP = \left\{\{1,2\}, \left(\{C, NC\}\right)_{n\in\{1,2\}}, \left(U_n\right)_{n\in\{1,2\}}\right\}$$

Recuerde el lector que la situación del juego del DP es una en la cual dos sospechosos de cometer un delito son trasladados a cuartos separados de la comisaría para ser interrogados. Cada prisionero tiene como estrategias la de confesar (C) y la de no confesar (NC), pero no es posible comunicación alguna entre ellos.[1] Las reglas del juego impuestas por la policía implican que si ambos confiesan haber cometido el delito serán sometidos a, por ejemplo, 3 años en prisión. Si sólo uno de ellos confiesa, será liberado y usado como testigo en contra del otro, a quien se condenará por 4 años. Si ninguno confiesa, la policía no tendrá elementos para determinar quién es el culpable, pero aún así los encerrará un año por delito menor. Otra manera de representar el juego, y que puede resultar bastante familiar al lector, es a través de una tabla o matriz que asigne los pagos de cada jugador asociados con las posibles combinaciones de estrategias:[2]

Dilema del prisionero[3]

		NC	***C***
2	***NC***	3,3	0,<u>4</u>
	C	<u>4</u>,0	<u>1</u>,<u>1</u>

Una estrategia "de mejor respuesta" para cada prisionero es la mejor que puede jugar dado lo que el otro está haciendo, y tales estrategias dan los pagos que están subrayados en la tabla.[4] Así, por ejemplo, dado que el prisionero 2 eligió "no confesar", lo mejor que puede hacer el prisionero 1 es "confesar", pues así obtendrá un pago de 4, que siempre es mayor al pago de 3 que obtendría si jugara "no confesar". La combinación de estrategias (C,C) es un equilibrio de

[1] Es decir, no es posible la cooperación o coordinación. De allí que este juego pertenezca a la clase de juegos simultáneos no cooperativos.

[2] De acuerdo con la nota de prensa del 10 de octubre de 2005, la Real Academia de Ciencias sugiere que la tradicional representación de un juego en forma estratégica a través de las tablas se debe en buena parte a la creatividad de Schelling.

[3] Los pagos y las sentencias específicos del dilema del prisionero, así como la notación para el juego estratégico, son los sugeridos en Osborne y Rubinstein (1994).

[4] Nótese que los pagos para el jugador 1 se representan por el segundo elemento del par ordenado, mientras que los del jugador 2 por el primero.

Nash, pues la mejor estrategia para ambos jugadores dado que el otro confiesa es confesar. Generalizando esta idea del juego (1), podemos escribir la definición formal de un equilibrio de Nash:

Definición: un equilibrio de Nash para el juego $\Gamma = \{N, (A_n)_{n\in N}, (U_n)_{n\in N}\}$ es un perfil de estrategias $a^* = \{a^*_1, a^*_2, \ldots, a^*_n\}$ tal que $a^* \in \times_{n\in N} A_n$ y ocurre que

$$U_n\left(a^*_n, a^*_{-n}\right) \geq U_n\left(\hat{a}^*_n, a^*_{-n}\right) \forall \hat{a}_n \in A_n, \forall n \in N.$$

Es decir, el pago que el jugador n obtiene con la estrategia a^*_n, dado que los demás juegan a^*_n, es mayor o igual al que n obtendría de jugar cualquier estrategia diferente , dado que los demás están jugando a^*_n. Y esto es lo mismo para todas las estrategias y para todos los jugadores. Por tal motivo, cuando en el juego se observa el perfil de estrategias a^*, que en el ejemplo del DP sería (C,C), se dice que nadie tiene incentivos a moverse, y por tanto es un equilibrio de Nash. Ahora bien, del ejemplo del DP debe quedar claro que el equilibrio de Nash (C,C) no es eficiente en el sentido de Pareto, pues existe una distinta combinación de estrategias (NC,NC), tal que al menos un jugador está mejor, pues el pago es de 3 para ambos prisioneros.

Mucho más se puede decir sobre un juego en forma estratégica. Por ejemplo, uno puede extender el análisis hacia escenarios con incertidumbre. Las estrategias de los prisioneros en el juego DP ("confesar", "no confesar") son, en principio, mutuamente excluyentes. Es decir, si un prisionero juega "confesar" con certeza no puede jugar "no confesar" con certeza, pero sí que puede generar una distribución de probabilidad sobre sus estrategias y jugar, entonces, lo que en la jerga de juegos se llama una "estrategia mixta". Un prisionero audaz, por ejemplo, podrá asignar una distribución de probabilidad de 50% para cada estrategia, y jugar la estrategia mixta "confieso con 50% de probabilidad y no confieso con 50% de probabilidad". Sin embargo, su audacia no lo llevará al éxito, pues esa distribución particular de probabilidades no será un equilibrio en la "extensión mixta" del DP, pues la mejor respuesta mixta del otro prisionero será la de "confieso con 100% de probabilidad y no confieso con 0% de probabilidad".

Pero esto no es el caso para todos los juegos. Se puede comprobar que en otros juegos estratégicos convencionales (como el de "la batalla de los sexos", o el juego tradicional de lanzar una moneda) sí existen distribuciones de probabilidad para los jugadores tales que la distribución de probabilidad que un jugador asigna a sus estrategias es la mejor respuesta ante la distribución de probabilidad asignada por los demás jugadores. En otras palabras, existen equilibrios de Nash en estrategias mixtas. La curiosidad podrá llevar a corroborar que cualquier equilibrio de Nash en estrategias "puras", que son aquellas que se juegan con certeza, es un equilibrio de Nash en estrategias mixtas. Y por si fuera poco, se puede asegurar que toda vez que un juego cumpla con determinadas condiciones,[5] siempre existe un equilibrio de Nash, al menos en estrategias mixtas.

Correlación y conocimiento

Pero la obra de los laureados este año no se puede representar con este tipo de juegos, que no son más que la formalización del problema estratégico básico. Su obra va a terrenos bastante más complejos, y que por lo mismo requieren de una matemática un tanto más compleja. Intentemos llegar allí usando el planteamiento de arriba. Hasta ahora, tenemos jugadores que juegan estrategias razonables con probabilidad positiva (que bien puede ser igual a uno, como en el caso de estrategias puras), y será posible para nosotros analizar la existencia de equilibrios de Nash y predecir el conjunto de estrategias que los jugadores tomarán. Bien podríamos asumir que cada vez que los jugadores se enfrenten al juego (en un juego repetido, por ejemplo) se comportarán de acuerdo a las predicciones, y tomarán las estrategias de equilibrio una y otra vez. Pero esto bien podría depender de otras cosas.

Veamos, para ilustrar la idea básica del equilibrio correlacionado, uno de los ejemplos más famosos proporcionado por el mismo Aumann (1974). Consideremos un juego de tres jugadores representado en las siguientes tres tablas. El jugador 1 y el jugador 2 tienen dos estrategias (R,L) y (U,D), respectivamente, mientras el jugador tres tiene tres estrategias, consistentes en tres conjuntos de resultados posibles del juego (A,B,C).

Juego estratégico de tres jugadores

C		1	
		R	L
2	U	$\underline{0},\underline{0},0$	$\underline{0},\underline{0},\underline{0}$
	D	$\underline{0},\underline{1},\underline{0}$	$\underline{0},0,\underline{3}$
B		1	
		R	L
2	U	$\underline{2},\underline{2},2$	$0,0,\underline{0}$
	D	$0,0,\underline{0}$	$\underline{2},\underline{2},2$
A		1	
		R	L
2	U	$0,\underline{0},\underline{3}$	$\underline{0},\underline{0},\underline{0}$
	D	$\underline{1},\underline{0},\underline{0}$	$\underline{0},\underline{0},0$

Fuente: Shubik (1992).

El jugador 1 elige columnas, el jugador 2 elige filas y el jugador 3 elige tablas. Los pagos son tripletas en las que el primer número corresponde al pago del jugador 2, el segundo al del jugador 1 y el tercero al del 3. Al igual que en el ejemplo del DP, los pagos derivados de las estrategias de mejor respuesta son los que están subrayados. Los equilibrios de Nash en estrategias puras son aquellas combinaciones en las que los tres números de la tripleta están subrayados. Es fácil ver que los pagos de las combinaciones de equilibrio Nash son (1,0,0), (0,1,0) y (0,0,0). Como vemos, no es muy plausible esperarse que en verdad ocurra una combinación de estrategias tal que se obtenga el mayor pago para los tres jugadores, como con las combinaciones (U,R,B) y (D,L,B).

Pero la no factibilidad de ese resultado bajo el comportamiento estratégico no cooperativo puede hacerse a un lado si se crea un mecanismo de coordinación entre los jugadores, tal que

[5] Recogidas en teoremas matemáticos de existencia de punto fijo, como el demostrado por Kakutani.

ahora sea óptimo jugar la combinación de estrategias (U,R,B) o la (D,L,B), o bien una combinación de ambas. Imaginemos que los jugadores 1 y 2 se coordinan y establecen cierta correlación entre sus estrategias. Imaginemos que acuerdan que el mecanismo de coordinación sea el lanzamiento de una moneda balanceada: si cae sol, ambos juegan (U,R), y si cae águila juegan (D,L). Dado que los jugadores 1 y 2 están coordinados de esta manera, es fácil probar que será óptimo para el jugador 3 jugar la tabla B con certeza, lo que da un pago esperado para los tres jugadores igual a 2, siempre mayor a lo que podían obtener bajo cualquiera de los equilibrios de Nash.

Este resultado es un "equilibrio correlacionado", y, como vemos, es menos restrictivo que el equilibrio de Nash, pero no por ello deja de incluirlo. En otras palabras, el conjunto de equilibrios de Nash está contenido en el conjunto de equilibrios correlacionados de un juego. Y cualquier equilibrio de Nash podrá ser un equilibrio correlacionado para algún mecanismo de coordinación, aunque lo contrario no se cumple por necesidad. A partir del ejemplo dado, puede resultar conveniente dar la definición formal de un mecanismo de coordinación.

Definición: un mecanismo de coordinación, $\{\Omega,(\Pi_n)_{n\varepsilon N}, (P_n)_{n\varepsilon N}\}$ consta de

El conjunto de k estados de la naturaleza, $\Omega = \{\varpi_1, \varpi_2, ..., \varpi_k\}$

Una función de probabilidad de cada estado de la naturaleza para cada jugador, $\Pi_n\!: \Omega \rightarrow [0,1]$, *con* $\sum_{i=1} \Pi_n(\varpi_i) = 1$,

y una partición de conocimiento P_n para cada jugador.

Así, el conjunto Ω contiene a todos los posibles estados de la naturaleza, que en el ejemplo de arriba son dos (águila y sol). Ahora bien, cada jugador asigna una distribución de probabilidad sobre el conjunto de estados de la naturaleza (que en el caso de la moneda balanceada será asignar 50% de probabilidad al evento "águila" y 50% al evento "sol"). La partición de conocimiento para cada jugador recoge lo que cada jugador "sabe" respecto a la situación del juego. En el ejemplo, la partición de conocimiento de los jugadores 1 y 2 será equivalente, pues para ambos será conocimiento común el resultado del lanzamiento de la moneda. La partición del jugador 3 será, en cambio, "menos fina", es decir, podrá distinguir menos estados de la naturaleza, pues la coordinación entre 1 y 2 impide que para él le sea revelado el resultado del lanzamiento.

El establecimiento de una relación formal entre el equilibro de Nash y el equilibrio correlacionado pasa, además de tomar en cuenta algún mecanismo de coordinación, por la definición de funciones medibles en Ω y en A_n, pero la definición de tales funciones para una explicación rebasa los propósitos de esta presentación. De todas formas, se remite al lector a revisar Osbourne y Rubinstein (1994), para abundar en el equilibrio correlacionado, y en Lucas y Stockey (1994), para ver una buena presentación resumida sobre funciones medibles. Por el ejemplo queda claro que el resultado del equilibrio correlacionado depende mucho de lo que los jugadores conozcan de un parámetro externo (el resultado de lanzar una moneda). Por tanto, mucho se puede analizar sobre un juego cooperativo si se tiene alguna idea sobre lo que los jugadores conocen respecto al conocimiento de otros jugadores. Se trata, sin más, del común "yo sé que tú sabes que yo sé que tú sabes…".

Si es posible definir un evento dentro del conjunto de estados de la naturaleza tal que los jugadores puedan saber con certeza la ocurrencia de ese evento y, además, pueden saber que los demás saben que dicho evento ocurrirá con certeza, y además cualquier jugador pueda saber que los demás saben que él sabe que dicho evento ocurrirá con certeza, entonces se dice que el evento es "conocimiento común". Sin embargo, si algún evento es conocimiento común no quiere decir que haya siempre un acuerdo entre los jugadores (como el de jugar tal o cual combinación de estrategias convenientes), pues dicho evento bien podría ser el disentimiento entre ellos. Cuando un evento de conocimiento común implica el conflicto entre los jugadores, éstos habrán mantenido un acuerdo hacia el desacuerdo, un acuerdo que implica la ausencia de acuerdos (el famoso agree to disagree de Aumann).

La idea de "conocimiento común y equilibrios correlacionados" puede modificar el comportamiento de los jugadores y desviarlos de las estrategias que el equilibrio de Nash predice y, en consecuencia, puede llevar al juego a terminar en una situación diferente a la que el equilibrio de Nash predice, como se puede ver con el juego de los tres jugadores y el lanzamiento de la moneda. Además, si un jugador tiene un conocimiento sobre el entorno del juego que supera al conocimiento de su oponente, el primero podrá llevar alguna ventaja sobre el segundo. De hecho, se puede demostrar que a medida que un jugador distinga un mayor número de estados de la naturaleza (lo que equivale a decir que su partición de conocimiento sea "mas fina") su pago esperado crece. Por otro lado, el análisis del conocimiento de los jugadores sobre las circunstancias del juego podría llevar a entender la racionalidad de determinados comportamientos que pueden aparecer como irracionales bajo el enfoque estándar del equilibrio de Nash.

Amenazas no creíbles y "puntos focales"

Si bien Aumann se distingue por el uso de la herramienta matemática para el desarrollo de nuevos conceptos, Schelling se distingue porque su habilidad y creatividad; no depende del uso exhaustivo de los artificios formalizadores, aunque con el tiempo sí que se han formalizado sus ideas. Se ocupó de los motivos del comportamiento individual en un contexto colectivo, y de allí que muchas de sus aportaciones a la teoría de juegos son también cercanas al campo de la economía del comportamiento. Su análisis teórico tenía como "insumos" diversos aspectos del comportamiento humano en la vida cotidiana, a primera vista poco interesante, pero que a menudo lo llevó a obtener resultados que se aplicaban en asuntos sustanciales de la política internacional. Las situaciones que le interesaban son bastante familiares. Considere una en la que dos personas acuerdan reunirse en un momento determinado en una zona dada, pero olvidan acordar el lugar preciso de la reunión. Por lo general, no pasará mucho tiempo para que ambos encuentren una solución de coordinación, o "punto focal", y se encuentren en algún sitio conocido por ambos.[6] Los individuos, sugiere Schelling, suelen encontrar una forma de coordinarse sin la existencia de comunicación.

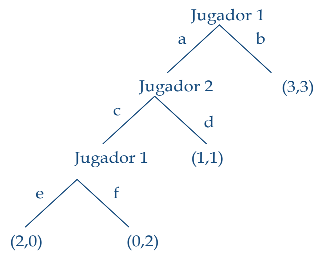
La posibilidad de la coordinación sin comunicación y la existencia de puntos focales lo llevaron a comprender la naturaleza de los procesos de negociación. En el caso de los amigos que están buscando la forma para encontrarse, el resultado exitoso no depende de un proceso de negociación exitoso, pues no es posible que se comuniquen entre sí, sino que depende de la expectativa de que el resultado del juego no puede ser sino exitoso. Ahora bien, Schelling sugiere que en los procesos en los que se permite la comunicación y la negociación, la existencia de ciertos puntos focales o de determinadas expectativas sobre el resultado de juego puede dirigir la negociación a tal o cual resultado. Por ello Schelling suele afirmar que "el evento más importante del siglo XX es uno que no ocurrió", refiriéndose al proceso estratégico de la carrera armamentista y de proliferación de armas nucleares durante la guerra fría, en el que él tuvo bastante que ver, pues a pesar de que el lanzamiento de tales armas podía ser una amenaza bastante creíble, estaba más o menos claro que las partes involucradas no deseaban una guerra nuclear, y tal convicción, y no la negociación, bien pudo haberla evitado.

Su participación en actividades gubernamentales e internacionales, y su creatividad característica, lo llevaron a interesarse en conceptos hasta entonces poco claros, como las amenazas creíbles en juegos no simultáneos y sus efectos sobre el comportamiento de los jugadores. Para ver un poco sobre esto consideremos, primero, que un juego no simultáneo difiere mucho del juego (1) que vimos más arriba. En un juego no simultáneo, o en forma extensiva, los jugadores no juegan al mismo tiempo, sino en sucesión: si tuviésemos dos jugadores, podemos pensar que primero juega uno, luego el otro, luego de nueva cuenta al primero y así con cada turno. En este tipo de juegos, los jugadores pueden tener diversas acciones, al igual que en el juego (1), pero una estrategia será algo diferente: no nada más representa la decisión de tomar una acción, sino que se configura como un plan contingente, es decir, una guía de lo que el jugador debería de hacer fuera de la trayectoria de equilibrio. El siguiente ejemplo puede ilustrar estas ideas. Consideremos un

[6] Considere, para ilustrar el asunto, un caso familiar: dos personas se dan cita en la estación del Metro "Hidalgo", por ejemplo, pero no especificaron exactamente dónde; poco tiempo pasará antes de que las personas se encuentren abajo del reloj. Otro ejemplo: el de una familia que asiste a un acto masivo, como un concierto o algún evento deportivo; si por alguna razón los miembros de la familia se perdieran en la multitud, puede ocurrir que al poco tiempo se encuentren en el estacionamiento. Los puntos focales son, para estos casos, el reloj del metro y el estacionamiento.

juego secuencial de dos jugadores en el que el jugador 1 juega antes y después del jugador 2.

Sea que las acciones de las que dispone el jugador 1 son {a,b,e,f} mientras que las del jugador 2 son {c,d} Dado el carácter secuencial del juego, lo podemos representar de la siguiente manera:



Fuente: Osborne y Rubinstein (1994)

El jugador 1 comienza el juego eligiendo entre *a* y *b*. Si elige *b*, se acaba el juego con pagos de 3 para ambos jugadores. Si elige *a*, entonces juega el jugador 2 eligiendo entre *c* y *d*. Si elige *d*, se acaba el juego con pagos iguales a uno para ambos jugadores. Si elige *c* entonces el jugador 1 juega nuevamente y por última ocasión, eligiendo entre *e* y *f* y originando los respectivos pagos. A pesar de la naturaleza secuencial del juego extensivo, a veces es posible representarlo por medio de las convencionales tablas, como a continuación se sugiere. Nótese que las estrategias son ahora planes contingentes, y no sólo acciones.

		Jugador 2	
		c	*d*
Jugador 1	*ae*	2,0	1,$\underline{1}$
	af	0,$\underline{2}$	1,1
	be	$\underline{3}$,$\underline{3}$	$\underline{3}$,$\underline{3}$
	bf	$\underline{3}$,$\underline{3}$	$\underline{3}$,$\underline{3}$

La estrategia *ae* del jugador 1 informa que tomará primero la acción *a* y luego la acción *e*. El hecho de que las estrategias son planes contingentes se ejemplifica bien con las estrategias *be* y *bf* del jugador 1, pues a pesar de que es claro que si toma la acción *b* el juego se termina, su estrategia o plan contingente le dice qué acción debería tomar en el caso poco probable de que volviera a jugar. Como se puede notar en la tabla, el conjunto de equilibrios de Nash del juego extensivo contiene al conjunto {(be,c),(be,d),(bf,c,) ,bf,d)}. Sin embargo, dicho conjunto no permite predecir el verdadero resultado del juego, pues contiene equilibrios basados en amenazas no creíbles. Para ver esto, consideremos el par (be,c). Este par informa que el jugador 1 esta jugando *b* en el primer turno (por lo que el juego se acaba). Pero este par de estrategias dice que el jugador 2 jugaría *c* si tuviera oportunidad y que como respuesta a eso el jugador 1 tomaría la acción *e*.

Pero esa historia es poco creíble, pues dado que el jugador 1 jugaría e en el segundo turno (asegurando un pago de 2,0), lo óptimo para el jugador 2 es elegir d en lugar de *c*, pues eso asegura un pago de 1,1. El lector puede comprobar que lo mismo pasa con las estrategias (*bf,c*) y (*bf,d*). El único par de estrategias que se sustenta en amenazas creíbles es (*be,d*), pues dado que el jugador 1 juega e en el segundo turno, es óptimo para el jugador 2 elegir *d*, y dado que esto ocurre es óptimo que el jugador 1 elija *b*. Por tanto, se dice que el par (*be,d*) es un equilibrio de Nash "de sub-juego perfecto", pues las estrategias de los jugadores los llevan a tomar acciones que son óptimas para cada etapa o turno del juego. Con este ejemplo debiese quedar claro que un jugador puede lanzar amenazas con respecto a sus futuras acciones. Para que dichas amenazas sean tomadas en cuenta, e influyan en el comportamiento de los otros jugadores, deben ser creíbles.

Teoría de juegos en América Latina

Los hechos particulares que llevaron tanto a Aumann como a Schelling a desarrollar técnicas y conceptos sobre el comportamiento estratégico fueron, principalmente, el sistema político bipartidista de Estados Unidos y la carrera armamentista (incluida la proliferación de armas atómicas) de la guerra fría. Sin embargo, la teoría de juegos, incluyendo, claro está, las aportaciones de los galardonados con el Nobel 2005, no debe resultar ajena a la problemática latinoamericana, pues el comportamiento estratégico aparece en diversas aristas de la vida política y económica de nuestras sociedades.

La teoría de juegos puede utilizarse para el análisis del comportamiento estratégico de los actores políticos en la búsqueda electoral del poder, pues serán allí visibles, por ejemplo, sus incentivos a establecer alianzas electorales y otro tipo de acciones conjuntas. Los conflictos laborales entre sindicatos y patrones pueden también ser analizados con teoría de juegos, pues allí puede ser claro si cualquier plan de acción sindical, por ejemplo un emplazamiento a huelga, es o no una amenaza creíble. Para el caso mexicano, la interacción entre los poderes ejecutivo y legislativo, y la interacción entre los grupos políticos que integran este último, puede sin duda simularse y analizarse con esta herramienta.

Por lo que hace a lo económico, en general, las aplicaciones pueden ser innumerables. Puede ser utilizada, por ejemplo, en el análisis del comportamiento estratégico de los participantes de un mercado oligopólico, en el que puede incluirse, si así fuera pertinente, a una institución reguladora que cambia las reglas del juego.[7] En cuanto a la política económica y a su implementación, más en específico, la teoría de juegos puede decir bastante. Dado que el responsable latinoamericano de política económica intenta, casi por definición, ganarse la confianza de los agentes económicos domésticos y externos, la utilización de juegos particulares –como los bayesianos– puede ayudar a analizar los escenarios de credibilidad de las acciones de política. De igual forma, los juegos en forma estratégica pueden ayudar a representar los motivos de los agentes para realizar ataques especulativos contra alguna moneda local ante diversos escenarios de reservas internacionales, lo que resulta ser un fenómeno de cierta familiaridad en la historia reciente latinoamericana (ver tabla siguiente).

Problemas de coordinación de los agentes bajo fundamentos macroeconómicos alternativos

		1	
		mantiene	*vende*
2	*mantiene*	0,0	0,-1
	vende	-1,0	-1,-1

[7] De hecho, es posible representar de una manera sencilla en juegos en forma estratégica y extensiva los casos básicos de competencia oligopólica en precios y en cantidades, como puede ser corroborado en los manuales introductorios a la teoría de juegos (ver Gibbons, 1999).

Situación de reservas internacionales altas

	1 *mantiene*	*vende*
2 *mantiene*	0,0	0,2
vende	2,0	0.5,05

Situación de reservas internacionales bajas

	1 *mantiene*	*vende*
2 *mantiene*	0,0	0,-1
vende	-1,0	1.5,1.5

Situación intermedia

Fuente: Castillo y Contreras (2003).

En el ejemplo anterior se representan tres situaciones a las que podrían enfrentarse dos tenedores de alguna moneda local latinoamericana. Si el banco central cuenta con reservas internacionales elevadas, y por tanto con cierta capacidad para defender la moneda local, los agentes encontrarán como mejor opción la de mantener sus activos denominados en ella. Si las reservas internacionales del instituto emisor están en un nivel intermedio, los agentes bien podrían mantener sus activos en moneda local o bien podrían venderlos. En este caso, si los agentes están en el equilibrio (mantiene, mantiene), y por tanto teniendo pagos iguales a cero, podrían fijar algún mecanismo para coordinarse y pasar al equilibrio (vende, vende), donde ambos obtienen pagos mayores. Por último, si las reservas del banco central son escasas, podría ocurrir que lo mejor que los agentes pueden hacer es vender la moneda local, sentando así las bases de un ataque especulativo contra dicha moneda.[8]

Hoy en día es claro que la teoría de juegos es una reflexión seria acerca del comportamiento estratégico, y podrá aplicarse donde quiera que éste aparezca. Diversas ciencias han llegado a utilizarla para hacer frente a problemas diversos, por lo que no es extraño que a los profesionales en formación que son los universitarios se les conduzca, cada vez más, a su tratamiento sistemático. La ciencia política, e incluso la ecología, son disciplinas que ejemplifican lo anterior. Dado que la actividad económica es, con mucho, resultado de algún tipo de comportamiento estratégico de los agentes participantes, para el economista no resulta una teoría ajena, sino que es una de las herramientas fundamentales para su ejercicio de investigación desde hace ya algún tiempo ▪

Bibliografía

Aumann, Robert, "Subjectivity and correlation in randomized strategies", *Journal of Mathematical Economics* 1, 1974, pp. 67-96.

Castillo, Francisco y Hugo Contreras, "Moratoria brasileña en 2003: ¿una profecía autovalidante?, *Carta de Políticas Públicas en México y en el mundo*, año 4 núm. 17, Facultad de Economía, UNAM, 2003.

Gibbons, Robert, Un primer curso de teoría de juegos, Antoni Bosch, Barcelona, 1992.

Lucas, Robert J. y Nancy Stockey, *Recursive Methods in Economic* Dynamics, Harvard University Press, Cambridge, 1994.

Osborne, Martin y Ariel Rubinstein, A *Course in Game Theory*, Massachusetts Institute of Technology, Nueva York, 1994.

Real Academia de Ciencias, *Supplementary Information to Press Release,* 10 Oct 2005, www.nobelprize.org, 2005.

Shubik, Martin, *Teoría de juegos en las ciencias sociales. Conceptos y soluciones,* Fondo de Cultura Económica, México, 1982.

[8] Ver Castillo y Contreras (2003) para una aplicación a la crisis del real brasileño.