DERECHO Y ECONOMÍA

ERES “PREDECIBLE”: BREVE INTRODUCCIÓN A LA “TEORÍA DE JUEGOS Y EL DERECHO”

Flores Borda, Guillermo
Center for Game Theory in Law
Agosto 31, 2011

CLASSIFICATION JEL: C79, K00
E-Mail: gflores@munizlaw.com, gtcenter@pucp.edu.pe
Cargo: Director del Center for Game Theory in Law / Abogado del Área Financiera de Estudio Muñiz, Ramírez, Pérez-Taiman & Olaya

I.1 HISTORIA Y CREACIÓN DE LA TEORÍA DE LOS JUEGOS.

En principio, la teoría de juegos fue creada por el matemático John von Neumann y el economista Oskar Morgenstern mediante la publicación de su libro denominado ‘Theory of Games and Economic Behavior” (‘Teoría de Juegos y Comportamiento Económico”) en el año 1944.

Al respecto, señala Rasmusen[1]: ‘Generalmente, se considera que la teoría de juegos inició con la publicación del libro ‘Theory of Games and Economic Behavior” de von Neumann y Morgenstern en 1944. (…) (que) introdujo la idea de que el conflicto podría ser analizado matemáticamente y proveyó la terminología con la cual hacerlo.”

No obstante, el libro en mención se habría basado en la investigación previa desarrollada por el propio von Neumann en el libro publicado en el año 1928 denominado ‘Zur Theorie des Gesellschaftspiele” (‘Sobre la Teoría de los Juegos de Mesa”), en que:

(i) Analiza la estructura de aquellos aquéllos juegos de mesa en que los jugadores llevan a cabo cierto comportamiento estratégico (tales como póker y ajedrez) a fin de predecir la conducta de los jugadores.

(ii) Señala que el análisis matemático de los juegos de mesa podría tener aplicaciones económicas, al ser que todo evento que implica la participación de dos (2) o más personas podría analizarse como si fuera un juego de estrategia en que intereses distintos se contraponen.

Nacido en Budapest, Hungría en 1903, John von Neumann fue profesor de la facultad de matemática de la Universidad de Princeton, investigador en el Institute for Advanced Study con Einstein y Gödel y el matemático puro de más alto rango en el Proyecto Manhattan liderado por Oppenheimer desde 1943 en adelante, siendo su contribución más importante al proyecto la creación del método de implosión de la bomba atómica con combustible nuclear, la cual redujo el tiempo de su elaboración en cerca de un (1) año. El mayor afán científico de von Neumann fue descubrir una teoría que ayudara a predecir el comportamiento humano, encontrándose desarrollando una teoría del cerebro humano al momento de su muerte.

Por su parte, Oskar Morgenstern nació el año 1902 en Görlitz, Alemania y fue criado en la ciudad de Viena. Luego de ganar una beca de tres (3) años otorgada por la Fundación Rockefeller y encontrándose en la Universidad de Princeton, Morgenstern decide quedarse en Estados Unidos de América debido a la marcha de Hitler sobre Viena. Crítico por naturaleza, Morgenstern resaltó las carencias de la teoría económica de ese momento para analizar la interdependencia entre las decisiones de los actores económicos, que fue lo que lo llevó a unirse a von Neumann para desarrollar una teoría que proporcionara a la economía las herramientas necesarias para probar sus conclusiones a un nivel formal (i.e. mediante modelos matemáticos).

En tal sentido, la idea de von Neumann y Morgenstern al publicar ‘Theory of Games and Economic Behavior” era proveer a la economía de una base científica a través de la cual los economistas pudieran probar sus propuestas, lo que determinó que actualmente eésta haya pasado de ser una suerte de filosofía de la racionalidad a convertirse en una ciencia analítica del comportamiento racional humano.

No obstante, aún cuando el libro creó la referida teoría de juegos y desarrolló los juegos cooperativos[2], eéste no contenía todas las herramientas necesarias para lograr el objetivo deseado, dado que:

(i) El capítulo relacionado a juegos suma-cero[3] de dos (2) jugadores que probaba la existencia de soluciones para eéstos a través del denominado "teorema de minimax" (minimax theorem) tiene, aunque gran importancia científica, poca o ninguna aplicación en la vida real. En eésta, pocas son las situaciones de conflicto puro en que los intereses de las partes se contraponen completamente, ya que incluso en la guerra hay algún espacio para la cooperación.

(ii) El capítulo relacionado a juegos suma-cero con más de dos (2) jugadores no probaba que existiera una solución para eéstos.

(iii) El capítulo relacionado a juegos no-suma-cero, que son los juegos más comunes en la vida real, no se encontraba adecuadamente desarrollado y no presentaba una solución para éestos.

Al respecto, la incapacidad de von Neumann para desarrollar los conceptos de juego no-cooperativo y juego no-suma-cero tendría explicación en su percepción personal de las relaciones humanas:

(i) Respecto de los juegos no-cooperativos, von Neumann era una persona bastante sociable que, luego de asesorar la creación de la bomba atómica en el Proyecto Manhattan conjuntamente con físicos, matemáticos e ingenieros provenientes de todo el mundo, tenía la impresión de que las personas se encontraban en constante comunicación y cooperación, por lo que se enfocó en la importancia de las coaliciones puras (i.e. los juegos cooperativos).

(ii) Respecto de los juegos no-suma-cero, dado que su único acercamiento a conflictos bélicos provenía del análisis de la segunda guerra mundial en que quien detonara la bomba atómica primero sería el ganador, era natural que entendiera que la ganancia de uno equivalía exactamente a la pérdida del rival, por lo que se enfocó en el análisis de los conflictos puros (i.e. el desarrollo de juegos suma-cero).

No obstante, John Forbes Nash Jr., nacido en West Virginia, Estados Unidos en el año 1928, un hombre solitario debido a su incómoda excentricidad y arrogancia, tenía la impresión de que las personas deseaban comunicarse lo menos posible y que actuaban de manera independiente y egoísta, por lo que su análisis de la teoría de juegos se centró en descubrir soluciones para situaciones de conflicto en que los jugadores no podían comunicarse pero aún así tenían algún espacio para cooperar (i.e. el desarrollo de juegos no-cooperativos y los juegos no-suma-cero).

Por tanto, era natural que el profesor y genio del momento, y el estudiante petulante y genio por descubrir se mantuvieran enemistados debido a sus perspectivas contrapuestas respecto de la teoría de juegos, más aún considerando que Nash le habría comentado a David Gale, compañero de clases y genio matemático nombrado miembro de la National Academy of Sciences, que creía ser capaz de generalizar el teorema de minimax de von Neumann y demostrar la existencia de un equilibrio para los juegos suma-cero de más de dos jugadores e, incluso, los juegos no-suma-cero, lo cual von Neumann no había podido lograr.

Así, a sólo un año de haber ingresado a la facultad de matemáticas de la Universidad de Princeton y con Albert Tucker (creador del denominado "dilema del prisionero") como asesor, Nash publicó el paper denominado "Non-Cooperative Games" ("Juegos No-Cooperativos") en octubre de 1950, en el que crea el denominado "equilibrio de Nash" para demostrar lo antes señalado, el cual generaría especial interés en la armada estadounidense.

Durante la Segunda Guerra Mundial, la armada estadounidense había contratado diversos científicos, matemáticos y economistas para lograr crear la bomba atómica y establecer la estrategia militar a utilizar. Sin embargo, cuando la guerra llegó a su fin, la fuerza aérea estadounidense comprendió que debía retener el talento de sus asesores, por lo que fundó RAND Corporation (siglas correspondientes a "Research and Development"), el primer think tank del mundo, como una organización sin fines de lucro en el año 1945, la cual se convertiría en la encargada de establecer la estrategia militar a utilizar durante la guerra fría.

En tal sentido, RAND Corporation desarrolló la estrategia militar de la guerra fría mediante la aplicación de los juegos no-cooperativos, el equilibrio de Nash y el concepto de "credible threats" ("amenazas creíbles")[4] desarrollado por Nash, Lloyd Shapley y Martin Shubik.

Al respecto, debemos mencionar que RAND Corporation ha contado entre sus miembros con treinta (30) premios Nobel, entre los cuales se encuentran siete (7) premios Nobel de Economía relacionados al desarrollo de la teoría de juegos: (i) Kenneth Arrow (autor del "Teorema de la Imposibilidad de Arrow", 1972); (ii) Leonid Hurwicz (2007); (iii) Robert J. Aumann (2005); (iv) Thomas Schelling (2005); (v) Gerard Debreu (1983); (vi) Edmund S. Phelps (2006); y, (vii) John F. Nash Jr. (1994).

No obstante, cabe resaltar que otras cuatro (4) personas han sido galardonadas con el premio Nobel de Economía por sus investigaciones en teoría de juegos: (i) Reinhard Selten y John C. Harsanyi (1994); y, (ii) Roger Myerson y Eric

Maskin (2007).

Asimismo, RAND ha contado entre sus miembros con personajes tales como: (i) Samuel Cohen (creador de la bomba de neutrones); (ii) Henry Kissinger (ex -secretario de estado estadounidense y premio Nobel de la Paz en 1973); (iii) Paul Samuelson (premio Nobel de Economía en 1970); (iv) Herbert A. Simon (premio Nobel de Economía en 1978 y creador del concepto de "bounded rationality"[5]); (v) Condoleezza Rice (ex -secretaria de estado estadounidense); y, (vi) Donald Rumsfeld (ex - secretario de defensa estadounidense).

Actualmente, la teoría de juegos es utilizada para analizar todo campo de la ciencia en que ocurra algún tipo de comportamiento estratégico a cualquier nivel (sean seres humanos, cuerpos celestes o formas de vida inferiores), con especial enfoque en matemática pura, economía, física, política, negociaciones, comportamiento electoral, biología evolutiva, relaciones internacionales, política, psicología y antropología, entre otros.

No obstante lo señalado, el derecho no es ajeno a la teoría de juegos, como bien señalan Baird, Gertner y Picker[6]:

"El análisis legal que usa teoría de juegos al analizar problemas legales es vasto y creciente. Por ejemplo, (…) Jackson (1982) aplica el dilema del prisionero al derecho de bancarrotas. Cooter, Marks y Mnookin (1982) realizan uno de los primeros estudios para usar un modelo juego-teorético explícito para examinar qué es lo que ocurre antes de un juicio. (…) Mnookin y Kornhauser (1979) y Mnookin y Wilson (1989) examinan la negociación estratégica en el contexto del derecho de familia y de bancarrota, respectivamente. Katz (1990) usa teoría de juegos para analizar el problema de la oferta y la aceptación en el derecho de contratos; (…) y Gordon (1991) y Leebron (1991) lo usan para observar el derecho corporativo. (…) Ellickson (1991) usa teoría de juegos para mostrar cómo la costumbre puede trabajar de casi la misma manera que las normas."

Actualmente, la Game Theory Society (Sociedad de Teoría de Juegos)[7] y el Center for Game Theory in Economics (Centro de Teoría de Juegos en Economía) organizan una reunión anual denominada "International Conference on Game Theory" (Conferencia Internacional en Teoría de Juegos), a la cual asisten más de ciento cincuenta (150) investigadores invitados de Estados Unidos, Europa, Asia y América Latina para exponer el estado de sus investigaciones y aportes al desarrollo de la teoría de juegos.

I.2 DEFINICIÓN DE TEORÍA DE JUEGOS.

Como señaláramos, el deseo de von Neumann era desarrollar una teoría sistemática del comportamiento racional humano a partir del análisis de la estructura de juegos de mesa en que los jugadores llevaran a cabo cierto comportamiento estratégico.

A modo de introducción, debe realizarse una diferenciación entre la teoría de decisión (decision theory) y la teoría de juegos.

Al respecto, la teoría de decisión analiza cuál sería la mejor estrategia a adoptar por una persona en los casos en que la interacción de otras personas es irrelevante.
Por otro lado, la teoría de juegos es una teoría de decisión interactiva que analiza cuál es la mejor estrategia que una persona (con determinadas preferencias) puede adoptar para maximizar su utilidad cuando la interacción de otras personas (con preferencias iguales, similares o distintas) es relevante para la toma de una decisión, dado que las estrategias utilizadas por ellos podrían afectar su utilidad.

En tal sentido, la teoría de juegos intenta capturar matemáticamente el comportamiento racional en situaciones estratégicas en las que el éxito de un individuo al tomar decisiones depende de las decisiones que otros individuos adopten.

Al respecto, Harsanyi[8] realiza una interesante definición de teoría de juegos, al compararla con la ética: "(…) Teoría de juegos se ocupa de dos o más individuos que continuamente tienen diferentes intereses quienes tratan de maximizar sus propios intereses (egoístas o no) de una manera racional en contra de todos los otros individuos que de igual manera tratan de maximizar sus propios intereses (egoístas o no) de manera racional. En contraste, la ética se ocupa de dos o más individuos que continuamente tienen diferentes intereses personales, aunque tratando de promover los intereses comunes de la sociedad de una manera racional."

Por ejemplo, en un juego de ajedrez, antes de mover una pieza, el jugador toma en cuenta cuál será la jugada que utilizará su oponente como respuesta a su propia jugada y qué nueva jugada propia utilizará para contrarrestar su respuesta y qué hará el oponente ante la nueva jugada propia, y así en adelante.

Asimismo, la teoría de juegos podría ser utilizada por: (i) un legislador para asegurarse que la norma legal que ha modelado será aceptada por los ciudadanos; (ii) un sindicato para elegir si ir a huelga, hacer uso del arbitraje o desarrollar comportamiento de concesión en la etapa de negociación directa; (iii) un candidato presidencial para elegir la facción a adoptar (izquierda, derecha o centro); o, (iv) el Estado para decidir a qué empresa otorgar una concesión.

I.3 LOS JUEGOS.

I.3.1 Elementos de los juegos.

Los elementos de todo juego son los siguientes:

(i) Los jugadores (players):

Los jugadores son los individuos que adoptan estrategias con la finalidad de maximizar su función de utilidad individual.

(ii) Las estrategias (strategies):

Las estrategias son las acciones disponibles que cada jugador puede adoptar. El conjunto de las estrategias disponibles para cada jugador es denominado "set de estrategias" (strategy set).

(iii) Los pagos (payoffs):

Cada jugador debe escoger una estrategia respecto de la cual los otros jugadores escogerán sus mejores contra-estrategias ante éesta. La combinación de la estrategia adoptada por el jugador y la de los otros jugadores determinará los pagos que correspondan a cada uno.

En tal sentido, el pago representa la ganancia o pérdida del jugador proveniente de la combinación de las estrategias utilizadas por cada uno de los jugadores.

(iv) Información:

La información está comprendida por todo dato que los jugadores están en capacidad de conocer al momento de adoptar su estrategia, la cual puede ser completa o incompleta.

I.3.2 Formas de representación de los juegos.

Un juego puede ser representado de tres (3) formas:

(i) Extensiva (extensive form).

En forma extensiva, los juegos son representados como árboles (trees) en los que los jugadores se representan con números encima de los nudos (i.e. 1 y 2).

Cada nudo (node) del árbol representa un punto de decisión para el jugador (i.e. el momento en que el jugador debe elegir entre una u otra estrategia) y las líneas debajo del nudo representan las posibles estrategias del jugador.

Al respecto, se suele utilizar líneas punteadas para conectar dos (2) nudos diferentes, dando a entender que son parte del mismo set de información (i.e. los jugadores no saben en qué nudo se encuentran).

Los pagos se especifican al final del árbol.

La forma extensiva suele ser utilizada para representar juegos secuenciales[9]. En tal sentido, los juegos representados de forma extensiva pueden ser tanto juegos de información perfecta como juegos de información imperfecta.

A modo de ejemplo, veamos el siguiente caso:

En un mercado pequeño, las cerveceras podrían obtener ganancias extremas si incrementaran sus precios y redujeran su producción de manera simultánea, ya que las leyes prohíben la concertación de precios expresa, pero no la concertación de precios tácita.

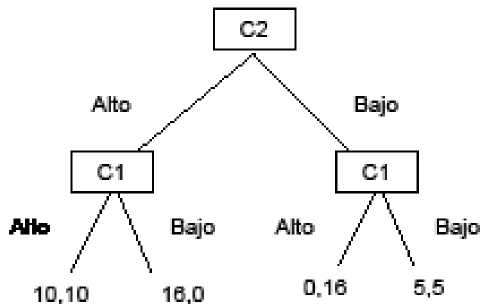
Al respecto, asumamos que existen dos (2) cerveceras (Cervecera 1 y Cervecera 2), las cuales pueden elegir entre dos (2) precios (Precio Alto y Precio Bajo).

Como puede observarse, las ganancias son mayores para los jugadores si ambos escogen "Precio Alto" como su estrategia (10 para Cervecera 1 y 10 para Cervecera 2).

No obstante, ambos jugadores tienen incentivos para escoger "Precio Bajo", dado lo siguiente:

(a) Si Cervecera 2 escoge "Precio Alto", Cervecera 1 ganaría 6 más al escoger "Precio Bajo" (16 para Cervecera 1 y 0 para Cervecera 2) que al escoger "Precio Alto" (10 para Cervecera 1 y 10 para Cervecera 2).

(b) Si Cervecera 2 escoge "Precio Bajo", Cervecera 1 ganaría 5 más al escoger "Precio Bajo" (5 para Cervecera 1 y 5 para Cervecera 2) que al escoger "Precio Alto" (0 para Cervecera 1 y 16 para Cervecera 2).



En tal sentido, Cervecera 1 escogerá "Precio Bajo" sin importar qué estrategia escoja Cervecera 2.

La forma extensiva no será empleada en la presente tesis.

(ii) Normal (normal form).

La forma normal se utiliza para representar juegos simultáneos[10]. En tal sentido, los juegos representados de forma normal suelen ser juegos de información imperfecta.

La forma normal o estratégica (strategic form) se representa mediante matrices (matrix) que muestran a los jugadores, sus estrategias y los pagos. Cada matriz cuenta con dos (2) jugadores, uno que elige la fila y otro que elige la columna. Cada jugador tiene dos (2) estrategias, las cuales se especifican mediante el número de filas y el número de columnas, respectivamente. Los pagos a cada jugador se encuentran al interior. El primer número es el pago recibido por el jugador de la fila y el segundo número es el pago recibido por el jugador de la columna.

La forma normal es de gran utilidad para identificar las estrategias estrictamente dominadas[11] de un juego, así como el correspondiente equilibrio de Nash[12].

A modo de ejemplo, veamos el caso desarrollado en forma extensiva en forma normal:

		Precio Alto	Precio Bajo
Cervecera 1	Precio Alto	10, 10	0, 16
	Precio Bajo	16, 0	5, 5

Como puede observarse, las ganancias son mayores para los jugadores si ambos escogen "Precio Alto" como su estrategia. No obstante, ambos jugadores tienen incentivos para escoger "Precio Bajo", dado lo siguiente:

(a) Si Cervecera 2 escoge "Precio Alto", Cervecera 1 ganaría 6 más al escoger "Precio Bajo" (16 para Cervecera 1 y 0 para Cervecera 2) que al escoger "Precio Alto" (10 para Cervecera 1 y 10 para Cervecera 2).

(b) Si Cervecera 2 escoge "Precio Bajo", Cervecera 1 ganaría 5 más al escoger "Precio Bajo" (5 para Cervecera 1 y 5 para Cervecera 2) que al escoger "Precio Alto" (0 para Cervecera 1 y 16 para Cervecera 2).

En tal sentido, Cervecera 1 escogerá "Precio Bajo" sin importar qué estrategia escoja Cervecera 2.

Por otro lado, dado que los pagos son los mismos tanto para Cervecera 1 como para Cervecera 2, Cervecera 2 también tiene incentivos para escoger "Precio Bajo" sin importar qué estrategia escoja Cervecera 1.

Este juego sería un clásico "dilema del prisionero", dado que ambos jugadores terminarán eligiendo "Precio Bajo" aún cuando ganarían mucho más eligiendo "Precio Alto".

La forma normal será un medio de representación secundario en la presente tesis.

(iii) Funciones.

Las funciones de utilidad están compuestas por diferentes variables que las definen.

Por ejemplo, la función de utilidad del jugador i representada está definida por las variables (que es la variable utilizada para representar una norma legal) y (que representa un punto de equilibrio en que todos los jugadores se encuentran empleando estrategias mediante las cuales cumplen con la norma legal).

$$U_i = U_i(\bar{s}, r)$$

En tal sentido, la función de utilidad significa que el jugador i obtiene una utilidad personal del cumplimiento de la norma legal por parte de todos los demás jugadores.

Las funciones serán el principal medio de representación empleado en la presente tesis.

I.3.3 Tipos de juego.

(i) Juegos cooperativos o no-cooperativos.

Los juegos cooperativos (cooperative games) son aquellos juegos en que existe comunicación ilimitada, por lo que es posible generar acuerdos vinculantes. En tal sentido, la teoría de juegos cooperativos trata de calcular la totalidad de posibles acuerdos provenientes de las interrelaciones de las diferentes coaliciones formadas por los jugadores.

En contraste, los juegos no-cooperativos son aquellos juegos en que no existe comunicación alguna, por lo que no es posible establecer acuerdos vinculantes. En tal sentido, la teoría de juegos no-cooperativos (non-cooperative games) trata de explicar la formación de equilibrios en ausencia de coaliciones y asumiendo que cada jugador actúa independientemente sin comunicación con los otros.

Finalmente y debido a que la denominación de "cooperativo" y "no-cooperativo" podría llevar a confusión, Rasmusen[13] señala que: "la diferencia entre los juegos cooperativos y no-cooperativos no radica en el conflicto o ausencia de conflicto, como se muestra en los siguientes ejemplos comúnmente modelados de una manera u otra:

Un juego cooperativo sin conflicto: los trabajadores de una empresa eligen cuál de las igualmente arduas tareas realizar para lograr una mejor coordinación entre ellos.

Un juego cooperativo con conflicto: la negociación sobre el precio entre un monopolista y un monopsonista.

Un juego no-cooperativo con conflicto: el dilema del prisionero.

Un juego no-cooperativo sin conflicto: dos compañías establecen el estándar de un producto sin comunicación."

(ii) Juegos suma-cero o no-suma-cero.

Los juegos suma-cero son aquéllos en que los jugadores no pueden incrementar o disminuir los recursos disponibles. En tal sentido, los beneficios totales en juegos suma-cero siempre suman cero (e.g. como en una partida de póker, en que un jugador obtiene como ganancia exactamente lo que el otro jugador obtiene como pérdida).

Los juegos suma-cero son utilizados para representar actividades tales como la guerra (aunque aún en ésta existe alguna posibilidad de cooperación e incremento de los recursos disponibles).

Los juegos no-suma-cero son aquéllos en que los beneficios totales pueden ser mayores o menores a cero (e.g. como en el dilema del prisionero, en que la ganancia obtenida por un jugador no corresponde a la pérdida sufrida por el otro jugador).

Estos juegos son utilizados para representar la mayoría de las situaciones económicas reales, dado que casi siempre es posible generar ganancias provenientes del intercambio entre los jugadores.

(iii) Juegos simultáneos o secuenciales.

Los juegos simultáneos son aquéllos en que los jugadores eligen sus estrategias simultáneamente o, cuando menos, desconocen las estrategias de los otros jugadores al momento de adoptarlas. Estos juegos son representados en forma normal.

Por otro lado, los juegos secuenciales son aquéllos en que los jugadores posteriores tienen cierto conocimiento de las estrategias seleccionadas por los jugadores anteriores, lo cual puede implicar que poseen información perfecta o no. Estos juegos son representados en forma extensiva.

(iv) Juegos con información completa y perfecta.

Los juegos de información completa son aquéllos en que cada jugador conoce: (a) los pagos propios y los del otro jugador; y, (b) las estrategias disponibles para él y para el otro jugador.

En contraste, los juegos de información incompleta son aquéllos en que un jugador no conoce al menos uno (1) de los dos (2) elementos señalados.

Los juegos de información perfecta (i.e. perfecta y completa) son aquéllos en que cada jugador conoce: (a) los pagos propios y los del otro jugador; (b) las estrategias disponibles para él y para el otro jugador; y, (c) la estrategia efectivamente utilizada por el otro jugador.

En contraste, los juegos de información completa pero imperfecta son aquéllos en que cada jugador: (a) conoce los pagos propios y los del otro jugador y las estrategias disponibles para él y para el otro jugador; pero, (b) no conoce la estrategia efectivamente utilizada por el otro jugador.

I.3.4 Análisis de juegos.

El comportamiento estratégico de un jugador puede ser anticipado mediante el estudio de:

(i) Su racionalidad, que implica analizar si el jugador emplea el conocimiento (knowledge) que posee de las variables aplicables al juego y efectúa un adecuado cómputo de éstas para adoptar su mejor estrategia.

(ii) Su conocimiento común de la racionalidad, que implica analizar si el jugador adopta su mejor estrategia bajo la presunción de que los otros jugadores: (a) son racionales (i.e. emplean el conocimiento que poseen de las variables del juego y efectúan un adecuado cómputo de eéstas para adoptar su mejor estrategia); y, (b) asumen que él también es racional.

(iii) Su concepto de equilibrio, que implica analizar si su juego es óptimo dado que siempre adopta su estrategia bajo creencias correctas sobre los otros jugadores.

(iv) Su concepto de dominancia, que implica investigar si el otro jugador nunca juega una estrategia que es peor que otra (i.e. no juega estrategias estrictamente dominadas).

En tal sentido, para poder anticipar el comportamiento estratégico de un jugador deberá llevarse a cabo el análisis de tales supuestos básicos.

Al respecto, cabe señalar que el jugador siempre puede confiar en la dominancia (i.e. la utilización de estrategias dominantes) cuando uno de los otros supuestos básicos no se cumple respecto de un juego específico.

I.3.4.1Racionalidad clásica (rationality) y racionalidad limitada (bounded rationality).

El concepto de racionalidad ha sido desarrollado bajo las siguientes dos (2) perspectivas:

(i) Racionalidad clásica.

La racionalidad clásica asume que cada jugador optará por utilizar su mejor estrategia disponible respecto de las estrategias utilizadas por el resto de jugadores con la finalidad de maximizar su pago. Sin embargo, para adoptar su mejor estrategia disponible, el jugador deberá tener en cuenta las potenciales estrategias que los otros jugadores puedan utilizar como respuesta.

Al respecto, el jugador deberá formarse un concepto general respecto de las acciones del resto de jugadores, al cual se denominará 'expectativa". Esta expectativa es generada a partir de 'experiencia pasada suficiente", que es la experiencia obtenida por el jugador por haber jugado el juego con anterioridad y que se asume suficiente para que sea capaz de prever el comportamiento de los otros jugadores.

Sin embargo, debe entenderse que el jugador utiliza la expectativa obtenida mediante esta experiencia pasada suficiente para analizar cada jugada de cada juego de manera aislada. Es decir, el jugador asimila la expectativa de tal manera que no fija parámetros de acción respecto de cada tipo de jugador en especial, por lo que no condiciona su estrategia respecto del oponente que enfrenta y tampoco espera que su estrategia afecte el comportamiento futuro de otros jugadores.

En la vida real, una persona puede encontrarse en un mismo escenario de situación muchas veces en el transcurso del tiempo, pero frente a personas distintas en cada situación particular.

Por ejemplo, diariamente suelo tomar un taxi para trasladarme de mi casa al estudio de abogados en que trabajo. Desde mi experiencia en negociaciones realizadas con cientos de taxistas distintos, entiendo que el precio justo a pagar es de S/. 7.00 (Siete y 00/100 Nuevos Soles), por lo que mi estrategia es siempre ofrecer tal monto como pago sin importar el taxista en particular con el que tenga que negociar en ese día en específico. Es más, suelo indicar la dirección y el monto que pienso pagar inmediatamente después de que el taxi se ha detenido, dado que deseo maximizar mi utilidad ahorrando el máximo de tiempo.

En teoría de juegos ocurre lo mismo. Un jugador puede jugar un mismo juego repetidas ocasiones ante jugadores distintos, aplicando a todos ellos el mismo parámetro de acción dado que su expectativa de los otros jugadores en ese juego en particular lo lleva a establecer un parámetro de acción respecto de jugadores "típicos" y no respecto de jugadores específicos. Luego, basado en ese parámetro de acción, el jugador procede a utilizar la estrategia que maximice su función de utilidad individual bajo la expectativa que tiene.

Es decir, se entiende que un jugador es racional cuando emplea la estrategia más adecuada para él dadas las estrategias empleadas por los otros jugadores y basado en la expectativa que posee respecto de éstos a fin de maximizar su pago.

No obstante, cabe recalcar lo señalado por Harsanyi[14] (Nobel en Economía, 1994) respecto a la naturaleza normativa del comportamiento racional:

"(…) el comportamiento racional no es descriptivo sino más bien un concepto normativo. No trata de decirnos cómo es el comportamiento humano de hecho, sino que más bien nos dice cómo debería ser con la finalidad de satisfacer la consistencia y otros requisitos de la racionalidad perfecta."

Por tanto, si bien el análisis de un juego específico bajo teoría de juegos debe presumir la racionalidad de los jugadores, debe considerarse que la racionalidad no predice el comportamiento de los jugadores sino que proporciona un marco de acción para la adopción de estrategias.

En tal sentido, la racionalidad clásica asume que cada jugador tiene como única motivación la maximización de su pago y cuenta con un nivel óptimo de las siguientes dos (2) propiedades:

(a) Conocimiento (knowledge).

Cada jugador: (a) conoce quiénes son los otros jugadores; (b) conoce sus pagos y los de los otros jugadores; (c) conoce las estrategias disponibles para él y para los otros jugadores; y, (d) cuenta con "experiencia pasada suficiente" para generarse una expectativa correcta respecto de los otros jugadores.

(b) Capacidad de cómputo (computational capacity).

Cada jugador cuenta con la capacidad para computar todo el conocimiento y determinar con precisión cuál es la estrategia óptima que le permite maximizar su pago en un nivel mayor al de las demás estrategias disponibles.

(ii) Racionalidad limitada (bounded rationality).

Como parece ser evidente, los jugadores no son "racionales" en el sentido propuesto por la racionalidad clásica.

Al respecto, Herbert A. Simon propuso el concepto de "racionalidad limitada" en el año 1957 en el artículo denominado "A Behavioral Model of Rational Choice" ("Un Modelo Conductual de la Decisión Racional").

La "racionalidad limitada" implica entender que los jugadores no son capaces de determinar cuáles son sus estrategias "óptimas" y "racionales" para obtener el resultado óptimo en un juego específico, sino que únicamente son capaces de calcular cuáles son sus estrategias "satisfactorias" para obtener un resultado "satisfactorio" que le permita cumplir con sus metas en un juego específico, dado que enfrentan dos (2) tipos de limitaciones:

(a) Limitaciones cognitivas de la racionalidad:

Es decir, los jugadores en la vida real no cuentan con conocimiento completo y no tienen una capacidad de cómputo ilimitada.

(b) Limitaciones motivacionales de la racionalidad:

Es decir, los jugadores en la vida real toman en cuenta múltiples motivaciones al momento de elegir sus estrategias, las cuales no necesariamente implican la maximización de sus pagos.

En tal sentido, el concepto de "racionalidad limitada" es el parámetro más cercano a la racionalidad que los jugadores realmente poseen.

I.3.4.2Conocimiento común de la racionalidad (rationality's common knowledge).

La racionalidad clásica asume que la racionalidad es un conocimiento común, por lo que se entiende que cada jugador conoce que: (i) cada jugador es racional; y, (ii) cada jugador sabe que cada jugador es racional.

No obstante, dado que los jugadores adoptarían sus estrategias bajo "racionalidad limitada", el análisis del juego debería realizarse bajo las siguientes presunciones: (i) cada jugador es "limitadamente racional"; y, (ii) cada jugador conoce que cada jugador es "limitadamente racional".

I.3.4.3 Equilibrio de Nash (Nash equilibrium).

(i) Descripción.

Para definir el equilibrio de un juego utilizaremos el concepto de "equilibrio de Nash", dado que es el concepto de equilibrio más aceptado en matemática aplicada y economía.

El equilibrio de Nash es la combinación de estrategias (una adoptada por cada jugador) respecto de la cual ningún jugador tiene incentivos para cambiar la suya unilateralmente en tanto los otros jugadores no lo hagan.

En tal sentido, la combinación de estrategias es un equilibrio de Nash si el cambio de estrategia de un jugador le otorga a eéste un pago menor que el que habría obtenido de mantener su estrategia inicial.

Por tanto, el equilibrio de Nash es el resultado de un juego cuando jugadores racionales interactúan de la siguiente manera: (a) cada jugador juega su mejor estrategia respecto de las estrategias jugadas por el resto de jugadores; y, (b) ningún jugador tiene incentivos para cambiar su estrategia unilateralmente (i.e. su estrategia actual es la mejor para él en tanto los otros jugadores no cambien la suya).

Así, el equilibrio de Nash asume que cada jugador tiene creencias correctas sobre la estrategia que utilizará el otro jugador.

El equilibrio de Nash comprende dos (2) componentes, según la siguiente definición formal:

(a) Primer componente: cada jugador elige su estrategia de manera racional (i.e. tomando en cuenta su expectativa respecto de las estrategias de los otros jugadores).

Si el perfil de estrategias (strategy profile) es el mismo equilibrio de Nash s* cada vez que el juego es jugado (con cualquier jugador o jugadores), entonces ningún jugador tiene incentivos para elegir una estrategia diferente a su estrategia comprendida dentro del equilibrio de Nash s*.

En tal sentido, un equilibrio de Nash implica la existencia de una "norma social estable", dado que ningún jugador desea separarse de ésta si todos los jugadores se adhieren a ella.

(b) Segundo componente: la expectativa de cada jugador respecto de las estrategias de los otros jugadores es correcta.

Se entiende que la expectativa de cada jugador respecto de las acciones de los otros jugadores es correcta cuando dos (2) jugadores distintos tienen una misma expectativa respecto de las acciones de un tercer jugador.

(ii) Definición[15].

La definición del equilibrio de Nash sería la siguiente:

(a) s es un perfil de estrategias en que la acción del jugador i es si.
(b) s'i representa cualquier estrategia igual o diferente a si del jugador i.
(c) (s'i, s-i) es el perfil de estrategias en que el jugador i escoge s'i y cada jugador j excepto i elige su estrategia sJ.

Como puede observarse, la estrategia de los jugadores j (i.e. s-i) tiene una anotación "-i" que significa "excepto i".

(d) Como señalamos en el literal (b), s'i podría ser igual o diferente a si:

(1) En caso s'i no sea igual a si, (s'i, s-i) sería un perfil de acción en el cual todos los jugadores j menos i se adhieren al perfil de estrategias s mientras que el jugador i se "desvía" a s'i.

(2) En caso s'i sea igual a si, (s'i, s-i) sería un perfil de estrategias en el cual todos los jugadores j y el jugador i se adhieren al perfil de acción s:

(2.1) (si, s-i) resultaría de reemplazar s'i por si en el perfil de estrategias (s'i, s-i).

(2.2) (si, s-i) representaría el perfil de estrategias en que el jugador i elige si y todos los jugadores j (i.e. todos los jugadores restantes del juego que no son el jugador i) eligen s-i.

(2.3) Dado que si y s-i representan todas las estrategias del perfil de estrategias s, (si, s-i) es igual al perfil de estrategias s.

(2.4) Así, (s'i, s-i) = (si, s-i) = s.

Por lo tanto, si existiesen tres (3) jugadores:

(a) (s'2, s-2) sería el perfil de estrategias en que los jugadores 1 y 3 se adhieren a s (el jugador 1 elige s1 y el jugador 3 elige s3, representados ambos por s-2) y el jugador 2 se 'desvía" a s'2.

(b) (s'2, s-2) sería el perfil de estrategias en que los jugadores 1, 2 y 3 se adhieren a s.

En tal sentido, un equilibrio de Nash es un perfil de estrategias s* en que ningún jugador i puede obtener un pago mejor eligiendo una estrategia diferente de s*i en tanto los jugadores j eligen s*J.

Siendo así, el perfil de estrategias s* es un equilibrio de Nash en tanto ningún jugador i tenga una estrategia si por la que prefiera el perfil de estrategias (si, s*-i) al perfil de estrategias s* (i.e. (s*i, s*-i)) en tanto los jugadores j mantengan su estrategia s*-i.

Asimismo, para todo jugador i y toda estrategia si del jugador i, el perfil de estrategias s* (i.e. (s*i, s*-i)) es al menos tan bueno para el jugador i como el perfil de estrategias (si, s*-i).

En tal sentido, para toda estrategia si del jugador i, la utilidad del perfil de estrategias s* (i.e. (s*i, s*-i)) debe ser mayor o, cuando menos, igual a la utilidad del perfil de estrategias (si, s*-i), representado de la siguiente manera: ui (s*) ≥ ui (si, s*-i)

(iii) Ejemplos.

(a) Norma legal de prohibición de homicidio:

Toda nación cuenta con una norma legal prohibiendo la comisión de homicidios la cual comprende una sanción para aquel jugador que cometa uno, dado que cada jugador (y la sociedad en general) obtiene una mayor utilidad cuando se prohíbe este tipo de práctica que cuando no se establece una limitación al respecto.

En tal sentido, la norma legal de prohibición de homicidio es la forma en que se intenta preservar un equilibrio de Nash s* (s*i, s*-i) en que todos los jugadores i emplean estrategias 'no cometer homicidio" dentro del perfil de estrategias s*, ya que cada jugador entiende que es mejor utilizar estrategias 'no cometer homicidio" para que los demás utilicen también estrategias 'no cometer homicidio".

Al respecto, asumamos que todos los jugadores j emplean estrategias de 'no cometer homicidio" representadas por s*-i y que un jugador i decide emplear una estrategia de 'cometer homicidio" representada por si, ya que prefiere el beneficio inmediato menor de eliminar a otro jugador que el beneficio mediato mayor de vivir libre en una sociedad que respeta el derecho a la vida.

Tal jugador i obtendría un pago menor dado que recibiría una sanción por haberse desviado del equilibrio de Nash s* (s*i, s*-i), con lo que efectivamente ningún jugador i obtiene un pago mejor eligiendo una estrategia 'cometer homicidio" representada por si en tanto que el resto de la sociedad (i.e. los jugadores j) emplea estrategias 'no cometer homicidio" representadas por s*-i.

(b) Servicios públicos:

En Perú, en principio, servicios públicos tales como las prestaciones de salud y la educación otorgados por instalaciones públicas dependientes de los respectivos ministerios no requieren de pago alguno por parte de los ciudadanos.

Asumamos que en Perú existen 1,050 potenciales alumnos: (1) 50 potenciales alumnos de colegios privados de alto costo y buena reputación; y, (2) 1,000 potenciales alumnos de colegios estatales, colegios privados de bajo costo y mala reputación y de ningún colegio.

Respecto de los 1,000 potenciales alumnos que no podrán asistir a un colegio privado de buena reputación dado que sus padres no pueden pagarlo, se requeriría contratar para los colegios estatales un profesor por cada 100 niños para darles una buena educación, pero el estado sólo puede pagar 8 profesores. Así, los colegios estatales prestarán: (1) una educación adecuada, si se matriculan 800 niños o menos; y, (2) una mala educación, si se matriculan más de 800 niños.

Los padres que no pueden pagar un colegio privado de buena reputación sólo tendrían las siguientes estrategias: (1) enviar a su hijo a un colegio estatal, en tanto hayan menos de 800 niños matriculados (con una utilidad ui*); (2) enviar a su hijo a un colegio privado de mala reputación (con una utilidad ui', dado que ui' < ui*); (3) enviar a su hijo a un colegio estatal cuando ya haya más de 800 niños matriculados (con una utilidad ui,, dado que ui, < ui' < ui*); o, (4) no enviar a su hijo a ningún colegio (con una utilidad de 0).

En tal sentido, no podría decirse que un padre que envía a su hijo a un colegio privado de mala reputación ha utilizado una mala estrategia dado que, bajo la creencia de que la mayoría de padres mandará a sus hijos a colegios estatales para evitar pagar una mensualidad, es aún su mejor estrategia disponible dadas las estrategias empleadas por el resto de padres, en tanto éstos no decidan cambiarla.

Es decir, la proliferación de colegios privados de mala reputación en Lima podría deberse a que los padres de familia que no pueden pagar colegios privados de buena reputación se encuentran jugando lo que consideran es su mejor estrategia.

I.3.4.4 Dominancia (dominance).

Al respecto, se entiende que existe dominancia (i.e. que una estrategia domina a otra) cuando la utilización de una estrategia determinada otorga al jugador un pago mayor que la utilización de otras, sin importar la estrategia que los otros jugadores utilicen.

En tal sentido, una estrategia s domina a una estrategia s' si s siempre otorga al menos un pago igual al de la estrategia s'.

Ahora bien, la estrategia s (respecto de la estrategia s') puede ser:

(i) Estrictamente dominante, si la estrategia s siempre otorga un pago mayor al de la estrategia s' al jugador i, sin importar qué estrategia escoja el otro jugador j.

(ii) Débilmente dominante, si la estrategia s otorga un pago mayor al de la estrategia s' al jugador i respecto de ciertas estrategias del otro jugador j y otorga un pago igual a la estrategia s' al jugador i respecto del resto de estrategias del otro jugador j.

Asimismo, la estrategia s' (respecto de la estrategia s) puede ser:

(i) Estrictamente dominada, si la estrategia s' otorga un pago menor al de la estrategia s al jugador i, sin importar qué estrategia escoja el otro jugador j.

(ii) Débilmente dominada, cuando la estrategia s' otorga un pago menor al de la estrategia s al jugador i respecto de ciertas estrategias del otro jugador j y otorga un pago igual a la estrategia s respecto del resto de estrategias del otro jugador j.

1 *RASMUSEN, Eric, "Games and Information: an introduction to game theory", Blackwell Publishers Ltd., Estados Unidos, 2001 (Tercera Edición), página 1.*

2 *Por favor, diríjase a la sección I.3.3 para una definición de juegos cooperati vos.*

3 *Por favor, diríjase a la sección I.3.3 para una definición de juegos suma-cero y no-suma-cero.*

4 *El juego constaba de cuatro etapas: (i) etapa uno: cada jugador elige una amenaza, estableciendo que eso será lo que hará en caso no lleguen a un acuerdo; (ii) etapa dos: cada jugador informa al otro de su amenaza; (iii) etapa tres: cada jugador elige una demanda que representa un resultado equivalente a cierto valor, de manera que si el acuerdo no le garantiza tal valor, éeste no lo aceptará; (iv) etapa cuatro: se llega a un acuerdo que satisfaga ambas demandas o las amenazas se llevan a cabo. Mediante el concepto de "amenaza creíble", Nash demostró que cada jugador cuenta con una amenaza "óptima" que asegura que se llegue a un acuerdo sin importar qué estrategia escoja el otro jugador (i.e. la detonación de una bomba de hidrógeno), lo cual fue especialmente útil para evitar que se desate una guerra nuclear durante la guerra fría.*

5 *Para una definición de "bounded rationality", por favor diríjase a la subsección I.3.4.1.*

6 *BAIRD, Douglas; GERTNER Robert; PICKER, Randal, "Game Theory and the Law", Harvard University Press, Estados Unidos de América, 1995, página 5.*

7 *Conformada por los premios Nobel en Economía Kenneth J. Arrow, Robert J. Aumann, Gerard Debreu, John F. Nash Jr., Thomas Schelling y Reinhard Selten.*

8 *HARSANYI, John C., "Game and Decision Theoretic Models in Ethics", en "Handbook of Game Theory with economic applications" editado por Robert J. Aumann y Sergiu Hart, Volumen 1, North Holland, 1992, Estados Unidos, página 672.*

9 *Por favor, diríjase al literal (iii) de la subsección I.3.3 para una definición de juegos secuenciales.*

10 *Por favor, diríjase al literal (iii) de la sección I.3.3 para una definición de juegos simultáneos.*

11 *Por favor, diríjase a la sección I.3.4.4 para una definición de dominancia.*

12 *Por favor, diríjase a la sección I.3.4.3 para una definición de equilibrio de Nash.*

13 *RASMUSEN, Eric, op.cit., página 22.*

14 *HARSANYI, John C., op.cit., página 671.*

15 *La definición de equilibrio de Nash aquí presentada es una adaptación de la elaborada por Eric Rasmusen en "Games and Information: an introduction to game theory".*