Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, FLACSO Ecuador
Departamento de Desarrollo, Ambiente y Territorio
Convocatoria 2017-2019

Tesis para obtener el título de maestría de Investigación en Economía del Desarrollo

Cooperación en el juego del ciempiés: Un enfoque bayesiano

Cinthya Daniela Barrera Rodríguez

Asesor: Wilson Pérez
Lectores: María Cristina Vallejo y Jhon Cajas

Quito, diciembre de 2019

Dedicatoria

A mis padres, quienes son mi razón y a quienes les debo todo. Gracias por su amor y apoyo incondicional a lo largo de todo este caminar, sin ustedes no hubiese sido posible lograrlo. Son mi ejemplo y motivación para alcanzar todo lo propuesto.

Con amor, Cinthya

Tabla de contenidos

Ilustraciones

Figuras

Tablas

Declaración de cesión de derecho de publicación de la tesis

Yo, Cinthya Daniela Barrera Rodríguez, autora de la tesis titulada "Cooperación en el juego del ciempiés: Un enfoque bayesiano" declaro que la obra es de mi exclusiva autoría, que la he elaborado para obtener el título de maestría de Investigación en Economía del Desarrollo concedido por la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, FLACSO Ecuador.

Cedo a la FLACSO Ecuador los derechos exclusivos de reproducción, comunicación pública, distribución y divulgación, bajo la licencia Creative Commons 3.0 Ecuador (CC BY-NC-ND 3.0 EC), para que esta universidad la publique en su repositorio institucional, siempre y cuando el objetivo no sea obtener un beneficio económico.

Quito, diciembre de 2019

____

Cinthya Daniela Barrera Rodríguez

Resumen

El presente trabajo de investigación busca poner en evidencia el carácter prosocial de los agentes -el cual se ha evidenciado en varios trabajos de carácter experimental-; a través de una versión del juego del ciempiés que utiliza actualización bayesiana e implementa un castigo de tipo moral como mecanismo para inducir a la colaboración.

Los resultados obtenidos muestran que, contrario a lo que propone la teoría ortodoxa, existe colaboración en las interacciones entre individuos, quienes consideran aspectos sociales, psicológicos y morales en su toma de decisiones. Además, la implementación del castigo moral es un mecanismo válido para explicar la divergencia entre el comportamiento teórico esperado y los resultados empíricos.

Agradecimientos

Mi eterno agradecimiento y gratitud a Wilson Pérez. Ph.D., quien, a más de guiarme en el desarrollo de este trabajo de investigación, se ha convertido en un guía y un gran ejemplo a seguir.

A Sofy, quien me brindó su amistad y me motivó a seguir cuando decaía.

A Jhon y a Fausto, cuya ayuda y paciencia, fue imprescindible al realizar esta tesis.

A todos quienes durante la maestría me ayudaron a crecer como persona y como profesional.

Introducción

La teoría económica, desde sus inicios, ha considerado la mayoría de sus modelos que los agentes buscan exclusivamente su interés material individual y no se preocupan por los objetivos sociales, es decir, según la visión neoclásica son *racionales.*

Sin embargo, se ha demostrado que los seres humanos se mueven por mecanismos más allá de la razón, que toman en cuenta las emociones y hacen posible la cooperación en ambientes egoístas, por lo que en los últimos años se ha considerado pertinente incluir factores motivacionales y valores éticos indispensables para analizar el comportamiento humano.

Experimentalmente, se ha encontrado que los individuos tienden a colaborar con otros, contradiciendo lo teóricamente esperado según la visión tradicional. Esto demuestra que, los jugadores responden también a razones morales, sentimientos o emociones prosociales, y que la explicación tradicional de la *racionalidad* del individuo es incapaz de explicar las causas motivacionales que están presentes en la toma de decisión de los agentes económicos.

Debido a la contradicción entre la teoría existente y los resultados empíricos, se propone una versión del juego del ciempiés aplicando actualización bayesiana, que incluye un castigo de tipo *moral* como mecanismo para incentivar la colaboración. Este castigo representa la importancia interna que tiene para cada jugador traicionar al otro y terminar el juego. Es decir, es un componente intrínseco que refleja la carga o el peso que tendría que asumir el jugador si termina el juego y no colabora.

De los resultados del estudio de dicho juego, se observa que la propensión de los jugadores a colaborar tiende a crecer a medida que aumenta la valoración del castigo moral. Sin embargo, dependiendo de las estructuras concretas del juego y de la distribución de la población respecto al castigo, se evidencian diferentes patrones en relación a la colaboración. Esto reafirma que se deben considerar otros factores dentro de lo comúnmente entendido por racionalidad, como el altruismo, la empatía y la reciprocidad-, lo que permite explicar de mejor manera el comportamiento cooperativo que se evidencia en las interacciones sociales.

En la primera sección se considera una revisión de la literatura respecto a la conceptualización de la teoría de juegos, los juegos bayesianos, el juego del ciempiés, la inducción en reversa y una ampliación del concepto tradicional de la racionalidad a través de la inclusión de aspectos psicológicos, éticos y morales que explican la existencia de conductas prosociales como la cooperación, y se muestran investigaciones experimentales que sustentan la contradicción evidenciada. Posteriormente, en el marco metodológico, se introduce el juego del ciempiés con actualización bayesiana tanto en su versión original como en la versión con los pagos modificados. Finalmente, se presentan los resultados y las conclusiones encontradas.

Capítulo 1
Teoría de juegos

El origen de la teoría de juegos como un campo formal de estudio se remonta al año de 1944, cuando John Von Neumann y Oskar Morgenstern publicaron el libro "Game theory and economic behavior"; aunque, existieron contribuciones anteriores.[1] Posteriormente, surgieron grandes aportes a la disciplina como la introducción del concepto del equilibrio de Nash por parte de John F. Nash, el equilibrio perfecto en subjuegos de la mano de Selten y los juegos bayesianos por parte de Harsanyi, quienes en el año de 1994 ganaron el Premio Nobel de Economía (Osborne 2000).

Aunque la teoría de juegos surgió en el campo de la economía,[2] es una teoría matemática que se puede aplicar a cualquier interacción social, en la que intervienen dos o más jugadores quienes tienen preferencias bien definidas entre los posibles resultados, el cual es interdependiente respecto a las estrategias elegidas por los jugadores (Colman 2003). Actualmente, es utilizada en otras áreas de estudio tales como: las ciencias políticas, la psicología, la biología evolutiva, la filosofía, la informática, entre otras.

Es una herramienta que permite "el estudio de las situaciones de interdependencia estratégica", en las cuales "cada uno de los decisores de un grupo son conscientes de que las consecuencias de sus decisiones dependen de las que tomen los demás" (Álvarez 2013, 3). Además, permite estudiar "de manera formal y abstracta las decisiones óptimas que deben tomar diversos adversarios en conflicto" (Fernández 2005, 1).

Permite analizar las decisiones que toman los individuos, las cuáles se ven influenciadas "no sólo por la información contextual disponible, sino por las decisiones de otros". Es decir, tiene un carácter de interdependencia en la que las decisiones tomadas dependen de la información

[1] Aunque existieron trabajos previos relacionados a la teoría de juegos, por ejemplo, el estudio sobre duopolio por parte de Antoine Cournot y las contribuciones del matemático Borel, se considera que el estudio formal de este campo nace a partir de la publicación de esta obra (Osborne 2000).
[2] Mediante el uso de la teoría de juegos se han estudiado: el mercado oligopolista, subastas, negociaciones, relaciones comerciales entre países, intervención pública en la economía, entre otros.

disponible respecto a lo que han hecho los otros jugadores (Binmore 1994) en (Aguiar 2004, 142). Además, proporciona las herramientas conceptuales y metodológicas para estudiar la interacción social, en las que se incluyen: la estructura y reglas del juego, las características de los jugadores y los pagos asociados a cada acción posible (Gintis 2009).

La teoría de juegos permite comprender las razones que están detrás de las elecciones de los individuos para poder predecir su comportamiento en una situación específica y diseñar reglas para que las estrategias de los jugadores conduzcan a un resultado deseado. Además, resulta útil para estudiar la cooperación y el conflicto presentes en una situación específica (Álvarez 2013). La representación de estos escenarios se los hace mediante *juegos*, los cuales muestran "una situación en la cual existen dos o más jugadores cuyas acciones determinan en mayor o en menor medida las ganancias y las pérdidas propias y ajenas" (Villalpando 2010, 39). Los juegos permiten representar las posibles interacciones entre los jugadores mediante "una representación formal de una situación en la que los individuos interactúan en un marco de interdependencia estratégica, es decir, que el bienestar de cada individuo depende no sólo de sus propias acciones, sino también de las acciones de los demás individuos" (Mas-Colell, Whinston, and Green 1995, 219). Además, estas interacciones "se rigen por un conjunto de normas que especifican los posibles movimientos para cada participante y un conjunto de resultados para cada posible combinación de movimientos" (Hargreaves and Varoufakis 1995).

Un juego comprende los siguientes elementos:

(i) Los jugadores: ¿Quiénes están involucrados?
(ii) Las reglas: ¿Quién se mueve?, ¿Qué pueden hacer?
(iii) Los resultados: Para cada conjunto posible de acciones de los jugadores ¿cuál es el resultado del juego?
(iv) Los pagos: ¿Cuáles si las preferencias de los jugadores en relación a los posibles resultados?

A pesar de que la teoría de juegos utiliza una metodología formal para estudiar las decisiones interdependientes, los problemas que analiza conciernen a la cotidianidad, por lo que debe "construir un vínculo entre los conceptos formales abstractos de la teoría y la realidad" Rubinstein (1991) en (Villalpando 2010, 43).

> La vida social, en sus distintos ámbitos, está llena de situaciones en las que se produce interdependencia entre las decisiones de distintos individuos u organizaciones en el marco de unas determinadas reglas más o menos explícitas. De cómo toman esos individuos u organizaciones sus decisiones, y de cómo influyen en las mismas las reglas en cuyo marco deciden, es precisamente de lo que se ocupa la teoría de juegos. Debemos considerarla, por tanto, como una herramienta capaz de ayudarnos a comprender que factores influyen en la forma en que se desarrollan dichas situaciones (Álvarez 2013, 3).

La importancia de la teoría de juegos radica en que ha modificado la forma en que se interpretaba la toma de decisiones de los individuos, que era explicada únicamente por la teoría económica neoclásica,[3] la cual pregonaba que "el interés individual conduce a los seres humanos, como si fueran guiados por una mano invisible, hacia la consecución del bien común" Smith (1776), lo que contradice lo planteado por Neumann y Morgensten, quienes afirman que "el interés individual, el egoísmo y la racionalidad a la hora de tomar decisiones, conducen a los seres humanos a una situación no óptima, porque deben tener en cuenta las posiciones del resto de agentes involucrados en sus actuaciones", reflejando así, el carácter de independencia de la teoría de juegos.

1. Juegos bayesianos o juegos con información incompleta

La teoría de juegos se ha ocupado principalmente de analizar juegos con información completa, a pesar de que en muchas situaciones económicas, políticas y sociales de la vida real, los participantes a menudo carecen de información completa sobre algunos aspectos importantes de la situación de la que son parte (Harsanyi 1967). Para representar estas situaciones, se utilizan los juegos de información incompleta, o juegos bayesianos.

En una situación de información incompleta, los jugadores no tienen certeza de algunos aspectos importantes para el desarrollo del juego, ya que desconocen "los parámetros que definen los

[3] La idea de Adam Smith plasmada en su libro "La riqueza de las naciones" en el año 1776, era considerada la base para explicar el comportamiento del individuo, hasta el surgimiento de la teoría de juegos.

espacios de estrategias y las funciones de pago" (Mertens and Zamir 1984, 1). Además, en este esquema "los jugadores poseen información privada sobre las preferencias y habilidades cuando escogen sus estrategias" (Ricart 1988, 5).

Según Ricart (1988, 5) los individuos pueden desconocer varios aspectos tales como el tipo del rival al que se enfrentan, las preferencias que tienen y cómo arman sus estrategias, lo que según Harsanyi (1967) "pueden transformarse en desconocimiento sobre las funciones de utilidad".

En términos generales, (ver Mas-Collel, Whinston, and Green 1995) en un juego bayesiano cada jugador *i* tiene una función de pagos $u_i\ (s_i, s_{-i}, \theta_i\ )$, donde $\theta_i \in \Theta_i$ es una variable aleatoria elegida por la naturaleza y que es observada sólo por el jugador *i*. La distribución de probabilidad conjunta de θ_i´s viene dada por la función $F\left(\theta_{1,} \dots, \theta_I\right)$ la que se asume es de conocimiento común entre todos los jugadores. Entonces, se define un juego bayesiano como $[I, \{S_i\}, \{u_i(.)\}, \Theta, F\ (.)]$

En presencia de asimetría de información, cada jugador establece una "jerarquía infinita de creencias", las cuales son esenciales en los modelos de interacción y representan qué piensan los agentes sobre las estrategias, beneficios y creencias del rival, es decir, bajo qué criterios puede considerarse *racional* (Böge and Heidelberg 2015).

Para poder manejar la existencia de las secuencias de creencias, Harsanyi (1967) introdujo una metodología que suple un juego incompleto por un juego completo pero imperfecto (Ricart 1988, 3); lo que se logra introduciendo un "movimiento previo realizado por el azar que proporciona a cada jugador una información privada, la cual se denomina *tipo* (t_i) y se encuentra dentro de un conjunto de tipos (T_i) de todos los jugadores" (Muñoz 2016, 14).

El concepto de *tipo*, busca resumir todos los parámetros y creencias concernientes a un determinado jugador, por un vector llamado "vector de atributo".

> Este vector c_i "representa ciertos atributos físicos, sociales y psicológicos del propio jugador *i* en el sentido de que resume algunos parámetros cruciales de la función de retribución del propio

> jugador *i*, así como los principales parámetros de sus creencias sobre su entorno social y físico..., las reglas del juego como tales permiten que un jugador determinado *i* pertenezca a cualquiera de los varios tipos posibles, correspondientes a los valores alternativos de su atributo que el vector c_i podría tomar. Se supone que cada jugador conoce su propio tipo real, pero en general desconoce los tipos reales de los otros jugadores (Harsanyi 1967,171) en (Mertens and Zamir 1984, 2).

La noción de tipo, contiene toda la información clave respecto a los valores, creencias o probabilidades subjetivas que desconoce el jugador. Entonces, cada jugador es informado de su tipo, pero no del tipo de los demás. Por ende, los jugadores formulan sus estrategias ante una situación de asimetría de información, pero aun así "seleccionan aquella decisión que maximiza su utilidad (o pago) esperado condicional a su tipo actual" (Ricart 1988, 8).

En este contexto, se define la estrategia como "una especificación de la acción a seguir para cada uno de los posibles tipos". Es decir, el jugador armará una estrategia que contemple todos los tipos posibles de su rival, aunque utilizará la concerniente al verdadero tipo del otro jugador, el cual es posible estimar mediante la información que se va recibiendo a lo largo del juego (Ricart 1988, 20).

> Una estrategia es un plan contingente completo, o regla de decisión, que especifica cómo actuará el jugador en cada posible circunstancia distinguible en la que se le pueda pedir que se mueva, tomando en cuenta que para la perspectiva cada jugador, el conjunto de todas esas circunstancias está representada por su colección de conjuntos de información, que representan una circunstancia distinguible diferente en la que pueda necesitar moverse.
> Se define $\mathcal{H}_i$ como la colección de los conjuntos de información del jugador i¸A como el conjunto de las posibles acciones en el juego y $C\ (H) \subset$ A como el conjunto de acciones posibles en el conjunto de información H. Entonces, una estrategia para el jugador i, es una función si: $\mathcal{H}_i \rightarrow$ A tales que si $(H) \in C\ (H)$ para todo $H \in \mathcal{H}_i$ (Mas-Colell, Whinston, and Green 1995).

Formalmente (ver Mas-Collel, Whinston, and Green 1995), una estrategia para el jugador *i* en un juego bayesiano es una función $s_i(\theta_i)$, o regla de decisión, que le da la elección de la estrategia del jugador para cada realización de su tipo θ_i. El conjunto de estrategias puras $\mathcal{L}_i$ es, por lo tanto, el conjunto de todas esas funciones. El pago esperado del jugador *i* dado un perfil de estrategias puras para I jugadores $(s_1\,(\,.\,), \dots, s_I\,(\,.\,)\,)$ está dada por,

$$\tilde{u}_i\,(s_1\,(\,.\,), \dots, s_I\,(\,.\,)\,) = E_\theta\,[u_i\,(s_1(\,\theta_1\,), \dots, s_I\,(\theta_I), \theta_i)\,]$$

1.1 Juegos bayesianos estáticos

Los juegos estáticos con información incompleta, o juegos bayesianos estáticos, son aquellos en los que “los jugadores toman sus decisiones simultáneamente y, aunque las características y estructura del juego son de dominio público, existen algunas informaciones referidas a los pagos del juego (o con consecuencias en los pagos del juego) que son privadas, es decir, están al alcance de unos jugadores, pero no de otros” (Pérez, Jimeno, and Cerdá 2004, 275).

> Este tipo de juegos buscan modelizar aquellas situaciones de naturaleza estática en que cada jugador i tiene un conjunto de acciones disponibles Ai, pero además algunos o todos los jugadores disponen de alguna información privada, y las preferencias de cada jugador dependen, no sólo de las acciones decididas por todos los jugadores, sino también de la información privada de los jugadores (Pérez, Jimeno, and Cerdá 2004, 289).

En sí, en un juego estático con información incompleta el azar elige los tipos de jugadores, los cuales conocen su tipo, pero no el de los demás y elaboran conjeturas sobre el tipo de los demás jugadores, en base a su propio tipo y a la distribución de probabilidad; las acciones se dan de forma simultánea y cada jugador recibe un pago.

La solución a este tipo de juegos es el Equilibrio de Nash Bayesiano, el cual “ es un conjunto de estrategias contingentes con el tipo de cada jugador, tal que cada jugador hace máxima su utilidad esperada contingente al tipo a que pertenece y tomando como dadas las estrategias contingentes con su tipo, del resto de jugadores” (Salas 1994, 40).

Un equilibrio de Nash bayesiano para el juego $[I, \{S_i\}, \{u_i(.)\}, \Theta, F\,(.)]$ se define como un perfil de reglas de decisión $(s_1(.), \dots, s_i(.))$, que constituye un equilibrio de Nash para el juego $\Gamma_N = [I, \{\mathcal{L}_i\}, \{\tilde{u}_i\,(.)\}]$; donde para cada i = 1,…, I.

$$\tilde{u}_i\ (s_i\,(\,.\,), s_{-i}\,(\,.\,)\,)\ \geq\ \tilde{u}_i\ (s\acute{}_i\,(\,.\,), s_{-i}\,(\,.\,)\,)$$

Para todo $s\acute{}_i\,(\,.\,) \in \mathcal{L}_i$, donde $\tilde{u}_i\ (s_i\,(\,.\,), s_{-i}\,(\,.\,)\,)$ está definido como,
$E_\theta\ [u_i\ (s_i(\,\theta_1\,), \ldots, s_I\ (\theta_I), \theta_i)\ ]$

En un equilibrio de Nash Bayesiano cada jugador debe dar su mejor respuesta a la distribución condicional de las estrategias de sus oponentes para cada tipo posible (Mas-Collel, Whinston, y Green 1995).

La lógica de los juegos bayesianos estáticos ha sido aplicada ampliamente en las subastas en las que no se conocen las valoraciones de los otros jugadores, y se pueden ejemplificar de la siguiente manera:

> Dos licitantes acuden, para comprar un objeto (por ejemplo, una pieza de arte), a una subasta que tiene las siguientes reglas:
> - Han de entregar en sobre cerrado su puja o licitación, que puede ser 0, 0,5 o 1.
> - Se abren los sobres y se adjudica el objeto a aquel licitante que escribió una puja más alta. Si las pujas son iguales, se adjudica a uno de ellos al azar con probabilidad 1/2.
> - El licitante a quien se adjudique el objeto ha de pagar la puja que hizo.
>
> Supóngase que los pagos o ganancias del juego son los beneficios obtenidos, y que el primer licitante J1 tiene una valoración privada (cantidad máxima que estaría dispuesto a pagar por la pieza) de 0,5, que es de dominio público, mientras que el segundo, J2, tiene una de dos posibles valoraciones privadas, 0 o 1, que sólo él conoce, pero a las cuales los demás atribuyen probabilidades iguales (Pérez, Jimeno, and Cerdá 2004, 283).

1.2. Juegos bayesianos dinámicos

La mayoría de los juegos con interés económico son de carácter dinámico, es decir, los jugadores se mueven de manera alternada. En los juegos bayesianos dinámicos, un jugador posee información privada relevante para los demás, y los movimientos se dan de forma secuencial. En este tipo de juegos es importante que "un jugador actúe de manera óptima en conjuntos de información que no inician en subjuegos" (Pérez, Jimeno, and Cerdá 2004, 344).

Como menciona (Riascos 2019, 97) “la característica fundamental de estas situaciones es que a lo largo de la interacción entre los agentes se revela información total o parcial sobre las acciones de los demás que pueden ser usadas para revisar las estrategias individuales”. Esta es la principal diferencia respecto a los juegos estáticos, ya que las estrategias se actualizan en base a la información que recibimos de las acciones del otro jugador, asumiendo la existencia de *perfect recall*.[4]

La elección de la persona está limitada por la información que tiene sobre la relación entre las acciones disponibles y sus consecuencias, …. La acción elegida, por definición, es la que mejor se ajusta a los objetivos de la persona dadas las restricciones. Dado que la información es difícil o incluso imposible de obtener, no es preciso esperar que los actores económicos tengan un desempeño óptimo en sus elecciones (Postlewaite and Schmeidler 2012, 289–90).

En contraste a los juegos estáticos, en los de naturaleza dinámica, las *creencias* que tengan los jugadores respecto al rival toman importancia, ya que influyen en las estrategias seleccionadas por cada jugador. Se puede definir a una creencia condicional para el jugador i como una distribución de probabilidad bi(h) sobre el conjunto de combinaciones de estrategias de los oponentes, asignando probabilidad positiva solo a las combinaciones de estrategia que conducen a h.

La distribución de probabilidad acerca de las creencias que tiene el jugador sobre las elecciones de sus oponentes no es única, ya que estas se pueden actualizar debido a la nueva información que obtengamos, proveniente de las decisiones que hacen los demás (Sánchez 2009). Es decir, “existe una revisión constante de las probabilidades iniciales según las señales que transmita la propia dinámica del juego” (Salas 1994, 39).

Se supone que cada jugador comienza con una conjetura a-priori sobre el conjunto de posibles eventos y los conjuntos de funciones de utilidad de los demás jugadores. Con su conocimiento previo del juego, “el jugador reflexiona sobre el comportamiento de sus oponentes según el

[4] El concepto de perfect recall fue introducido por Kuhn (1953), que hace referencia a la capacidad de los jugadores de tener memoria de acontecimientos pasados y memoria de las acciones pasadas (Bonanno 2004, 237).

principio de Bayes, sobre la reflexión de sus oponentes sobre sus oponentes, sobre la reflexión de sus oponentes sobre las reflexiones de sus oponentes, etc" (Böge y Heidelberg 2015).

Dentro de este contexto, el jugador puede verse en la necesidad de modificar sus creencias acerca de sus oponentes durante el desarrollo del juego, ya que puede observar comportamientos que no contemplaba en el inicio del mismo. Por ende, el acceso a información por parte del individuo es vital en su toma de decisiones, y puede explicar la diferencia entre una elección "racional" y una "no racional". Como menciona Vriend (1996, 267) la información "es un activo valioso. Por lo tanto, la información que un agente individual tiene, en particular su percepción de oportunidades, es el resultado del comportamiento económico".

Por ende, Según (Perea 2012, 360) "para evaluar si una estrategia dada para un jugador es óptima en un juego dinámico, necesitamos conocer su creencia condicional para cada conjunto de información donde esta estrategia prescribe una opción". La estrategia s_i es óptima para el jugador i en h, dada su creencia condicional $b_i(h)$, es óptima si y solo sí $u_i(s_i,b_i(h)) \geq u_i(s'_i,b_i(h))$ para todas las demás estrategias s'_i que lleven a h. Entonces, cada jugador elige para sí mismo una estrategia que maximice el resultado esperado (Böge y Heidelberg 2015).

El concepto de equilibrio utilizado en este tipo de juegos, se denomina equilibrio bayesiano perfecto, que es un refinamiento del equilibrio de Nash bayesiano, el cual hace que las creencias que tienen los jugadores respecto a los demás, sean creíbles. Para alcanzar este equilibrio se debe cumplir el principio de "racionalidad secuencial", en el cual la estrategia en equilibrio de cada jugador debe ser la respuesta óptima, en cada punto del juego, a las estrategias de los demás jugadores, sea o no en el inicio de un subjuego (Pérez, Jimeno, and Cerdá 2004). El jugador debe tener una estimación probabilística (llamada conjetura) respecto al nodo de decisión en el que se encuentra, para que su decisión pueda ser considerada como óptima.

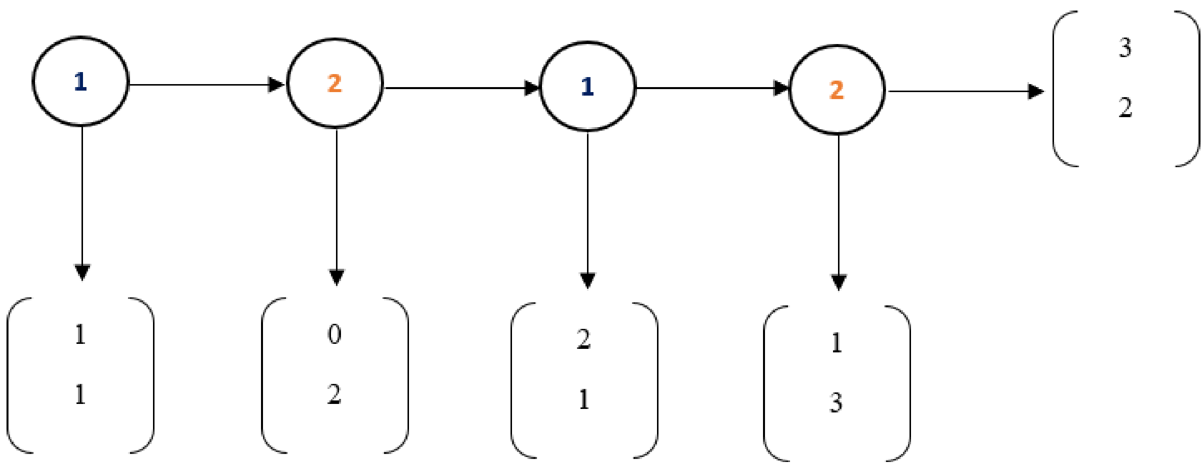
2. Juego del ciempiés en forma extensiva y la paradoja de inducción en reversa

Cuando dos jugadores interactúan de manera alternada en un juego finito en el que existe la opción de terminar y obtener una recompensa favorable para sí mismo, o, por el contrario; la de continuar y obtener una mayor ganancia social, hablamos del juego del ciempiés (Figura 1). Este juego fue inicialmente introducido por Rosenthal en el año de 1981 – aunque denominado "ciempiés por Binmore-, y ha sido motivo de amplio estudio en la teoría de juegos por parte de varios investigadores (McKelvey and Palfrey 1992).[5]

Ampliando la definición de este juego Bornstein, Kugler, and Ziegelmeye (2004, 599–600) mencionan que:

> El ciempiés es un juego con información perfecta donde los dos jugadores alternadamente tienen la oportunidad de tomar la porción más grande de un montón de dinero en continuo crecimiento. Tan pronto como un jugador "toma", el juego termina con ese jugador obteniendo la porción más grande de la pila, mientras que el otro jugador recibe la porción más pequeña. Pasar disminuye la recompensa de un jugador si el oponente toma la porción más grande en el siguiente movimiento. Si el oponente también pasa, a los dos jugadores se les presenta la misma situación de elección con incremento en los pagos. El juego tiene un número finito de movimientos, que es comúnmente conocido por ambos jugadores.

Figura 1. Representación gráfica del juego del ciempiés



Los pagos corresponden a la primera estructura utilizada para las simulaciones

Fuente: Trabajo investigativo

[5] Fue introducido en el año de 1981 por Rosenthal, y ha sido posteriormente estudiado por Binmore (1987), Reny (1988), Kreps (1990), Meggido (1986), Aumann (1988), entre otros; tanto en su versión original que consistía de 100 nodos con incrementos lineales, como con ciertas modificaciones en la extensión del juego y en la estructura de los pagos.

Los círculos representan los nodos de decisión, y los números dentro hacen referencia al jugador al que le toca el turno, en el que puede decidir pasar (el juego continúa) o tomar (el juego termina). Los números en los corchetes representan los pagos tanto para el jugador uno como para el jugador dos (arriba y abajo respectivamente).

Según Smead (2008, 157) este juego "proporciona un entorno en el que el interés propio racional entra en conflicto con el comportamiento cooperativo socialmente óptimo". Tradicionalmente, se asume que los dos jugadores únicamente buscan maximizar su ganancia. Además, permite estudiar las bases motivacionales de la cooperación recíproca, porque presenta a los jugadores un mayor espacio para decidir tanto a nivel individual o colectivo. Permite estudiar cualquier relación social en la que una persona (A), proporciona a otra (B) un beneficio con un costo directo para A; luego, B tiene la oportunidad de ser recíproco y proporcionar a A un beneficio que tiene un costo para B; y así sucesivamente, para un número finito de movimientos conocidos por ambos jugadores (Pulford et al. 2016, 2).

El concepto de inducción en reversa es la idea más antigua en la teoría de juegos, y ha sido aplicada para demostrar teoremas importantes que se analizan hasta la actualidad. Este proceso nos permite analizar un juego partiendo de los conjuntos de información del final hasta los conjuntos de información del principio del árbol (forma de expresar un juego en forma extensiva); y permite identificar el equilibrio de Nash en estrategias puras. En este proceso, el último jugador, quien debe escoger entre nodos del árbol de juego, hace una elección que beneficie su pago; así, el jugador previo hace una elección que maximice su pago tomando en cuenta la situación anterior, hasta llegar al inicio del juego (Aumann 1995).

Es decir, implica resolver primero el comportamiento óptimo al final del juego y luego determinar cuál sería el comportamiento óptimo anterior, dada la anticipación de este último comportamiento (Mas-Colell, Whinston, and Green 1995). Bicchieri (1989) ejemplifica la inducción en reversa de la siguiente manera:

> Existen dos jugadores I^1 e I^2 los cuales tienen dos estrategias puras cada uno: jugar a la izquierda y terminar el juego, o jugar a la derecha y dejar que su rival decida. Los pagos de los jugadores se

representan al final del árbol tanto para I^1 y I^2 ; y se asume que buscan maximizar su pago esperado.

El juego es de carácter secuencial, es decir, en cada nodo se conocen las decisiones que han sido tomadas previamente.

La solución clásica de este juego al aplicar inducción en reversa es la siguiente: En el nodo I^{12} el jugador 1 -al asumirse su racionalidad-, jugará l_2 lo que le garantizará el máximo pago posible. En el nodo I^{21} el jugador 2 – al asumir la racionalidad de 1- jugará L. Por ende, las acciones no óptimas son eliminadas sucesivamente y la estrategia de equilibrio es que I^1 debe jugar l_1 en su primer nodo, siendo esta la única solución posible para los jugadores racionales.

La inducción en reversa se aplica en juegos con información perfecta donde los jugadores se mueven de manera secuencial (Bornstein, Kugler, and Ziegelmeyer 2004). Por ende, cualquier juego con estas condiciones tiene una solución única (Kuhn 1953).

La paradoja que existe al aplicar inducción en reversa es la contradicción entre la intuición que ha sido evidenciada empíricamente y el resultado teórico esperado del juego. Debido a que los movimientos de los jugadores se dan en diferentes tiempos (secuencialmente), estos pueden "dar sorpresas" al desviarse del trayecto planteado por la inducción en reversa, pudiendo influenciar en el comportamiento de los demás, lo que no fuera posible si el juego no fuese secuencial (Binmore y Brandenberger 1990) en (Basu 1994, 391).

Esta paradoja se ejemplifica claramente en el juego del ciempiés, donde ambos jugadores alternan sus movimientos en cada nodo de decisión y pueden elegir desertar moviéndose hacia abajo, o cooperar avanzando al siguiente nodo y dando paso al rival. El resultado por inducción muestra, sorprendentemente, que el jugador 1 debe desertar y detener el juego en el primer movimiento, obteniendo una recompensa menor a la que podrían obtener si ambos jugaran más cooperativamente, debido a que bajo el supuesto de conocimiento común de la racionalidad, para el jugador 1 la utilidad esperada de desertar es mayor a la utilidad esperada de continuar (Colman 2003).

El conocimiento común de la racionalidad, hace referencia a que cada jugador además de ser racional- visto como agente maximizador-, cree que los demás son racionales con probabilidad 1.

Igualmente, cada jugador asigna probabilidad 1 al evento en el que los demás jugadores creen que los demás son racionales con probabilidad 1, y así sucesivamente (Ben-Porath 1997). Bajo este esquema, el conocimiento es sinónimo de certeza y se forma al inicio del juego, es decir, antes de que cualquier acción haya sido tomada.

Por consiguiente, "el único equilibrio de Nash perfecto en subjuegos en este esquema es que los jugadores decidan terminar cuando les corresponde su turno. Pero este equilibrio es ineficiente para ambos jugadores, ya que recibirían un pago mucho menor al que podrían obtener en caso de llegar al final" (Mas-Collel, Whinston, and Green 1995).

Se evidencia una clara contradicción entre el equilibrio resultante y el resultado óptimo. Según Dawes (1980) , "el equilibro de Nash que define racionalmente la mejor forma de actuar y, por tanto, determina la estrategia dominante del juego, no coincide con el óptimo de Pareto".

Las razones que generan un equilibrio deficiente son múltiples, entre las cuales están: la incertidumbre frente a las posibilidades de elección, la incertidumbre en las interacciones previas, la desconfianza, limitación en la repetición de las interacciones y la dificultad en reciprocidad (Silva 2014). Además, la falta de información o el acceso limitado a ésta, también evita que los individuos colaboren ya que "imposibilita la generación de cualquier tipo de afecto, empatía o confianza hacia la contraparte que pueda fomentar un comportamiento cooperativo" (Dawes 1980).

El asumir que los jugadores mantienen el supuesto de conocimiento común de la racionalidad es difícil, ya que puede cambiar según la información que vayan recibiendo a lo largo del juego. Por ejemplo, en el juego del ciempiés, si el jugador 1 decide seguir en su primer turno - a pesar de que la decisión racional sería terminar el juego y maximizar su pago-, envía un mensaje al jugador 2, quien no puede predecir el comportamiento futuro de su oponente (Broome and Rabinowicz 1999).

Es decir, al existir un movimiento que desafía la "racionalidad" existe un quebrantamiento en el supuesto de conocimiento común, y la base en la que está construida la inducción en reversa falla. Específicamente, “la inducción hacia atrás requiere que los jugadores decidan qué hará su oponente "racional" después de una serie de movimientos irracionales” (Fey, McKelvey, and Palfrey 1996, 270).

Reafirmando esta idea, (Osborne 2000, 228) muestra esta contradicción mediante el siguiente ejemplo:

> Considerando el análisis del jugador 2: Si deduce que la única acción racional para el jugador 1 al comienzo del juego es terminar, entonces, ¿qué debería concluir si el jugador 1 elige seguir? Parece que debe concluir que algo ha "salido mal": quizás el jugador 1 ha cometido un "error", o malinterpreta las preferencias del jugador 1, o el jugador 1 no es racional. Si está convencido de que el jugador 1 simplemente cometió un error, entonces su análisis del resto del juego no debería verse afectado. Sin embargo, si el movimiento del jugador 1 la induce a dudar de la motivación del jugador 1, es posible que tenga que reconsiderar su análisis del resto del juego.

Teóricamente, se espera que no exista ningún grado de cooperación en el juego del ciempiés. Sin embargo, los resultados experimentales muestran lo contrario, ya que se evidencia cierto nivel de cooperación entre los jugadores (Smead 2008). Además, “ hay beneficios claros para los jugadores si, por alguna razón, no se comportan de esta manera” (McKelvey and Palfrey 1992, 803). Además, se ha observado que en la mayoría de ocasiones el juego termina en los nodos intermedios, e incluso, llega al final.

Este equilibrio deficiente se dará siempre y cuando el jugador 1 espere que el jugador 2 responda con la deserción en caso de que 1 decidiera cooperar; pero, si el jugador 1 asignara una probabilidad a una posible respuesta cooperativa de 2, el jugador 1 abriría con una jugada cooperativa con la finalidad de maximizar su utilidad. Este último escenario viola el supuesto de conocimiento común de la racionalidad, ya que el hecho de que el jugador 1 empiece con una jugada cooperativa no es considerado racional desde la óptica de la inducción en reversa (Colman 2003).

> Los jugadores cooperativos que ganan importantes beneficios monetarios en los juegos experimentales del ciempiés, podrían legítimamente preguntarle a los maximizadores de utilidad

> racionales, que no se llevan nada: "Si eres tan racional, ¿cómo es que no eres rico?". Esta parece una buena pregunta, dado que la toma de decisiones racional es, por definición, la maximización de la utilidad (Colman 2003).

Para aclarar esta paradoja, el supuesto de conocimiento común de la racionalidad debe ser "suavizado" y ser visto como una creencia común, lo que significa que cada jugador cree que es racional, cree que el otro jugador(s) cree(n) que es racional, y así sucesivamente, mientras no se genere ninguna inconsistencia (Sugden 1992).

El hecho de reemplazar el conocimiento común por la creencia común en la racionalidad, no evita que la inducción en reversa tome lugar, sin embargo, ya no es imposible para el jugador 1 analizar los hechos de una forma subjuntiva para juzgar cómo reaccionaría el jugador 2 a un movimiento que desafíe lo indicado por la inducción en reversa. Además, esta sustitución permite al agente evaluar la cooperación en el cálculo de la utilidad esperada.

> El Jugador 1 puede suponer que una jugada cooperativa en su turno inicial, obligaría al Jugador 2 a abandonar la suposición de que es racional, atribuyéndole este comportamiento a la "mano temblorosa"[6] o a alguna limitación cognitiva más grave. El Jugador2 elegiría una respuesta que maximice su utilidad dadas estas nuevas circunstancias, desertando en el segundo nodo de decisión si se esperaba que el jugador 1 respondiera desertando en el tercero. Pero, el jugador 2 puede esperar razonablemente que el jugador 1, que ya ha cooperado una vez, lo haga de nuevo, si se le da la oportunidad. En ese caso, el jugador 2 respondería cooperativamente, por lo que si el jugador 1 anticipara este razonamiento, proporcionaría una justificación racional para elegir un movimiento de apertura cooperativo y podría producirse una secuencia de movimientos de cooperación recíproca, en beneficio mutuo de los jugadores (Colman 2003, 152).

Una vez que se ha realizado un movimiento "irracional", es decir, que alguno de los jugadores haya decidido continuar en lugar de terminar el juego, el otro puede interpretar que ese comportamiento se repetirá en los nodos secuenciales, por lo que él decidirá continuar y se alcanzará un nuevo equilibrio de Nash perfecto en subjuegos (Mas-Colell, Whinston, and Green 1995).

[6] Término original: trembling hand (Selten 1975).

Por ende, la decisión del jugador 1 dependerá de lo que crea que el jugador 2 hará en su turno. Si el jugador 1 considera que el jugador 2 terminará el juego en caso de continuar, detendrá el juego.

Si, por el contrario, considera que 2 continuará el juego, decidirá seguir; y así, para todos los nodos. Esto demuestra que al existir un movimiento que se sale de lo racionalmente esperado, el resultado del juego depende de las creencias que tengan respecto al comportamiento de su rival al enfrentar una situación inesperada. Además, toma importancia la observación del comportamiento pasado, ya que, además de proveer información puede cambiar las motivaciones de los jugadores. Es decir "¿pueden los jugadores "forzar" las emociones, o, puede un primer jugador hacer algo que obligue a un segundo jugador a considerarlo positivamente?" (Rabin 1993, 1296).

Esta situación se puede explicar porque la racionalidad es entendida desde otra óptica, en la cual en lugar de abordarla de manera estática, se la estudia como un concepto dinámico, en la cual "cambia su significado después de cada acto de aprendizaje" (Baltag, Smets, and Zvesper 2009, 301). Por lo tanto, el juego se convierte en una sucesión de actualizaciones ya que cada nodo alcanzado se considera el resultado de un acto de aprendizaje.

Capítulo 2

Extendiendo la Racionalidad

La contribución de la teoría de juegos al estudio de la toma de decisiones interactivas es incalculable, y es indudablemente una de las teorías más poderosas y exitosas en las ciencias sociales y del comportamiento (Barclay and Daly 2003). Sin embargo, la concepción de la racionalidad en la que se basa es deficiente e incapaz de explicar la interacción social.

Por lo tanto, la teoría de juegos no puede admitir una caracterización simple y única del concepto de racionalidad, debido a que representa situaciones de interacción entre los agentes, quienes tienen un carácter heterogéneo, y su comportamiento no puede ser explicado únicamente por la visión neoclásica del *agente racional,* debido a que los supuestos – cognitivos, psicológicos y sociales- que utiliza tienen "una escasa relevancia empírica y poca aplicabilidad al análisis de fenómenos sociales concretos" (Burns and Roszkowska 2005, 9). Además, al estar basada exclusivamente en la teoría de elección racional presenta varias limitaciones, ya que al utilizar "las premisas del interés propio como motivo fundamental de la acción humana y el individualismo metodológico, coexisten diversas versiones acerca del alcance –y por ende, de los límites– de la capacidad explicativa de la teoría" (Vidal de la Rosa 2008, 224). Este modelo de elección racional surge gracias a la conceptualización del razonamiento y la motivación humana por parte de David Hume, y se considera el principal enfoque económico (enfoque neoclásico) (Hargreaves and Varoufakis 1995).

Existen dos enfoques diferentes en relación al comportamiento racional, aunque no son mutuamente excluyentes. El primero, es el enfoque de la consistencia, el cual se refiere a la coherencia en las elecciones dentro de un conjunto de alternativas; y el segundo, el enfoque de la maximización, donde la racionalidad es vista como la búsqueda del propio interés (Giocoli 1967). Autores como Arrow, Harsanyi y Mas-Colell, utilizan a la consistencia como el fundamento del comportamiento racional. Para (Mas-Colell, Whinston, and Green 1995, 6), "la relación de preferencia es racional si posee las dos propiedades siguientes: i) Completitud y (ii) Transitividad". Sin embargo, este enfoque no es suficiente para explicar el comportamiento humano. Como menciona (Vidal de la Rosa 2008, 227) "los agentes somos generalmente malos calculadores: intuimos antes que calcular con precisión, atinamos antes que precisamos y experimentamos antes que creamos certezas lógicas".

Respecto al segundo enfoque, se deduce que los agentes son racionales cuando eligen lo que consideran mejor para ellos en relación a sus preferencias. Es decir, los individuos "actúan únicamente buscando su propio interés, y el propio interés – en términos económicos actuales- se resume en las preferencias (Vriend 1996).

Entonces, un agente racional "busca seleccionar los medios apropiados para alcanzar ciertos fines, es decir, satisfacer sus preferencias" (Vriend 1996, 265). Estas preferencias se representan mediante curvas de indiferencia (o funciones de utilidad); por lo que el agente racional escoge la acción que hace posible la maximización de su utilidad. Se asume, además, que todos los individuos mantienen preferencias homogéneas, las cuales se dan de manera exógena y son consideradas estables.

Según (Zafirovski 1999), la racionalidad es vista como la maximización de funciones objetivas económicas bien definidas, como la utilidad, el beneficio, la riqueza y otras, o alternativamente, como la minimización de los costes, incluidos los costes de transacción y otras des utilidades. Este esquema de elección racional no toma en cuenta qué objetivos persigue el individuo: pueden ser egoístas, extraños o dañinos, pero mientras satisfagan sus preferencias, son considerados válidos (Hargreaves and Varoufakis 1995). Como mencionan Fehr and Schmidt (1999, 817), "casi todos los modelos económicos asumen que los individuos buscan exclusivamente su interés material individual y no se preocupan por los objetivos sociales".

> El supuesto del egoísmo suele introducirse no porque el investigador piense que los agentes son verdaderamente egoístas, sino más bien por razones metodológicas, ya sea porque se crea que de otra manera la teoría no es verificable empíricamente, ya sea porque se tema que la teoría se vuelva tautológica, vacía de contenido. En cuanto a la verificación: como se ha visto antes, las preferencias son privadas, se revelan indirectamente en el comportamiento del agente (Sánchez-Cuenca 2009,14).

Esta representación del agente individualista, ha sido útil para explicar la dinámica del mercado, ya que cuando se modelan procesos con contratos bien especificados, como las subastas dobles y el oligopolio, las predicciones teóricas que asumen un comportamiento individualista por parte de los agentes son precisos en una amplia variedad de entornos sociales (Kachelmaier y Shehata 1992; Davis y Holt 1993) en (Gintis 2009). Es decir, esta teoría ha sido desarrollada y probada en el contexto de los bienes y servicios, los cuales son sujetos de valoración y sobre los cuales, los individuos tienen preferencias significativas.

Debido a que este comportamiento de tipo individual era capaz de explicar cómo actuaban los mercados - lo cual se consideraba la mayor preocupación de la economía neoclásica-, la representación de los agentes egoístas ganó credibilidad y se estableció como la manera de representación de diversas situaciones mediante el *homo economicus* (Gintis 2009). Se lo representa como un tomador de decisiones que tiene las siguientes características: 1) Es un agente maximizador (optimizador), 2) tiene la habilidad cognitiva para elegir de manera *racional*, y, 3) presenta un comportamiento individualista (Doucouliagos 1994, 877).

Además, sus preferencias son determinadas de manera exógena y está orientado a los resultados, es decir, "se preocupa de las interacciones sociales sólo en la medida en que afecten su consumo y su riqueza" (Gintis 2000). Específicamente en la teoría de juegos, "el equilibrio de Nash es la encarnación de la idea de que los agentes económicos son racionales; que actúan simultáneamente para maximizar su utilidad con la finalidad de satisfacer sus incentivos" (Aumann 1987) en (Giocoli 1967).

Como menciona Robles (2007) el agente racional es modelado como un calculador infalible que está libre de emociones y que no se ve afectado por ningún evento externo (aunque pueda tener una afectación directa sobre éste). Es decir, compara todas sus posibles alternativas, las ordena según sus prioridades y elige la que le genera el mayor beneficio posible, motivado únicamente por alcanzar su propio beneficio.

Craven (1992) en (Robles 2007), atribuye al agente racional los siguientes supuestos:

1. El agente ha definido preferencias en relación a las alternativas disponibles al momento de tomar una decisión
2. La motivación para la acción es la máxima utilidad/beneficio.
3. Las preferencias del agente están completas.
4. Las preferencias del agente son transitivas.
5. Las preferencias del agente son extensivas.

A pesar de que la aplicación de la teoría de elección racional es útil para poder comprender varias situaciones económicas y puede aplicarse a escenarios específicos, en muchas ocasiones es insuficiente y se aleja de la realidad al no reflejar el comportamiento de los individuos o grupos debido a las limitaciones del modelo, ya que se atribuyen a los agentes características individuales y egoístas como si siempre actuaran en un sistema de mercado, y no refleja el comportamiento individual real. Como mencionan Shapiro y Green (1994), "la elección racional no parece reflejar las experiencias reales de los agentes sociales reales, ni la complejidad de la toma de decisiones humana" (Robles 2007).

La principal crítica a la teoría de elección racional es que se considera "agnóstica respecto a la naturaleza del agente ya que se basa en la teoría y se sustenta en el uso de algoritmos formales para modelar el comportamiento". Por ende, la caracterización del agente como ser humano desapareció, y "fue reemplazado por una condición de consistencia que se podía aplicar a bienes, máquinas, animales o grupos, lo que evidenciaba la anulación de los motivos psicológicos en la elección *racional* (Giocoli 1967).

En ocasiones, los individuos pueden tomar decisiones que no están de acuerdo con las predicciones de la teoría de la elección racional debido a información incompleta, errores, preocupación por el bienestar de los demás, o manipulación por parte de otros (Barclay and Daly 2003). También, en los experimentos, las personas se comportan de manera más cooperativa y reciben mayores beneficios que los que permite la racionalidad (desde la óptica convencional) cuyos supuestos son deficientes e inadecuados para explicar la interacción humana en general (Colman 2003).

Como afirma (Osborne 2000) las implicaciones de los supuestos establecidos “están en desacuerdo con las observaciones de la toma de decisiones humanas”, es decir, se ha encontrado varios hechos y comportamientos que la teoría no puede explicar, y para poder hacerlo, se ha “tenido que estirar el concepto de racionalidad” (Vidal de la Rosa 2008, 226). Esta ampliación implicaba “extender la visión tradicional al ámbito epistémico de los agentes”, es decir, la manera en que se formaban las expectativas, las creencias y las decisiones de esto frente a diversas situaciones (Giocoli 1967).

Además, al enfrentar situaciones de toma de decisiones que involucran a dos o más agentes, éstos solamente controlan de manera parcial los resultados, y, además, “pueden no tener bases para una elección racional debido a la falta de certeza sobre cómo actuarán los otros; lo que complica la situación y conduce a, - en algunos casos - incluso la ruptura del concepto estándar de racionalidad” (Colman 2003).

Los individuos se mueven por factores que la elección racional no puede explicar (como la existencia de cooperación y acción colectiva), ya que “las personas pueden preocuparse no sólo por su propio bienestar, sino también por el bienestar de los demás”(Rabin 1993, 1281) . Esto, “nos permite concluir que los seres humanos nos preocupamos por la cooperación y la equidad en nuestras interacciones sociales y que, somos más “jugadores racionales -emocionales” que meramente racionales” Fehr & Fischbacher (2003).

> Cuando los individuos participan en una interacción, y tienen el poder de recompensar y castigar el comportamiento de otros individuos, las predicciones teóricas del juego basadas en el agente racional generalmente fracasan. En tales situaciones, las virtudes del carácter (incluyendo la honestidad, el cumplimiento de promesas, la confiabilidad y la decencia), así como la cooperación altruista (ayudar a otros a costa de uno mismo) y el castigo altruista (herir a otros a costa de uno mismo) se observan con frecuencia (Gintis 2009, 47).

Como lo resume Hirshleifer (1983, 55), "el hecho analíticamente incómodo (aunque humanamente gratificante) permanece: desde las sociedades más primitivas hasta las más avanzadas, se produce un grado de cooperación mayor que el que puede ser explicado como una estrategia meramente pragmática para el homo economicus".

A partir de esta contradicción, se empezó a cuestionar la "reducción del ser humano a la categoría de animal egoísta" (Calvo 2013, 160), y se retomó la importancia de los factores motivacionales como indispensables para analizar el comportamiento humano, el cual puede ser explicado por factores psicológicos, sociales y evolutivos (evolución genética-cultural).

Por lo tanto, se debe ver más allá de los objetivos individuales al momento de analizar los juegos, ya que hay jugadores que valoran la existencia de procesos justos o equitativos en la percepción de ganancias o pérdidas entre los participantes (Vidal de la Rosa 2008, 228).

A pesar de que es innegable la dificultad de incluir en un modelo todas las variables para explicar el comportamiento humano debido a la complejidad de éstas, se pueden recoger características para ampliar el concepto tradicional de la racionalidad. Una de estas visiones es la racionalidad limitada, la cual proporciona mejores herramientas metodológicas para estudiar el proceso de toma de decisiones de los agentes en contextos sociales, en relación a las proporcionadas por la teoría de elección racional (Robles 2007).

En sus inicios, esta nueva visión de racionalidad se utilizaba para "referirse a patrones de comportamiento individuales que se apartaban de los patrones predichos por la teoría de la elección racional" (Tversky and Kahneman 2000). Sin embargo, luego se amplió su alcance al ver a la racionalidad limitada como "la forma real en que los agentes reales toman decisiones" (Robles 2007).

La razón que explica que el comportamiento real de los agentes se desvíe del patrón de comportamiento que predice la teoría de elección racional, es la existencia de restricciones cognitivas, emocionales, sociales y conductuales, que enfrentan los individuos al momento de tomar decisiones. La racionalidad limitada busca incluir estos aspectos, los cuales son considerados heurísticos y, además, toma en cuenta cómo el entorno social afecta la toma de decisiones de los agentes. Como mencionan Todd y Gigerenzer (2003) "los humanos exhiben racionalidad tomando buenas decisiones con mecanismos mentales cuya estructura interna puede aprovechar las estructuras externas de información disponibles en el medio ambiente".

La definición del agente con racionalidad limitada es el resultado de la experiencia del comportamiento real de los individuos, el cual se ha evidenciado a través de diseños experimentales y pruebas empíricas. Es decir, "la teoría de la racionalidad limitada ofrece herramientas metodológicas que se adaptan de mejor manera al estudio de los agentes reales en contextos sociales, en relación a lo proporcionado por la teoría de elección racional" (Robles 2007).

Entonces, el agente con racionalidad limitada busca lograr resultados satisfactorios, en lugar de sólo maximizar su utilidad como lo indica la teoría de elección racional. Como menciona (Zafirovski 1999, 106) "no se trata simplemente de una racionalidad utilitaria orientada a maximizar una función bien ordenada, sino de un tipo complejo, como a veces lo realizan incluso algunos pensadores complejos y multifacéticos dentro de los economistas neoclásicos". Esta complejidad viene dada debido a que la estimación del valor de las estrategias alternativas está influenciada no sólo por motivos utilitaristas, sino también, por valores sociales, normas y creencias.

> Por lo tanto, la búsqueda del interés propio está lejos de ser el único propósito a maximizar u optimizar. En general, los objetivos económicos están relacionados con varias razones no utilitarias, por lo tanto, cuando los actores persiguen tales propósitos, éstos se combinan generalmente con la búsqueda de aprobación, estatus o poder. Y a pesar de que tales motivos han estado ausentes del pensamiento económico desde Smith, no se deduce que su búsqueda no sea racional (Zafirovski 1999, 107).

Otra de las visiones existentes que busca modificar la teoría ortodoxa de la racionalidad es la teoría de juegos psicológica, la cual mediante la introducción de principios formales de razonamiento como el razonamiento en equipo, busca explicar hechos observados empíricamente que contradicen lo predicho por la racionalidad ortodoxa. Bajo esta óptica, "el pago de un jugador no depende solamente de sus acciones, sino también de sus expectativas" (Colman 2003, 150). Si un jugador aplica el razonamiento en equipo, busca maximizar la función objetiva del conjunto de jugadores, identificando el perfil de estrategias que maximiza el pago colectivo. Mientras que, si el perfil de maximización es único, utilizará su estrategia individual que es parte de la maximización conjunta. Es decir, se evidencia "la existencia de preferencias colectivas, además de las preferencias individuales estándar" (Colman 2003, 150).Además, puede ayudar a explicar la cooperación en los dilemas sociales, la cual se puede reforzar "elevando el sentimiento de identidad de grupo de los jugadores" (Dawes 1990).

La interdependencia entre los individuos también se refleja en términos, sociales, institucionales y culturales-morales. Por lo tanto, el análisis del contexto social contribuye a realizar un mejor análisis del comportamiento humano y determinar la existencia de comportamientos prosociales.

1. Altruismo, cooperación y conducta prosocial en el análisis económico

Como se ha mencionado anteriormente, el análisis económico tradicional, además de dejar de lado factores psicológicos, biológicos y evolutivos, ha prescindido de dimensiones sociales como la cooperación, la ética, la reciprocidad, el altruismo, entre otras; las cuales son necesarias para entender de mejor manera las motivaciones detrás del comportamiento humano (Pena and Sanchéz 2016).

El análisis de los aspectos sociales permite explicar los comportamientos que la teoría neoclásica no ha podido, y que han sido fuente de controversia debido a la contradicción teórica y experimental evidenciada. Debido a que la racionalidad ortodoxa se fundamenta en el carácter individual de las decisiones y en la búsqueda del bienestar propio, la existencia de comportamientos prosociales no tendría cabida, sin embargo, suceden.

Las situaciones económicas y sociales que implican interacción estratégica tienen un carácter cooperativo y prosocial no prevista por el *homo economicus*, y responden al comportamiento cooperativo manteniendo o aumentando la cooperación, y responden a los que no cooperan, tomando represalias (Gintis 2000). Por ende, surge la necesidad de llevar a cabo una ampliación de los márgenes de la racionalidad económica incluyendo aspectos emotivos y morales (Cabezas 2013).

Como menciona Cabezas (2013), el comportamiento de los agentes en contextos altamente competitivos se encuentran influenciados por una heterogeneidad motivacional que va desde el egoísmo más radical hasta diferentes formas de altruismo o reciprocidad, y que juegan un papel determinante en el proceso de toma de decisiones.

Comte afirma que, aunque el egoísmo es necesario para la supervivencia, el altruismo y la simpatía forman parte de las capacidades sociales, las cuales se pueden fortalecer e incentivar mediante la educación. Además, se enmarca en un principio de igualdad que hace posible ver en los otros un valor similar al propio, lo que facilita establecer relaciones. Los sentimientos morales nacen de las relaciones sociales y familiares, lo que permite la transmisión de emociones y genera simpatía, que es la base para el desarrollo del altruismo y de otros comportamientos prosociales (Scott y Seglow 2007) en (Lucas 2015).

1.1 Altruismo

Un individuo es considerado altruista cuando ejecuta una acción con la intención de ayudar a otros y no espera obtener ningún beneficio propio. Por ende, para que un acto sea considerado altruista la intencionalidad y la motivación interna de la persona debe estar clara y debe ser notable (Ruiz 2005). Gintis y Bowles (2006) sostienen que un agente altruista "no sólo actúa en favor de otros buscando un premio ulterior, sino que lo hace en favor de otros aún a costa de su propio peculio o retribución". Es decir, existen jugadores que "están dispuestos a sacrificar sus pagos para preservar normas de equidad socialmente construidas".

El comportamiento altruista puede explicarse mediante las siguientes premisas: i) los individuos ayudan a los demás porque hay algo innato en ellos que guía ese comportamiento, ii) las personas son altruistas porque tienen normas interiorizadas, y iii) el comportamiento altruista está guiado por un sentimiento egoísta que genera culpa (Savater 1988) en (Ruiz 2005).

Debido a las dificultades que han surgido para determinar si un acto puede o no ser considerado puramente altruista, se han adoptado dos visiones: la conductual y la motivacional. Los sucesos enmarcados en la óptica conductual se basan en los hechos observables, y no buscan entender las intenciones detrás del comportamiento; mientras que, para la óptica motivacional es vital tomar en cuenta las razones que llevan al individuo a ayudar a los demás, es decir, determina la intención que genera este comportamiento (Ruiz 2005).

En base a las dos visiones revisadas, nos centraremos únicamente en la óptica motivacional, ya que, para propósitos del presente trabajo, nos interesa determinar las razones detrás del comportamiento altruista de los agentes.

Como mencionan Pena y Sánchez (2016), el diferenciar si una conducta es o no altruista es difícil debido a la imposibilidad de determinar de manera exacta y precisa cuales son las motivaciones que están detrás de las acciones de las personas, ya que no es algo observable. Por esta razón Simon (1983), distingue entre altruismo fuerte y altruismo débil. El de tipo fuerte es un comportamiento voluntario que beneficia a otra (s) persona (s), y se ejecuta sin esperar recibir ningún beneficio ni evitar un castigo; mientras que, el altruismo débil "consiste en un sacrificio individual que recibe, indirectamente o a largo plazo, los beneficios de los esfuerzos iniciales" (Pena and Sanchéz 2016).

El comportamiento altruista está motivado por "la recompensa que supondría la existencia de externalidades positivas en las funciones de utilidad" para el individuo que tiene esta orientación en su comportamiento. Es decir, el altruismo "se justifica como el mejor modo de elevar la propia utilidad del donante, en razón de las relaciones de simpatía que lo ligan con los donatarios" (Pena and Sanchéz 2016).

En el análisis del juego del ciempiés, el identificar si los jugadores se mueven por un altruismo fuerte o débil puede cambiar el análisis del juego, ya que, si lo hacen movidos por el primero, se podría concluir que, el resultado de las interacciones entre jugadores depende de las creencias que estos tengan, de sus estimaciones y de sus valores – lo que consideran importante-. (Burns and Roszkowska 2005, 9). De ser este el caso, el comportamiento altruista estaría orientado a los enfoques altercéntrico - en el cual la cooperación surge debido a los cánones de moralidad que tiene el individuo y al enfoque puramente altruista, donde la cooperación se da únicamente por la existencia de vínculos de empatía y simpatía, lo que puede proporcionar " sólidas bases para el replanteamiento de la interrelación entre la dimensión social y ética del hombre y su comportamiento económico" (Pena and Sanchéz 2016).

Por otro lado, si los jugadores se ven motivados por un altruismo débil, sus acciones estarían guiadas por los enfoques egocéntrico y egoísta. El primero, hará que el individuo "sólo se comporte altruistamente hasta el punto en que su coste marginal iguale a la variación marginal de la utilidad derivada del acto altruista", y en el segundo, la cooperación es vista como un medio para asegurar respuestas cooperativas y obtener un beneficio a largo plazo (Pena and Sanchéz 2016).

Además, las acciones que tomen pueden variar "debido a los diferentes papeles que desempeñan los actores y posiblemente a sus diferentes intereses en la situación de interacción". Batson y Powell (2003) mencionan que, "la conducta prosocial abarca todas aquellas acciones que tienen como objetivo beneficiar a una o más personas antes que a sí mismo, con conductas tan variadas como la ayuda, la acción de confortar o compartir, entre otras, es decir, el altruismo y la colaboración están englobadas dentro del comportamiento prosocial (Ruiz 2005).

Roche (1995) considera que el comportamiento prosocial es "aquel comportamiento que, sin la búsqueda de recompensas externas, favorece a otra persona, grupos o metas sociales y aumenta la probabilidad de generar una reciprocidad positiva, de calidad y solidaria en las relaciones interpersonales o sociales consecuentes". La conducta prosocial se traduce en una conducta positiva, que puede o no tener motivación altruista. Por lo tanto, "toda conducta altruista puede ser considerada prosocial, pero toda conducta prosocial no puede ser considerada altruista" (Ruiz 2005).

1.2. Cooperación

El fomento de la cooperación es importante para lograr un mejor resultado social, ya que como menciona Dawes (1980), si todos los individuos actúan de manera cooperativa obtendrán un mejor resultado en comparación a que si todos realizan una elección no cooperativa.

Para explicar la cooperación, hay que apartarse del axioma de la racionalidad individual. Los teóricos ortodoxos del juego insisten en la deserción, porque según su visión la cooperación de un jugador no puede hacer más probable la cooperación de un oponente. Sin embargo, autores como Barclay y Daly (2003) afirman que se puede fomentar la cooperación. Es decir, "un acto cooperativo en sí mismo -o una reputación de ser una persona cooperativa- puede ser correspondido con alta probabilidad con cooperación, para el beneficio final del cooperador" (Robyn Dawes and Thaler 1988, 190).

La cooperación puede estar explicada por requisitos identificables de justicia social ya que desde esta óptica el comportamiento social puede contribuir a la cooperación grupal (Sen 1994). Además, la aversión a la desigualdad hace posible que los individuos estén dispuestos a renunciar a alguna recompensa material para alcanzar resultados más equitativos (Ernst Fehr and Schmidt 1999).

El tipo de jugador al que nos enfrentamos es clave al momento de buscar la cooperación, ya que las diferencias entre los individuos inciden de manera directa en su comportamiento. La propensión a colaborar de los individuos varía de acuerdo a la valoración que cada agente le da a las diversas acciones y resultados esperados, las cuales dependen de las orientaciones sociales (Silva 2014, 23). Kollock (1998), propone una clasificación de los varios tipos de jugadores:

1. Cooperador: Dirige su comportamiento para maximizar los resultados de todas las personas, aunque generalmente, su comportamiento es condicional.
2. Competidor: Buscan maximizar la diferencia relativa entre los resultados propios y los resultados de su contraparte.
3. Altruista: Dirige su comportamiento con el fin de maximizar el resultado de la contraparte, incluso en perjuicio propio.
4. Individualista: Buscan maximizar su propio resultado sin importar el resultado de los demás.

La colaboración entre los jugadores genera un mejor resultado colectivo, Kollock (1998), ve en la colaboración un mecanismo óptimo para pasar de un equilibrio deficiente a un resultado social óptimo; y se puede lograr mediante una "coordinación de las preferencias de los individuos en situaciones particulares que terminen por beneficiar al grupo en general" y eliminen los equilibrios deficientes (Silva 2014, 23).

Gintis y Bowles afirman que la colaboración es la primera elección observada en sus experimentos. No cooperar acontece sólo después de que los agentes descubren que los demás tampoco cooperan. Cooperar es su primera elección, contra lo que pronostica la teoría ortodoxa (Vidal de la Rosa 2008, 233). Por lo tanto, la conducta puramente egoísta puede explicarse no como el principio de la acción estratégica, sino como el resultado de la violación de los juegos cooperativos, es decir, como social, psicológica e institucionalmente producida.

Cuando las expectativas de reciprocidad son violentadas los actores se comportan no cooperativamente, ya que es "una respuesta conductual a la bondad y la falta de bondad percibida, donde la bondad comprende tanto la justicia distributiva como las intenciones de justicia" (Falk y Fischbacher 2006, 294), por lo que se puede decir que la reciprocidad es un poderoso determinante del comportamiento humano.

2. El castigo como mecanismo para fomentar la cooperación

El castigo puede ser un mecanismo útil para modificar el comportamiento de los individuos y lograr una cooperación que resulte en mejores resultados colectivos. Investigadores como Hernich et al. (2006) y Boehm (1993) han demostrado que implementar castigos – de diverso tipo-, puede aumentar el nivel de colaboración aún en individuos de tipo no- cooperador, e incluso, las sanciones internas tales como la vergüenza o la culpa, pueden influenciar en una conducta cooperativa entre los individuos (Elster 1989).

Esto se debe a que los individuos son conscientes que están bajo ciertas reglas y que incumplirlas tendrá como consecuencia un escarmiento, lo que hace que modifiquen sus preferencias y elecciones. Como menciona Coleman (1990), estas normas "guían el comportamiento de las personas de muy diversas maneras para regular la vida social de los miembros de un grupo". Es decir, pueden modificar las preferencias mediante la moral o "códigos de honor".

Además, es importante tener en cuenta los juicios morales que realizan los agentes económicos al momento de tomar decisiones (Cabezas 2013), ya que a más de buscar hacer las cosas "por su propio bien", están sujetos a valores o normas sociales (Mann 2008, 168). Los individuos están dispuestos a cooperar, recompensar la cooperación y castigar los comportamientos poco cooperativos, incluso cuando no redunde en su propio interés (Anderson 2000, 175).

Además, varios estudios en el campo neuroeconómico, resaltan la importancia de los juicios morales que realizan los individuos al tomar sus decisiones, ya que tiene una importancia mayor a la considerada por la teoría, ya que el compromiso moral hace que el agente vaya más allá del interés personal- en términos económicos- por lograr una mayor satisfacción personal.

Como menciona Bandura (1991), “la gente hace cosas que le proporcionan satisfacción personal y dignidad. Generalmente se abstienen de comportarse de manera que viole sus estándares morales porque ello les aportará la condena personal. No existe mayor castigo que el desprecio propio. La previsión de sanciones personales, pues, mantiene la conducta a raya con los estándares internos”.

Las personas actúan por razones que van más allá de la visión utilitarista como “la satisfacción de la conciencia, o de los mandatos éticos no instrumentales”, es decir, el hacer lo correcto, lo bueno u honorable, es un motivo per se para mucha gente (Robyn Dawes and Thaler 1988, 192). Lucas (2015) reafirma esta idea mencionando que “la moral no se ciñe a los usos utilitarios o contratos calculados; sino que exige que se fundamente en el valor de la persona per se, en respetar la existencia de las personas como seres autónomos”.

El enfoque que se ha utilizado se basa en la valoración personal que cada jugador le da al hecho de no continuar el juego y detener el proceso de cooperación, convirtiéndose en un castigo de tipo *moral*. Este castigo es de carácter endógeno, ya que cada jugador lo determina en base a sus propios estándares, y no viene dado de manera exógena por ningún observador externo. Esto permite que la representatividad del castigo moral difiera de jugador a jugador, y esté acorde a sus normas, creencias y valoraciones personales.

3. Investigaciones experimentales

El juego del ciempiés es uno de los ejemplos más recurrentes para mostrar la paradoja de la inducción en reversa, y ha sido probado experimentalmente en su versión original y con modificaciones, tales como: la estructura de los pagos, el número de nodos o el número de jugadores. Sin embargo, los resultados muestran desviaciones respecto al equilibrio perfecto en subjuegos predicho, ya que los individuos no terminan el juego en su primer nodo, contradiciendo su "racionalidad" (Kawagoe 2012).

Estas investigaciones demuestran que el supuesto que los jugadores únicamente tienen motivaciones individuales al momento de elegir sus estrategias no es cierto en todos los casos, sino que la cooperación es frecuente aun cuando no es una estrategia de equilibrio en términos de pagos materiales, existe evidencia que sugiere que los jugadores a menudo están motivados por otras preferencias que toman en cuenta las recompensas propias y la de los demás.

Como mencionan Pulford et al. (2016) se reconoce que los criterios de imparcialidad y reciprocidad influyen de manera directa en las elecciones de los jugadores. Axelrod (1984), demostró experimentalmente que la estrategia que elegían los jugadores era la de "dar para recibir", la cual empezaba con cooperación y luego se copiaba lo que el otro jugador haya hecho en su movimiento anterior: cooperar o desertar.

Este escenario se puede aplicar únicamente cuando los encuentros entre los mismos individuos se repiten, denominándose reciprocidad directa (Nowak 2013, 101), o como lo denomina (Almenberg and Dreber 2013, 140) "la sombra del futuro". La reciprocidad directa resulta en cooperación "si la probabilidad, w, de tener otro encuentro con los mismos individuos excede la relación costo-beneficio del acto altruista: w> c/b".

En muchas ocasiones la interacción humana es fugaz, y no existe la posibilidad de reciprocidad directa ya que los individuos son escogidos aleatoriamente. Aun así, se puede observar que los individuos colaboran impulsados por la reputación, mediante la cual se espera ser recompensado por otros, y conlleva a la evolución de la moral y las normas sociales (Nowak 2013, 103).

Como mencionan, (Nowak 2013, 103) calcular la reciprocidad indirecta es complicado y no es del todo precisa, pero esta "resulta en cooperación si la probabilidad, q, de conocer la reputación de alguien excede la relación costo-beneficio del acto altruista: q> c/b.

En la investigación llevada a cabo por McKelvey and Palfrey (1992), en la que utilizan la versión del juego del ciempiés con incrementos exponenciales, se muestra que de los 662 experimentos, sólo en 37 ocasiones el primer jugador termina en su primer turno. En 23 ocasiones se llega al final del juego, y el resto, terminan en los nodos intermedios.

Entre las causas que pueden explicar este comportamiento “irracional”, están la reputación y la existencia de información incompleta al no saber si el otro jugador es o no racional; ya que, al ser un juego secuencial, se obtiene información del rival a través de sus acciones previas. También se debe tomar en cuenta en base a que está construida la función de utilidad del jugador, ya que si el pago que recibe el otro jugador, además del propio, tiene un peso representativo en la función; la estrategia racional es continuar. A este tipo de jugador se lo conoce como *altruista.* Si se contempla alguna probabilidad de que uno de los jugadores sea altruista (*beliefs*) , puede darse lugar a la imitación de este comportamiento, con la finalidad de generar un efecto reputación; lo que conllevará a que los jugadores decidan seguir en cada turno (McKelvey and Palfrey 1992). Los mismos investigadores llevaron a cabo otro experimento con el juego del ciempiés, pero en esta ocasión era un juego de suma cero, es decir, la suma total era igual para ambos jugadores en todos los turnos. Se evidenció que la mayor parte de jugadores decide seguir, y que la probabilidad de terminar aumenta a medida que avanza el juego, contradiciendo al comportamiento teórico. Este comportamiento se puede explicar debido a que los experimentos consideran diferentes tipos de jugadores, cada uno, con una función de utilidad diferente (Fey, McKelvey, and Palfrey 1996).

Además, se demuestra que la propensión a cooperar de los jugadores puede aumentar si observan un comportamiento de esa naturaleza en sus rivales. El estudio llevado a cabo por Murphy, Rapoport y Parco (2004) , muestra que al añadir robots con tendencia a cooperar al participar en el juego del ciempiés, la propensión a cooperar aumentó. Por otro lado, al añadir robots no cooperativos, no se modificó el comportamiento inicial de los jugadores, lo que muestra que, si la cantidad de individuos cooperativos supera a la de no cooperativos, el comportamiento cooperativo puede ser mimetizado.

Este comportamiento puede ser en parte explicado por la teoría de juegos evolutiva, ya que la imitación, la educación y el aprendizaje individual pueden jugar el mismo rol en la economía, que el papel que cumple la evolución en la biología.

> Se puede caracterizar a un agente según sus pasiones, sus experiencias y su razón. En la economía moderna, estos aspectos se convierten en su conjunto factible, es decir, el conjunto de acciones que puede tomar. Sus pasiones se convierten en sus preferencias; su experiencia se resume en sus creencias; su razón se convierte en el conjunto de principios de racionalidad que guían su elección de una acción óptima de su conjunto viable, dadas sus preferencias sobre las posibles consecuencias y sus creencias sobre asuntos sobre los que no tiene control (Binmore 2015, 4).

Por otro lado, Bornstein, Kugler, and Ziegelmeyer (2004) llevaron a cabo un experimento en el cual compararon el comportamiento a nivel individual y el grupal al participar en el juego del ciempiés. Se observó, - al igual que en los otros experimentos-, que no se da el resultado teóricamente esperado, ya que en la mayoría de casos, el juego terminó en los nodos intermedios. La diferencia en esta investigación, es que se demostró que los grupos son más *egoístas* – o menos cooperativos- que los individuos, ya que terminaron el juego antes en relación a cuando lo jugaron individualmente. Este comportamiento se puede explicar por la hipótesis de "apoyo social para el interés propio compartido", la cual sostiene que existe apoyo entre los miembros del grupo para actuar de manera egoísta y la responsabilidad personal por actuar de forma no cooperativa se reduce, minimizando la importancia del efecto reputación.

Por otra parte, Rapoport et al (2003) en su investigación señalan que esta paradoja entre el resultado teóricamente esperado y el empíricamente encontrado se puede explicar por la estructura de los pagos, ya que en los experimentos llevados a cabo por McKelvey and Palfrey (1992) y otros investigadores, si el jugador decide seguir y el otro jugador termina el juego, la diferencia de pagos no es sustancial, lo que puede motivar a los jugadores a continuar. Además, plantea un experimento en el que se involucra tres jugadores, en el cual en ningún caso se llega al nodo final y la estrategia de equilibrio – terminar en el primer nodo- es elegida con mayor frecuencia (39.15%), lo que contrasta significativamente con los resultados de McKelvey and Palfrey, en los cuales sólo el 7% terminaba el juego en el primer turno (en un juego con 4 nodos) , y el 0.7% en un esquema de 6 nodos. Este comportamiento se puede explicar ya que, al añadir más de dos jugadores, es más difícil estimar si los rivales son de tipo altruista o egoísta; por ende, se dificulta construir una confianza mutua y ser recíproco en las estrategias seleccionadas.

De igual manera, al incrementar el número de jugadores de dos a tres, establecer pagos sumamente altos y asignar de manera aleatoria los turnos de los jugadores, estos tienden a aproximarse a la situación de equilibrio (Rapoport et al. 2003). Además, Ponti (2000) afirma que la desviación del equilibrio esperado se da cuando el número de etapas es suficientemente grande, por lo que el número de nodos en el juego puede ser clave en las decisiones de los jugadores.

Debido a los resultados encontrados en los experimentos mencionados, se concluye que las condiciones que establecemos al realizar el experimento del ciempiés pueden "alejar" o "acercar" a los jugadores a la situación de equilibrio, por lo que es posible plantear nuevos esquemas que expliquen el comportamiento humano bajo determinados supuestos y su definición específica.

Capítulo 3

Marco metodológico y desarrollo

Tomando en cuenta la contradicción entre la teoría existente y los resultados empíricos encontrados respecto al nivel de colaboración evidenciada, se plantea una versión del juego del ciempiés con actualización bayesiana que implementa un castigo de tipo *moral*, y evidencia que la colaboración está presente dentro de las interacciones sociales.

Este castigo es de tipo moral, es decir, representa la importancia interna que tiene para cada jugador traicionar al otro y terminar el juego, convirtiéndose en un componente intrínseco que refleja la carga o el peso que tendría que asumir el jugador si termina el juego y traiciona al otro.

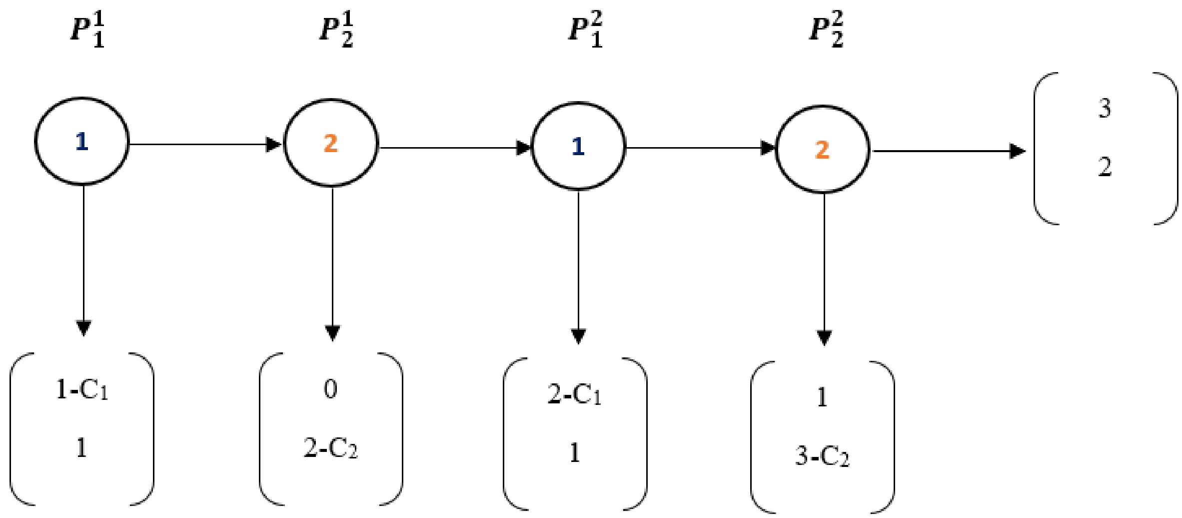
1. Descripción del juego planteado

Para construir la versión del juego del ciempiés con actualización bayesiana, se van a considerar 3 estructuras de pagos: la primera toma en cuenta una estructura de pagos lineal (Figura 2), como la utilizada por Aumann (1995). La segunda, considera un incremento exponencial respecto a los pagos originales (Figura 3) la cual sigue lo planteado por Rapoport et al (2003), quienes señalan que la estructura de pagos puede cambiar el comportamiento de los individuos en relación a la colaboración al enfrentarse a unos pagos mayores; y la tercera utiliza pagos decrecientes (Figura 4).

El juego planteado consta de:

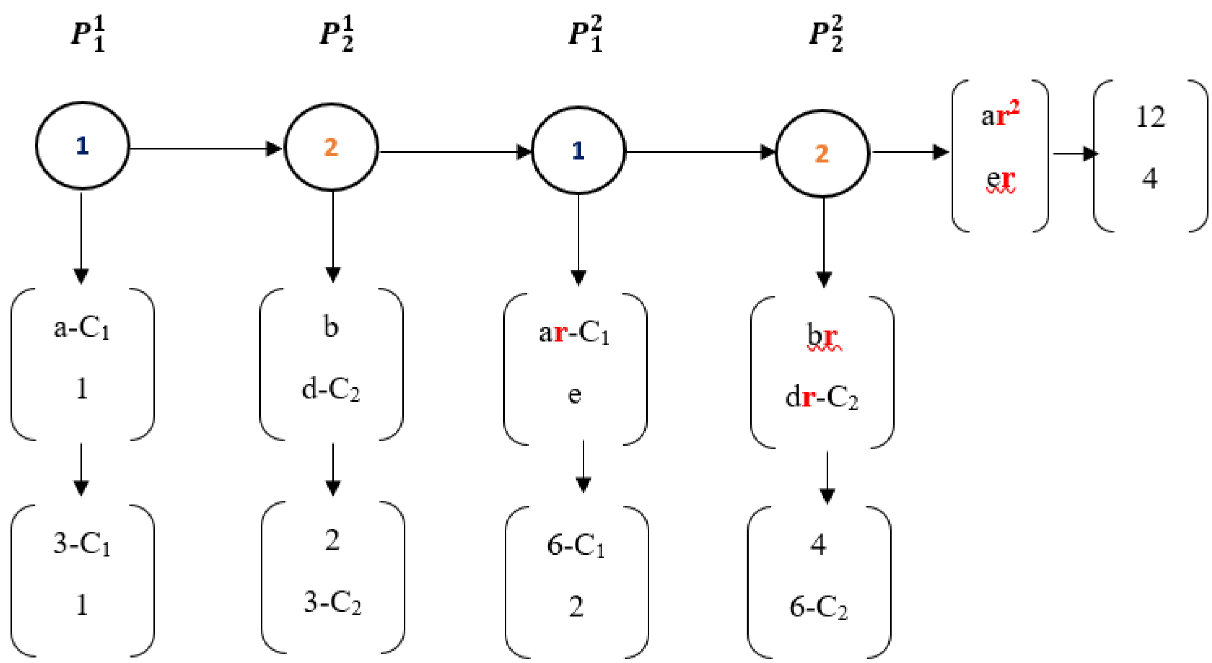
- 2 jugadores σ_1 y σ_2, que juegan de manera alternada
- Cada jugador tendrá 2 turnos
- En cada turno, los jugadores pueden elegir entre seguir y terminar. En caso de seguir, pasa el turno al otro jugador quien tiene las mismas opciones.
- El jugador que termine asume el costo del castigo, el cual representa el nivel de importancia que tiene para cada individuo terminar y no colaborar con el otro jugador.

Figura 2. Estructura del juego con pagos lineales



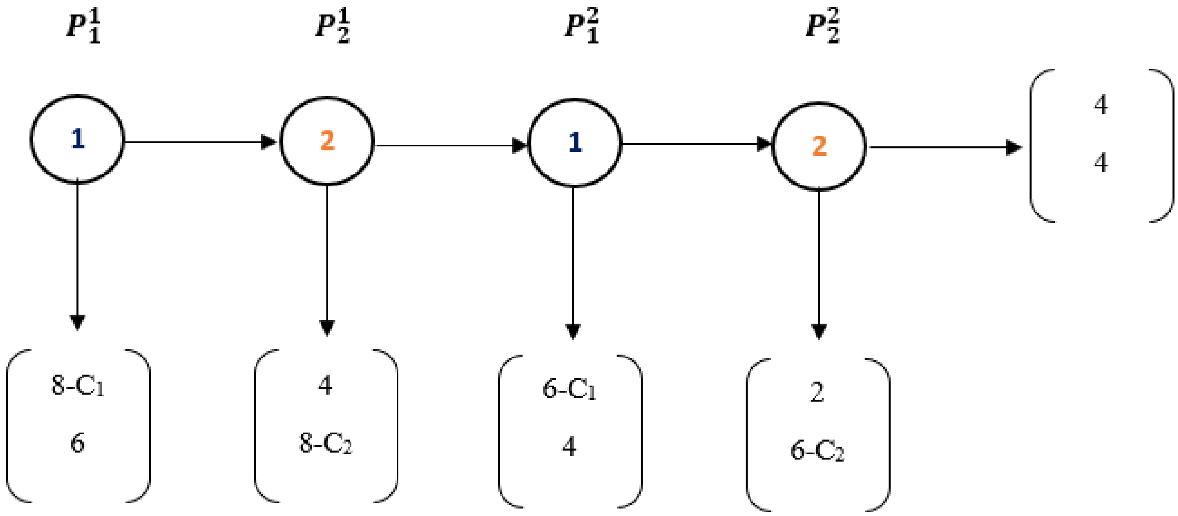
Fuente: Trabajo investigativo

Figura 3. Estructura del juego con pagos exponenciales



Fuente: Trabajo investigativo

Figura 4. Estructura del juego con pagos decrecientes



Fuente: Trabajo investigativo

Donde:

P_1^1 : Probabilidad de que el jugador 1 siga en su primer turno

P_2^1 : Probabilidad de que el jugador 2 siga en su primer turno

P_1^2 : Probabilidad de que el jugador 1 siga en su segundo turno

P_2^2 : Probabilidad de que el jugador 2 siga en su segundo turno

El subíndice denota al jugador, y el superíndice el nodo en el que se encuentra (turno). En el juego con la estructura de pagos modificada, los valores de a, b, d y e son multiplicados por una razón, en este caso r=2

2. Desarrollo metodológico

Las estructuras de pagos que se han considerado, hacen posible que los juegos puedan ser resueltos por inducción en reversa. La diferencia es que el jugador que termine debe asumir un castigo, el cual es independiente y endógeno para cada individuo, C_1 y C_2 respectivamente.

Para el desarrollo del juego, se compara la utilidad esperada de seguir con la utilidad esperada de terminar, con lo cual se determina la condición que hace que σ_1 y σ_2 elijan la mejor estrategia. Tal determinación tanto para el juego original como para el juego modificado dan como resultado las reglas de decisión (ver Tabla 1), la cual indica las reglas de decisión que hacen que los jugadores avancen en su respectivo turno

Tabla 1. Reglas de decisión para las diferentes probabilidades

Pr	**Juego lineal**	**Juego exponencial**
P_1^1	$C_1 \geq \frac{P_2^1\ (P_1^2 - 2\ P_1^2\ P_2^2 - 2) + 1}{P_2^1\ (P_1^2 - 1) + 1}$	$C_1 \geq \frac{1 - 8P_1^2\ P_2^1 P_2^2 + 2P_1^2 P_2^1 - 5P_2^1}{P_1^2 P_2^1\ + 1 - P_2^1}$
P_2^1	$C_2 \geq \frac{P_1^2\ (\ P_2^2 - 2) + 1}{P_1^2\ (P_2^2 - 1) + 1}$	$C_2 \geq \frac{2P_1^2\ P_2^2 - 4P_1^2 + 1}{P_1^2\ P_2^2 - P_1^2 + 1}$
P_1^2	$P\left(C_1\ \geq\ 1\ -\ 2\ P_2^2 \middle\vert C_1\ \geq\ \frac{P_2^1\ (P_1^2 - 2\ P_1^2\ P_2^2 - 2) + 1}{P_2^1\ (P_1^2 - 1) + 1}\right)$	$P\left(C_1\ \geq 2\ -\ 8\ P_2^2 \middle\vert C_1\ \geq \frac{1 - 8P_1^2\ P_2^1 P_2^2 + 2P_1^2 P_2^1 - 5P_2^1}{P_1^2 P_2^1\ + 1 - P_2^1}\right)$
P_2^2	$P\left(C_2\ \geq\ 1\ \middle\vert C_2\ \geq \frac{P_1^2\ (\ P_2^2 - 2) + 1}{P_1^2\ (P_2^2 - 1) + 1}\right)$	$P\left(C_2\ \geq\ 2\ \middle\vert C_2\ \geq \frac{2P_1^2\ P_2^2 - 4P_1^2 + 1}{P_1^2\ P_2^2 - P_1^2 + 1}\right)$

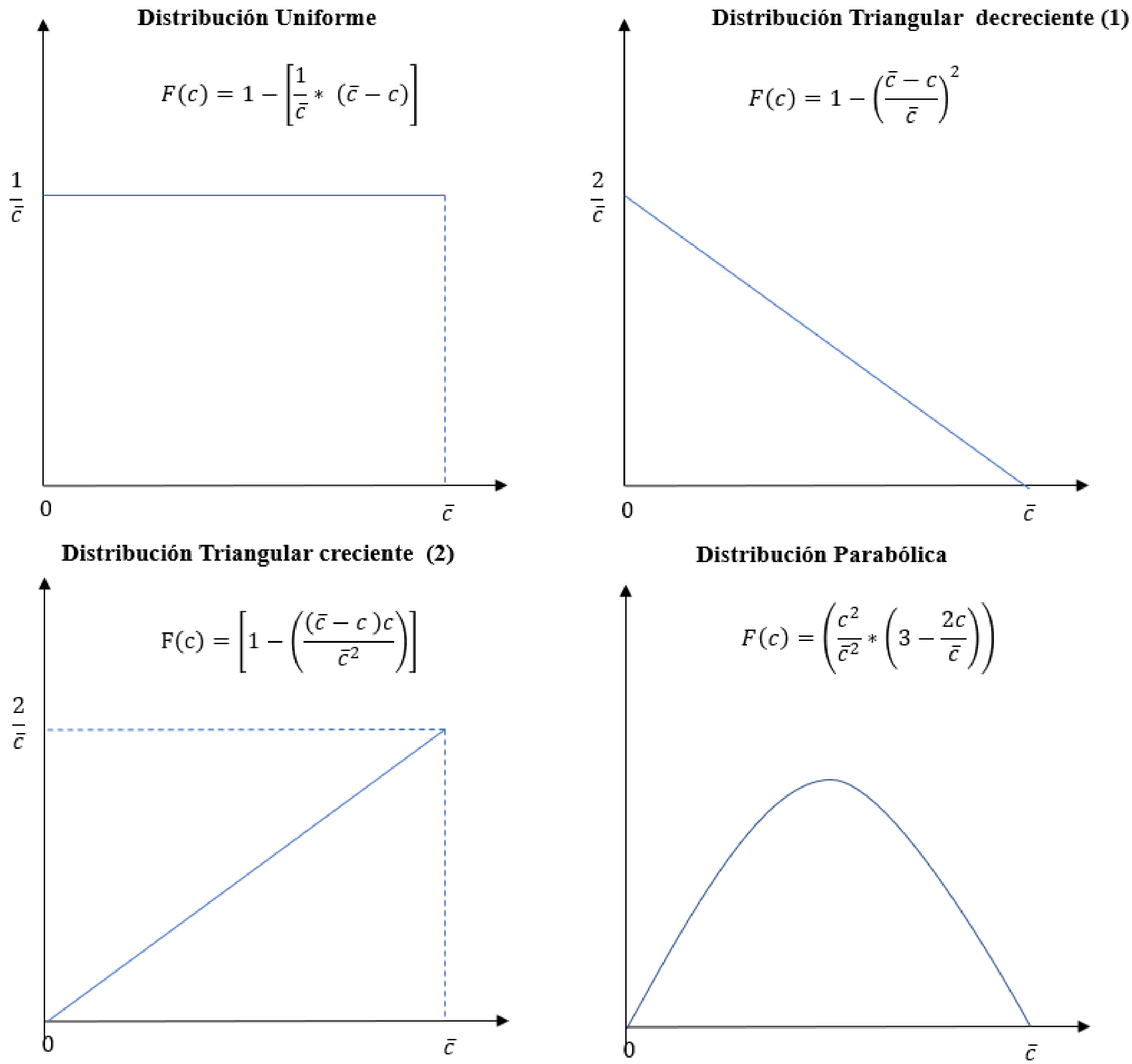
Probabilidad	**Juego decreciente**
P_1^1	$C_1 \geq \frac{2P_2^1\ (2P_1^2 - P_1^2\ P_2^2 - 1) + 4}{P_2^1\ (P_1^2 - 1) + 1}$
P_2^1	$C_2 \geq \frac{2P_1^2\ (\ P_2^2 - 1) + 4}{P_1^2\ (P_2^2 - 1) + 1}$
P_1^2	$P\left(C_1\ \geq 4 -\ 2\ P_2^2 \middle\vert C_1\ \geq\ \frac{2P_2^1\ (2P_1^2 - P_1^2\ P_2^2 - 1) + 4}{P_2^1\ (P_1^2 - 1) + 1}\right)$
P_2^2	$P\left(C_2\ \geq 2\ \middle\vert C_2\ \geq \frac{2P_1^2\ (\ P_2^2 - 1) + 4}{P_1^2\ (P_2^2 - 1) + 1}\right)$

Ahora se asume que el castigo moral considerado en estos juegos no es observable, ya que es un parámetro propio de cada individuo que no es conocido por los demás jugadores, pero mediante la distribución que sigue la población, es estimable.

Para estimar los efectos del desconocimiento del castigo moral, se puede representar dicho castigo como una variable aleatoria que puede seguir diferentes distribuciones de probabilidad según la percepción que a priori se puede tener sobre cómo se distribuye la población para diferentes niveles de castigo.

Como punto de partida, planteamos un escenario en el que la distribución de la población se da de manera uniforme respecto al castigo. Posteriormente, utilizamos una función de distribución triangular en la cual se denota una concentración de la población en valores bajos de c, es decir, el castigo moral tiene poca significancia para los jugadores que provengan de dicha población. Luego, planteamos otra distribución triangular, en la cual, en cambio, existe una marcada concentración de la población en valores altos de c, es decir, el castigo moral tiene mucha significancia para ellos. Y finalmente, mediante el uso de una distribución parabólica, analizamos el caso en el que la población se acumula en valores intermedios del castigo moral.

Figura 5. Distribuciones de probabilidad utilizadas



Hecho esto, se obtiene la probabilidad de que cada jugador elija seguir en cada turno para cada función de distribución de *c*. Es así, que el Figura 5 muestra los diferentes comportamientos de P_1^1 para todas las distribuciones utilizadas.

3. Resultados

Figura 6. Comportamiento de P_1^1 para las diferentes funciones de distribución. Pagos lineales

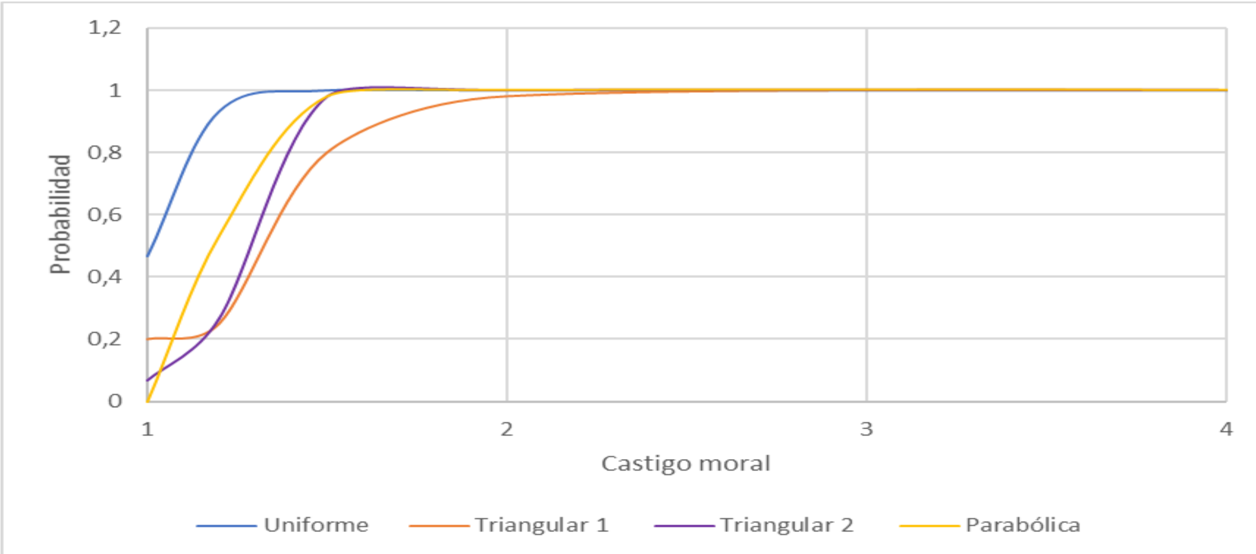


Figura 7. Comportamiento de P_1^1 para las diferentes funciones de distribución. Pagos exponenciales

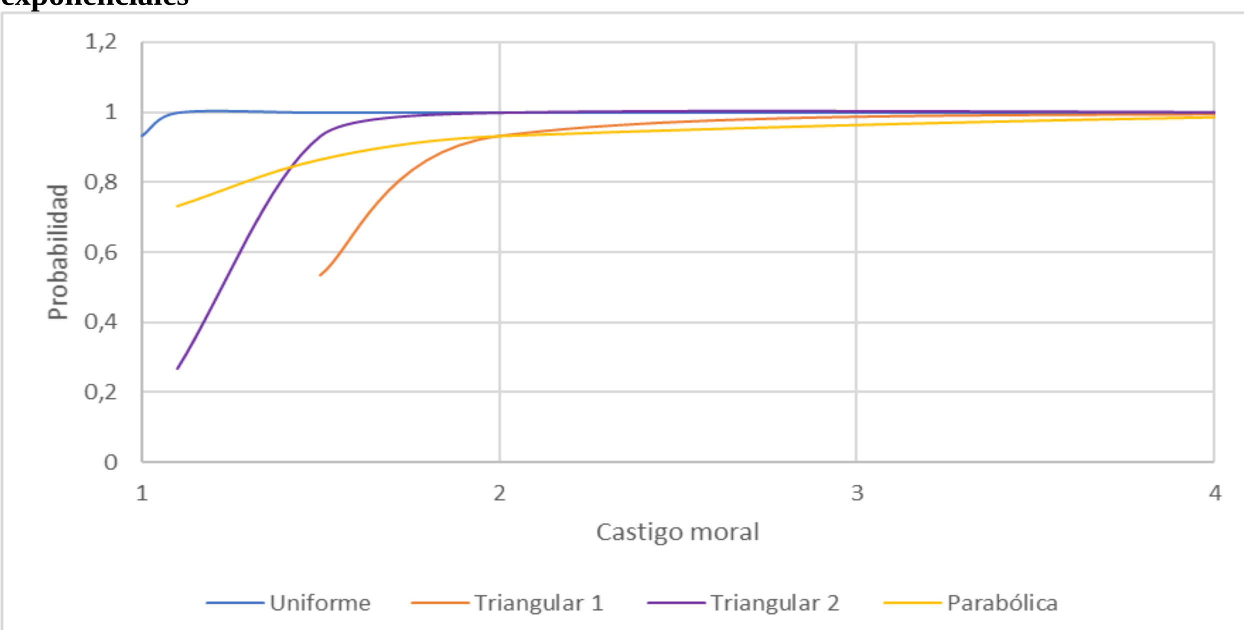


Figura 8.Comportamiento de P_1^1 para las diferentes funciones de distribución. Pagos decrecientes

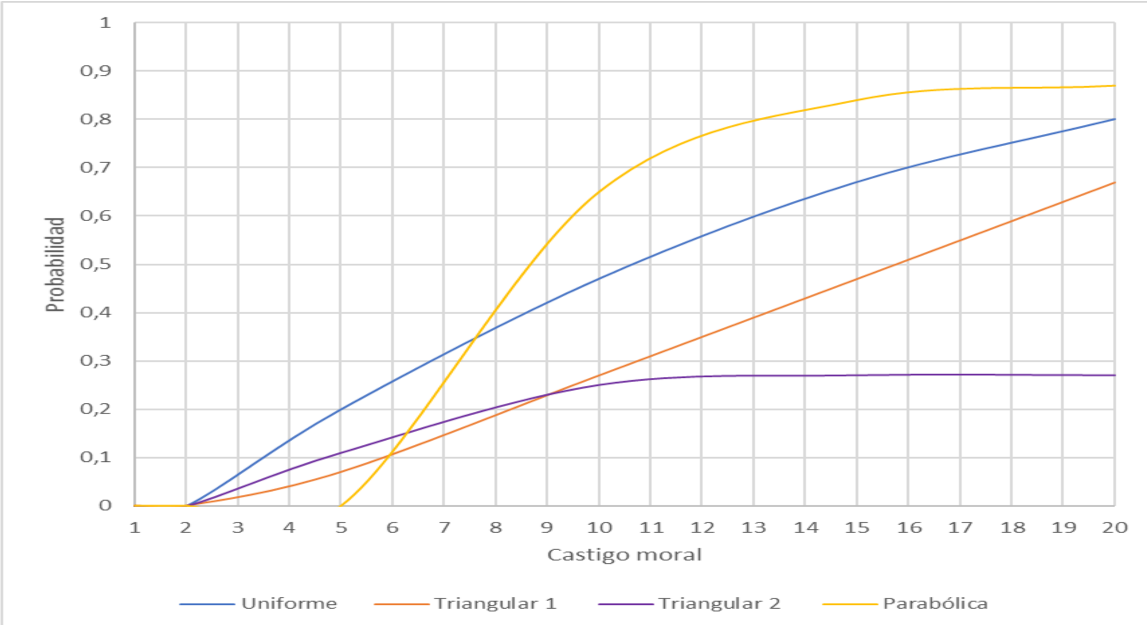


Figura 9. Comportamiento de P_2^1 para las diferentes funciones de distribución. Pagos lineales

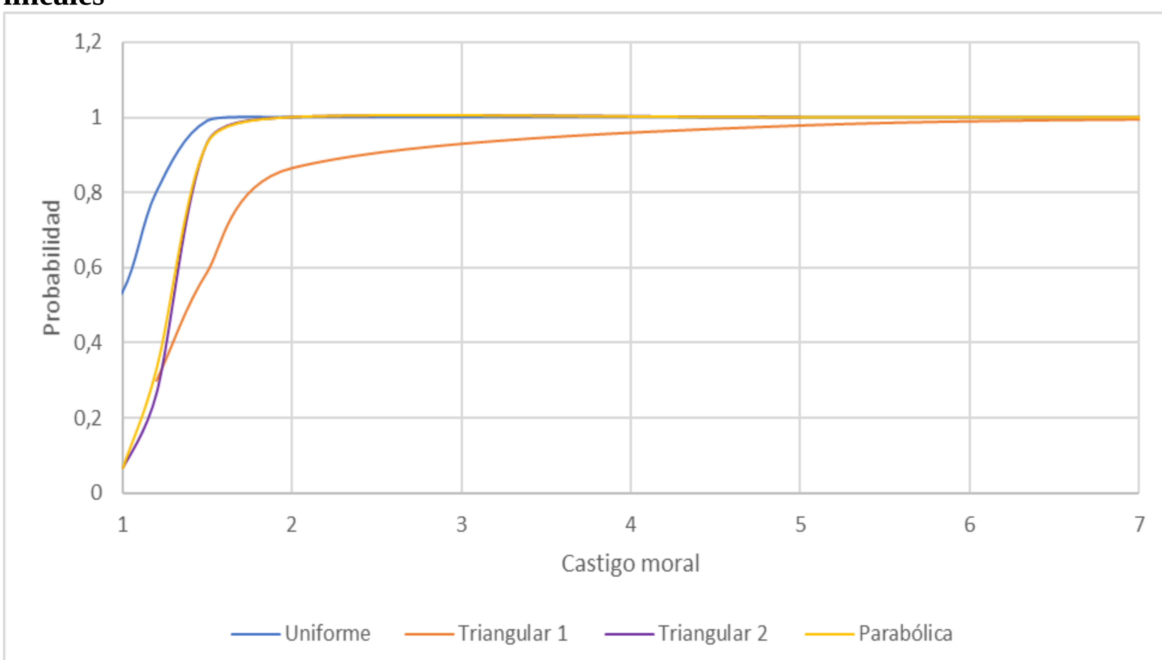


Figura 10. Comportamiento de P_2^1 para las diferentes funciones de distribución. Pagos exponenciales

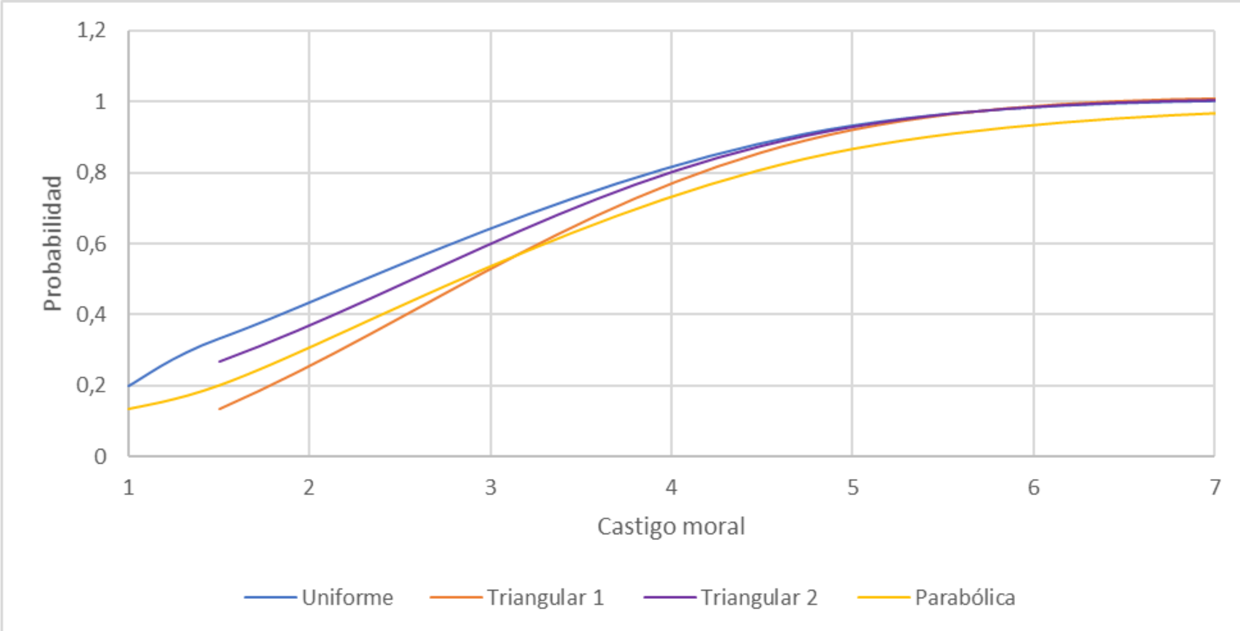


Figura 11. Comportamiento de P_2^1 para las diferentes funciones de distribución. Pagos decrecientes

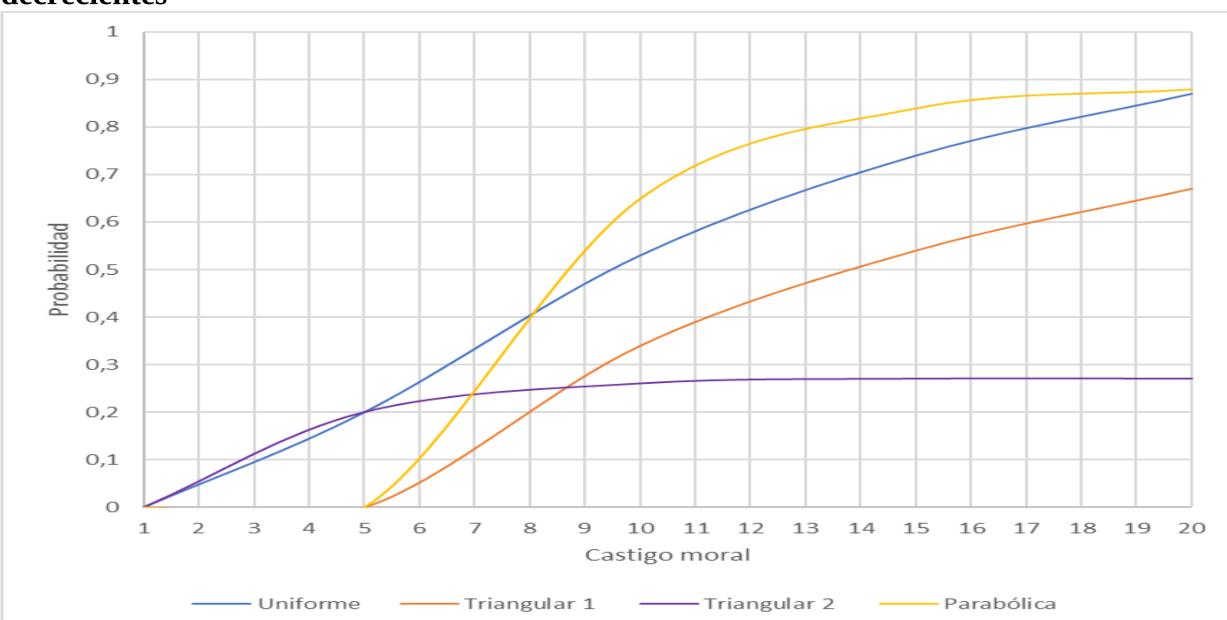


Figura 12. Comportamiento de P_1^2 para las diferentes funciones de distribución. Pagos lineales

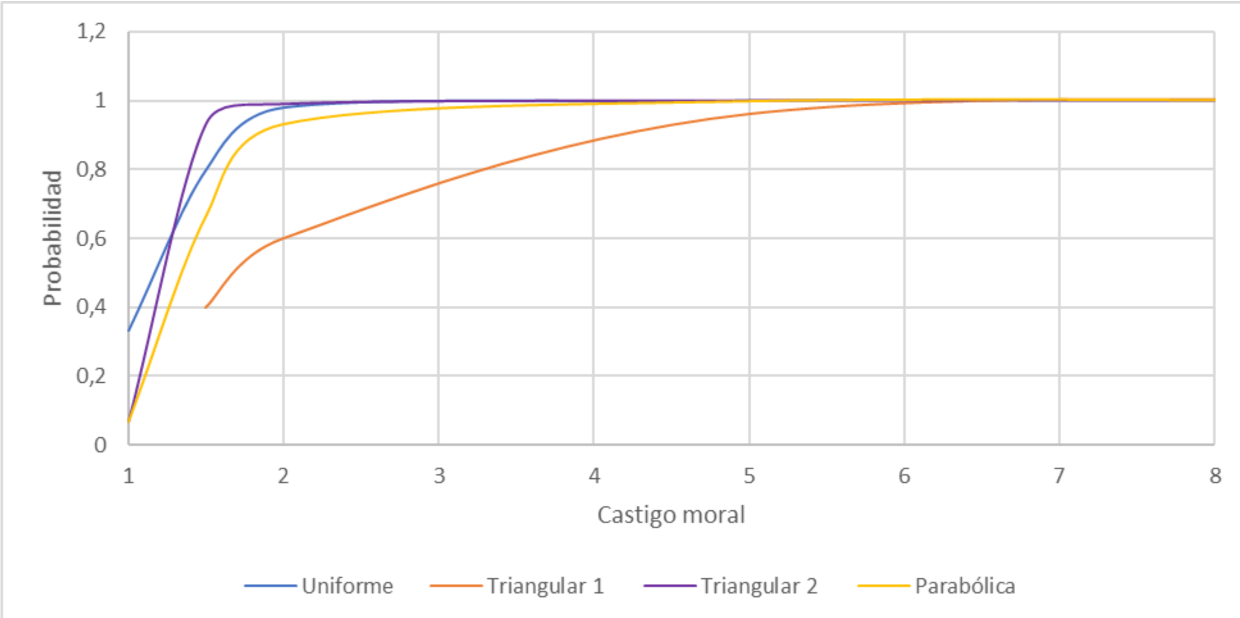


Figura 13. Comportamiento de P_1^2 para las diferentes funciones de distribución. Pagos exponenciales

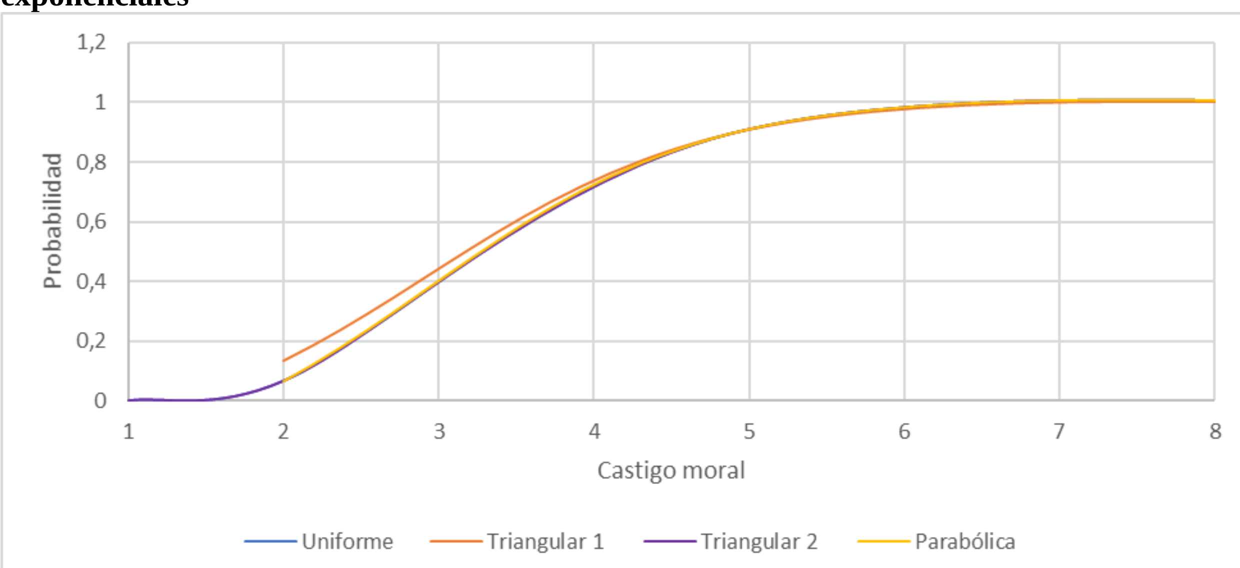


Figura 14. Comportamiento de P_1^2 para las diferentes funciones de distribución. Pagos decrecientes

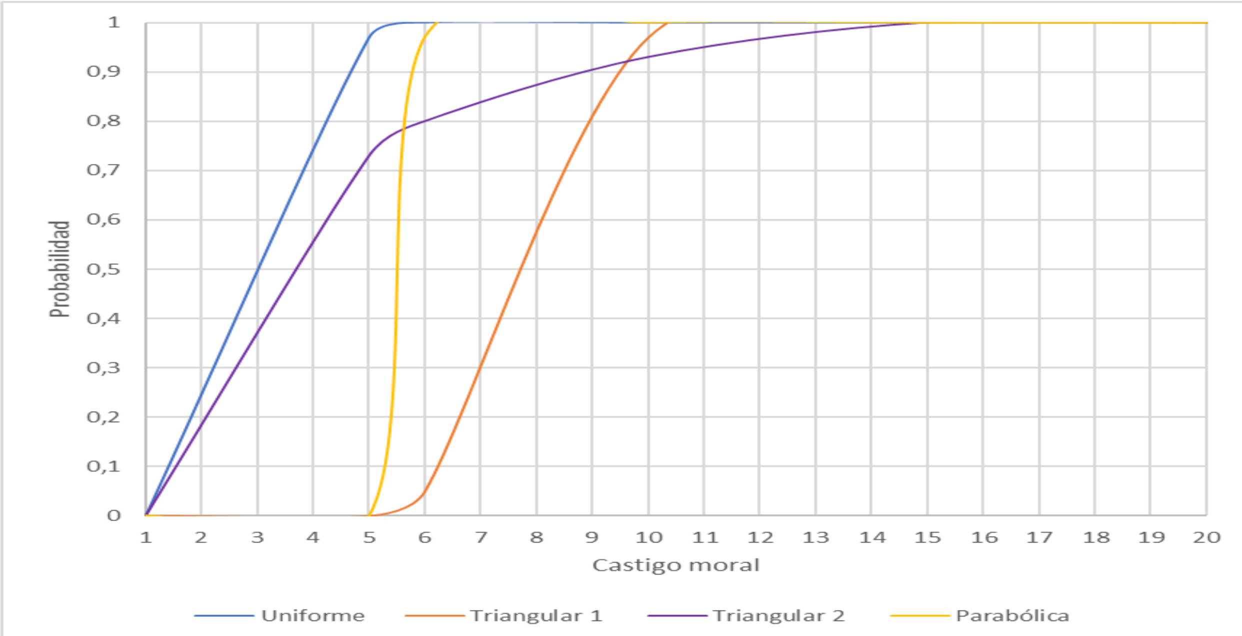


Figura 15. Comportamiento de P_2^2 para las diferentes funciones de distribución. Pagos lineales

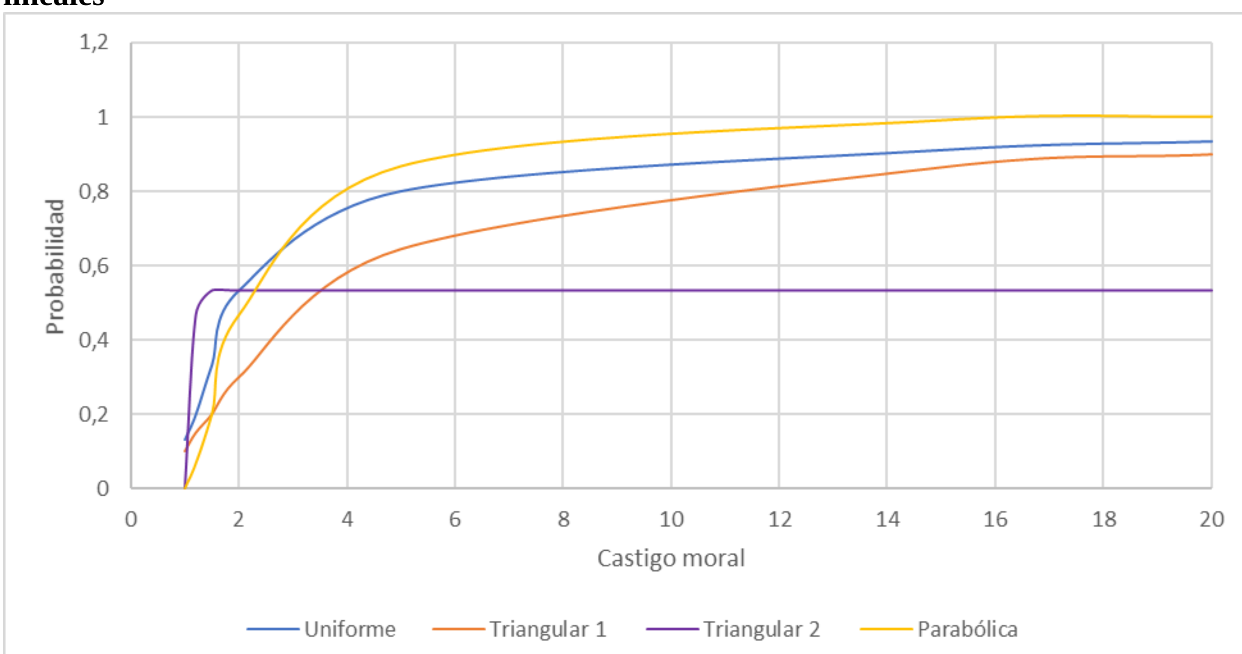


Figura 16. Comportamiento de P_2^2 para las diferentes funciones de distribución. Pagos exponenciales

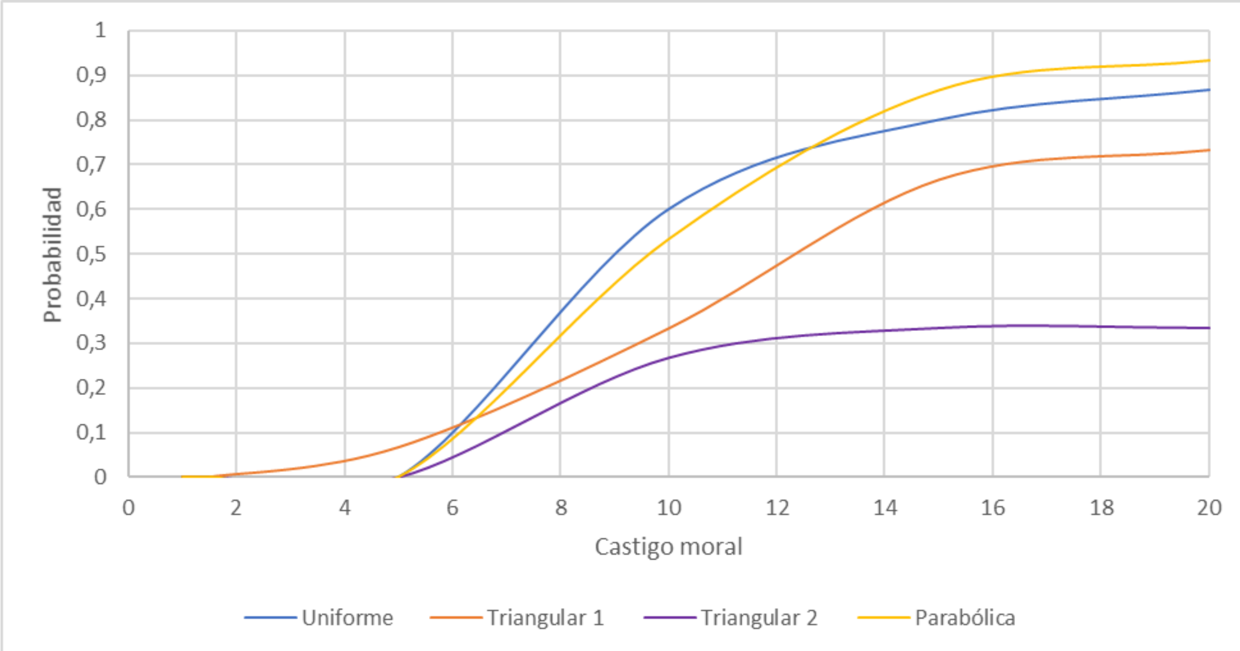
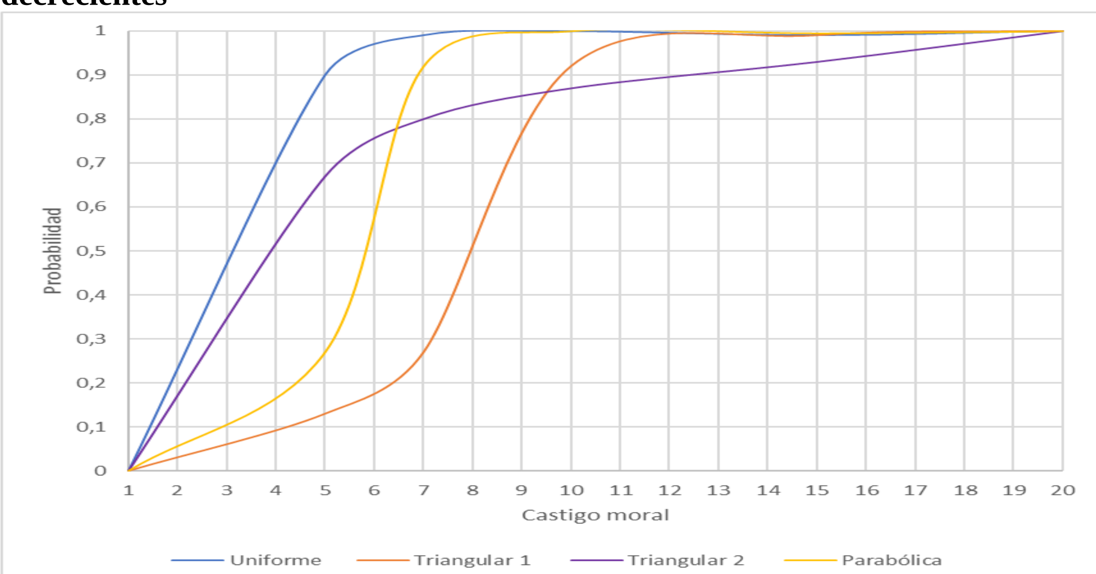


Figura 17. Comportamiento de P_2^2 para las diferentes funciones de distribución. Pagos decrecientes



4. Discusión

Análisis P_1^1

En términos generales, la probabilidad de que el jugador 1 decida seguir el juego al encontrarse en su primer turno, se incrementa a medida que aumenta el valor que representa el castigo para él hasta converger al valor de 1 tanto para el juego original como para el juego modificado. Dicha convergencia implica que, para cualquier distribución de probabilidad utilizada para representar la aleatoriedad del castigo, mientras más alto sea el valor máximo de ese castigo, hay mayor certeza de que el jugador 1 va a colaborar en su primer turno en lugar de terminar.

Igualmente, para ambos juegos se observa que, cuando se asume que el castigo sigue una función de distribución uniforme (Figura 6), la probabilidad de que el jugador 1 decida en su primer turno seguir jugando converge con mayor rapidez a 1 en relación a las demás distribuciones de probabilidad. En cambio, cuando se asume una distribución triangular decreciente para c, la convergencia a 1 parece ser la más lenta. Por su parte, los supuestos de distribuciones triangular creciente y parabólica parecen representar casos intermedios de convergencia.

Respecto a los pagos exponenciales (Figura 7), destaca el hecho de que el asumir una distribución triangular decreciente para c genera una convergencia más lenta a 1 que el asumir una distribución triangular creciente. Tal situación podría indicar que, en el primer turno para el jugador 1, se refleja que la mayor concentración de la población en altos valores del castigo (distribución triangular 2) induce a una mayor propensión a colaborar en comparación a la concentración de la población en valores bajos de c (distribución triangular 1).

En el juego con pagos decrecientes (Figura 8), se observa que la representatividad del castigo para el jugador debe ser muy alta para que decida colaborar. Sin embargo, se observa que existe propensión a colaborar, lo que contradice la intuición y el resultado teórico esperado. Cabe aclarar que en el primer turno no existe información previa y, por lo tanto, la estimación de su propensión a colaborar se hace sin ningún tipo de actualización bayesiana.

Análisis P_2^1

De forma similar al caso anterior parece que la probabilidad de que el jugador 2 en su primer turno decida colaborar también tiende a 1 para ambas estructuras de pagos. Sin embargo, en el juego con pagos modificados la convergencia es mucho más lenta que en el juego original (Figura 9).

Respecto a los casos considerando diferentes distribuciones de probabilidad para el castigo, en términos generales se vuelve a observar que la distribución uniforme (Figura 10) induce a una convergencia más rápida a la colaboración respecto a las demás distribuciones, mientras que, la convergencia inducida por la distribución triangular creciente es mayor a aquella inducida por la distribución triangular decreciente; y la distribución parabólica parece representar un caso intermedio.

Si se toma en cuenta que en este primer turno para el jugador 2 tampoco se posee información previa de su propensión a colaborar (es decir, tampoco hay actualización bayesiana), entonces la similitud de efectos causados por los diferentes tipos de distribución en comparación al primer turno del jugador 1 podría sugerir que cuando no existe actualización bayesiana, la propensión a colaborar en cierta manera refleja cómo se distribuye la población respecto a los valores del castigo (Figura 11).

Análisis P_1^2

Considerando que, a diferencia del primer turno de ambos jugadores en el segundo turno del jugador 1 ya existe información previa. Es decir, para estimar la propensión del jugador 1 a colaborar en su segundo turno se hace una actualización bayesiana tomando en cuenta la información que se conoce.

Al parecer dicha actualización bayesiana tiende a modificar el efecto que tienen las distintas distribuciones asumidas para c sobre la propensión a colaborar en comparación a lo que sucedía en el primer turno de ambos jugadores. Así se observa que, en la estructura de pagos original (Figura 12), la distribución triangular creciente ahora genera una convergencia más rápida a la colaboración en comparación a las demás distribuciones. Mientras que, en el juego con los pagos modificados, no existe una clara distinción entre los efectos causados por las distintas funciones de distribución (Figura 13).

Para tener mayor claridad de cómo al mismo tiempo el crecimiento exponencial de los pagos y la actualización bayesiana empiezan a generar resultados que podrían variar en comparación a la intuición que a priori podría formarse desde las distribuciones originales de la población para los distintos valores del castigo, parece necesario un estudio más analítico de los juegos (Figura 14).

Análisis $\boldsymbol{P_2^2}$

A diferencia de todos los casos anteriores la probabilidad de colaboración del jugador 2 en su segundo turno no parece converger a 1 casi para ninguna distribución de c (excepto posiblemente la distribución parabólica para el juego original, lo cual, sin embargo, no ocurre en el juego con pagos modificados). Más bien, para cada distribución de c y para cada estructura de pagos la probabilidad de colaboración parece converger (de forma monótona creciente) a valores positivos menores a 1 (Figura 15).

Este resultado puede ser causado por el hecho de que, a diferencia de todos los casos anteriores, el jugador 2 en su último turno construye su regla de decisión sin tomar en cuenta la probabilidad de colaboración del jugador 1 (pues es el jugador 2 el que decide cómo terminar el juego) (Figura 16). Por lo tanto, la probabilidad de colaboración únicamente depende de la aleatoriedad del castigo, de los pagos y de la forma concreta de cada distribución de probabilidad del castigo sin importar la aleatoriedad de las decisiones del jugador 1 (Figura 17).

Todo lo anterior causa que en este último nodo la actualización bayesiana tenga un efecto distinto en relación al nodo anterior, lo cual requiere un estudio más exhaustivo del juego en términos analíticos. Además, debido al crecimiento exponencial de los pagos la probabilidad de colaboración se reduce para todas las distribuciones en este turno.

Conclusiones

La teoría de juegos es un campo que busca comprender la conducta humana frente a la toma de decisiones, mediante modelos que simplifican situaciones en la que los individuos interactúan y se interrelacionan.

Estas situaciones se representan mediante juegos, que son "modelos de una situación de interdependencia estratégica", en donde el bienestar de una persona depende no sólo de su accionar, sino también de las acciones de los demás. A pesar de que son útiles para comprender algunos fenómenos, debido a la simplicidad y a los supuestos "rígidos" sobre los cuáles se construyen, en muchas ocasiones impiden lograr una mayor comprensión del hecho analizado.

Experimentalmente, y en varias situaciones cotidianas se ha demostrado que los individuos se mueven por factores que la racionalidad no puede explicar. Se ha observado la existencia de cooperación, la cual puede ser explicada por varias razones, principalmente el altruismo, la reputación y la significancia que este comportamiento tiene para cada individuo.

La teoría bayesiana es de mucha utilidad para tratar de explicar estos dilemas sociales, ya que al no tener certeza de algunos aspectos clave para el desarrollo del juego y poseer información privada sobre las preferencias; las creencias de los jugadores son clave para representar lo que los agentes piensan sobre los movimientos, las estrategias, los beneficios y las creencias de los demás, y a qué equivale su *racionalidad,* lo que se resume en el concepto de *tipo* (diferentes formas de actuar de un jugador).

La mayoría de situaciones económicas y sociales se representan a través de juegos bayesianos dinámicos, es decir, son de carácter secuencial y esto permite que a lo largo de la interacción entre los agentes se revele información total o parcial sobre las acciones de los demás que pueden ser usadas para revisar las estrategias individuales. Bajo este esquema, las creencias de los jugadores respecto al rival toman importancia, ya que influyen en las estrategias seleccionadas por cada jugador y se pueden actualizar debido a la nueva información que obtengamos, proveniente de las decisiones que hacen los demás.

El juego del ciempiés es un juego bayesiano dinámico que ha sido estudiado ampliamente por su carácter dual, ya que "proporciona un entorno en el que el interés propio racional entra en conflicto con el comportamiento cooperativo socialmente óptimo". Además, permite estudiar cualquier relación social debido a que analiza las bases motivacionales del comportamiento humano y, más precisamente, la existencia de cooperación que generalmente para la teoría neoclásica no debería existir.

En la cotidianidad, podemos observar varias situaciones en las que los individuos se comportan en contra de su interés propio, lo que pone en duda la generalización del concepto del "homo economicus". Varios estudios han demostrado que los seres humanos se mueven por mecanismos más allá de la razón, que toman en cuenta las emociones y hace posible la cooperación.

Además, experimentalmente se ha demostrado que la cooperación es frecuente aun cuando no es una estrategia de equilibrio en términos de pagos materiales, debido a que los individuos están motivados por otras preferencias que toman en cuenta las recompensas propias y las de los demás.

Debido a que este comportamiento no pudo ser explicado por el supuesto canónico de la economía – la racionalidad - se retomó la importancia de los factores motivacionales como indispensables para analizar el comportamiento humano. El que un individuo, en ocasiones, no maximice su resultado y se base en otras razones para tomar su decisión, puede ser explicada por la composición de su función de utilidad, es decir, si el resultado de B tiene igual o mayor importancia para A que el resultado propio, la estrategia "racional" para A es continuar, lo que explica en gran parte la conducta cooperativa de los agentes.

El fomento de la cooperación es importante ya que si todos los individuos actúan de manera cooperativa podrían obtener un mejor resultado en comparación a que si todos realizan una elección no cooperativa. Entonces, se deben encontrar mecanismos que promuevan la colaboración que terminen por beneficiar al grupo en general y eliminen los equilibrios deficientes.

La implementación de un castigo puede ser un mecanismo útil para modificar el comportamiento de los individuos, ya que como han demostrado varios investigadores, puede aumentar el nivel de colaboración aún en individuos de tipo no-cooperador.

Asimismo, el castigo de tipo moral puede inducir en la colaboración, ya que cuando los individuos son conscientes que están bajo ciertas reglas y que al incumplirlas tendrán como consecuencia un escarmiento, hace que modifiquen sus preferencias y elecciones. Además, el hacer lo correcto, lo bueno u honorable, es un motivo *per se* para muchas personas, y por esto, deciden colaborar.

Debido a esta diferencia entre lo teóricamente esperado, y lo experimentalmente observado, se diseñó una versión del juego del ciempiés que implementa un castigo de tipo moral para determinar si los jugadores deciden o no colaborar, de acuerdo al grado de importancia que tiene para cada uno de ellos no traicionar al otro y continuar el juego.

Se implementó este tipo de castigo con la finalidad de resaltar la importancia de los juicios morales que realizan los individuos al tomar sus decisiones, ya que el compromiso moral hace que el agente vaya más allá del interés personal- en términos económicos- por lograr una mayor satisfacción personal, la cual puede ser medida en términos tales como la percepción de equidad, justicia o altruismo.

En relación a los resultados encontrados en la implementación hecha aquí del juego del ciempiés con las tres estructuras de pagos propuestas, se observa que en el primer turno del jugador 1 (P_1^1) la probabilidad de que dicho jugador decida seguir el juego, se incrementa a medida que aumenta el valor que representa el castigo para él; tal castigo se representó como una variable aleatoria que puede seguir diferentes funciones de distribución: uniforme, triangular decreciente (1), triangular creciente (2) y parabólica.

Dentro de ese primer turno del jugador 1 también se observa que cuando se considera una distribución triangular decreciente para el castigo moral, la convergencia a la colaboración es más lenta en relación a cuando se considera una distribución triangular creciente. Tal situación podría indicar que cuando la población se concentra en altos valores del castigo, la propensión a colaborar es mayor en comparación a cuando la población se concentra en valores bajos del mismo.

Cabe también destacar que, la estimación de su propensión a colaborar en su primer turno se hace sin ningún tipo de actualización bayesiana.

Por otro lado, se muestra que la probabilidad de que el jugador 2 en su primer turno decida colaborar (P_2^1), también tiende a 1. Sin embargo, en el juego con pagos modificados exponencialmente la convergencia es mucho más lenta que en el juego original. Esto último podría deberse a que el jugador 2, al tener que jugar después del jugador 1, se encuentra más influenciado por el incremento exponencial de la estructura de pagos y, por lo tanto, quizá es necesario un castigo igualmente más alto para inducir a su colaboración. En este turno, además, tampoco existe actualización bayesiana, ya que no se posee información previa de la propensión a colaborar del jugador 2. Por lo tanto, las similitudes en el comportamiento encontradas respecto al primer turno del jugador 1, se deben a cómo se distribuye la población respecto a los valores del castigo.

La colaboración observada en estos turnos, puede darse porque ambos jugadores buscan construir un efecto reputación y un efecto reciprocidad, para que, en el turno subsiguiente de cada uno, también colaboren debido a que son percibidos como agentes colaboradores.

Respecto al segundo turno del jugador 1 (P_1^2), se debe considerar que, a diferencia del primer turno de ambos jugadores, en este turno ya existe información previa. Es decir, para estimar la propensión del jugador 1 a colaborar en su segundo turno se hace una actualización bayesiana tomando en cuenta la información que se conoce.

Al parecer dicha actualización bayesiana tiende a modificar el efecto que tienen las distintas distribuciones asumidas para el castigo moral sobre la propensión a colaborar en comparación a lo que sucedía en el primer turno de ambos jugadores. Así se observa que, en la estructura de pagos original, la distribución triangular creciente ahora genera una convergencia más rápida a la colaboración en comparación a las demás distribuciones para el castigo. Mientras que, en el juego con los pagos modificados, no existe una clara distinción entre los efectos causados por las distintas funciones de distribución consideradas.

A este resultado se suma la tendencia a que la convergencia a la colaboración se vuelva cada vez más lenta a medida que los turnos avanzan a causa del crecimiento exponencial de los pagos que parecen provocar que el castigo tome valores aún más altos para colaborar.

Para tener mayor claridad de cómo al mismo tiempo el crecimiento exponencial de los pagos y la actualización bayesiana empiezan a generar resultados que podrían variar en comparación a la intuición que *a priori* podría formarse desde las distribuciones originales de la población para los distintos valores del castigo, parece necesario un estudio más analítico de los juegos.

Finalmente, en el caso del segundo turno del jugador 2 (P_2^2), la probabilidad de colaboración no parece converger a 1 casi para ninguna distribución del castigo (excepto posiblemente la distribución parabólica para el juego original, lo cual, sin embargo, no ocurre en el juego con pagos modificados). Más bien, para cada distribución del castigo y para cada estructura de pagos la probabilidad de colaboración parece converger (de forma monótona creciente) a valores positivos menores a 1.

Por lo tanto, en el último turno del juego del ciempiés la probabilidad de colaboración únicamente depende de la representatividad del castigo, de los pagos y de la forma concreta de cada distribución de probabilidad del castigo, lo que causa que la actualización bayesiana tenga un efecto distinto en relación al penúltimo turno, potencial resultado cuya verificación requiere un estudio más exhaustivo del juego en términos analíticos.

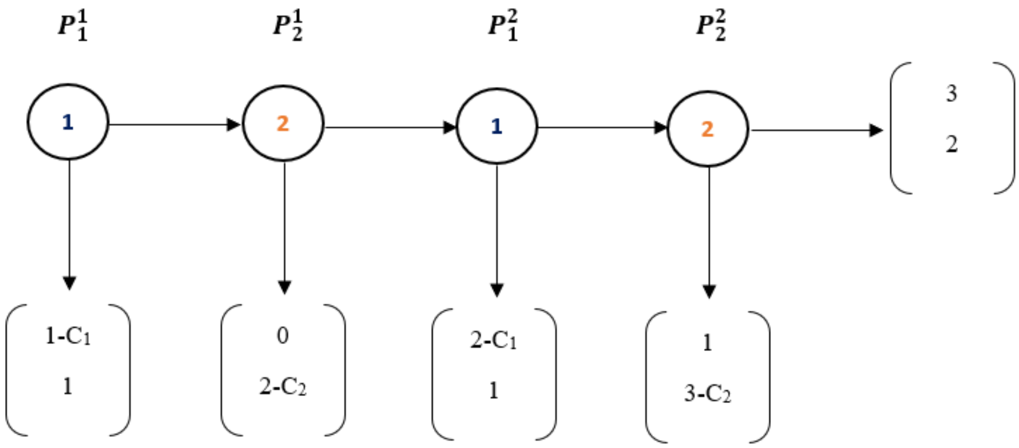
Además, debido al crecimiento exponencial de los pagos, la probabilidad de colaboración se reduce para todas las distribuciones del castigo en el último turno, y al no existir la oportunidad de que el jugador 1 participe de nuevo, el efecto reciprocidad que puede ser una razón para colaborar, se elimina; y el jugador 2 continuará únicamente si el componente moral le importa y su función de utilidad tiene un componente de este tipo; caso contrario, terminará el juego y recibirá un pago mayor en términos monetarios.

Al utilizar una estructura de pagos decrecientes, en términos generales se observa que para que el jugador colabore, la representatividad del castigo debe ser alta. Sin embargo, se observa que existe propensión a colaborar, lo que contradice la intuición y el resultado teórico esperado, lo que podría sugerir que los criterios de justicia y equidad son valorados dentro de la función de utilidad d ellos jugadores, a pesar de que en términos de pagos alcanzan un resultado ineficiente.

En conclusión, este estudio tanto desde la revisión de la literatura como desde la implementación del juego del ciempiés, sugiere que se debe considerar otros factores dentro de lo comúnmente entendido por racionalidad, lo que quizá nos permita conocer de forma más precisa cómo los individuos pueden llegar a actuar cooperativamente aun cuando muchas veces la teoría parezca sugerir lo contrario.

Anexos

Juego con pagos lineales



Jugador 1, turno 1:

- Obtenemos la utilidad esperada en caso de que σ_{11} elija seguir

$U_1(Seguir\ en\ 1, \sigma_2)$ = P_2^1 [P_1^2 (P_2^2 *3 + (1- P_2^2) *1) + (1-P_1^2) (2-C_1)] + (1-P_2^1) * 0

$U_1(Seguir\ en\ 1, \sigma_2)$ = P_2^1 [2 + P_1^2 (2P_2^2 -1) + C_1 (P_1^2 – 1)]

- Obtenemos la utilidad esperada en caso de que σ_{11} elija terminar

$U_1(Terminar\ en\ 1, \sigma_2)$ = 1- C_1

- Comparamos la utilidad esperada de seguir con la utilidad esperada de terminar, para determinar bajo que condición σ_{11} elige la mejor estrategia

$U_1(Seguir\ en\ 1, \sigma_2) \geq U_1(Terminar\ en\ 1, \sigma_2)$

P_2^1 [2 + P_1^2 (2P_2^2 -1) + C_1 (P_1^2 – 1)] ≥ 1- C_1

$$\boxed{C_1 \geq \frac{P_2^1\,(P_1^2-2\,P_1^2\,P_2^2-2)+1}{P_2^1\,(P_1^2-1)+1}}$$

Entonces, σ_{11} decidirá seguir, cuando el valor de C_1 sea mayor o igual a $\frac{P_2^1\,(P_1^2-2\,P_1^2\,P_2^2-2)+1}{P_2^1\,(P_1^2-1)+1}$.

Jugador 2, turno 1:

- Obtenemos la utilidad esperada en caso de que σ_{21} elija seguir

$U_2(Seguir\ en\ 1, \sigma_1)$ = P_1^2[(P_2^2 *2) + (1- P_2^2) (3-C_2)] + (1-P_1^2) * 1

- Obtenemos la utilidad esperada en caso de que σ_{21} elija terminar

$U_2(Terminar\ en\ 1, \sigma_1)$= 2- C_2

- Comparamos la utilidad esperada de seguir con la utilidad esperada de terminar, para determinar bajo que condición σ_{21} elige la mejor estrategia

$U_2(Seguir\ en\ 1, \sigma_1) \geq\ U_2(Terminar\ en\ 1, \sigma_1)$

P_1^2[(P_2^2 *2) + (1- P_2^2) (3-C_2)] + (1-P_1^2) ≥ 2- C_2

$\boxed{C_2 \geq \frac{P_1^2\ (\ P_2^2 - 2) + 1}{P_1^2\ (P_2^2 - 1) + 1}}$

Entonces, σ_{21} decidirá seguir, cuando el valor de C_2 sea mayor o igual a $\frac{P_1^2\ (\ P_2^2 - 2) + 1}{P_1^2\ (P_2^2 - 1) + 1}$.

Jugador 1, turno 2:

- Obtenemos la utilidad esperada en caso de que σ_{12} elija seguir

$U_1(Seguir\ en\ 2, \sigma_2)$ = P_2^2 * 3 + (1- P_2^2) * 1

$U_1(Seguir\ en\ 2, \sigma_2)$ = 2 P_2^2 + 1

- Obtenemos la utilidad esperada en caso de que σ_{12} elija terminar

$U_1(Terminar\ en\ 2, \sigma_2)$= 2 – C_1

- Comparamos la utilidad esperada de seguir con la utilidad esperada de terminar, para determinar bajo que condición σ_{12} elige la mejor estrategia

$U_1(Seguir\ en\ 2, \sigma_2) \geq U_1(Terminar\ en\ 2, \sigma_2)$= 2 – C_1

$2P_2^2$ + 1 ≥ 2 – C_1

$\boxed{C_1 \geq 1 - 2\ P_2^2}$

Entonces, σ_{12} decidirá seguir, cuando el valor de C_1 sea mayor o igual a 1 - 2 P_2^2.

Jugador 2, turno 2:

- Obtenemos la utilidad esperada en caso de que σ_{22} elija seguir

$U_2(Seguir\ en\ 2, \sigma_1)$ = 2

- Obtenemos la utilidad esperada en caso de que σ_{22} elija terminar

$U_2(Terminar\ en\ 2, \sigma_1)$ = 3- C_2

- Comparamos la utilidad esperada de seguir con la utilidad esperada de terminar, para determinar bajo que condición σ_{22} elige la mejor estrategia

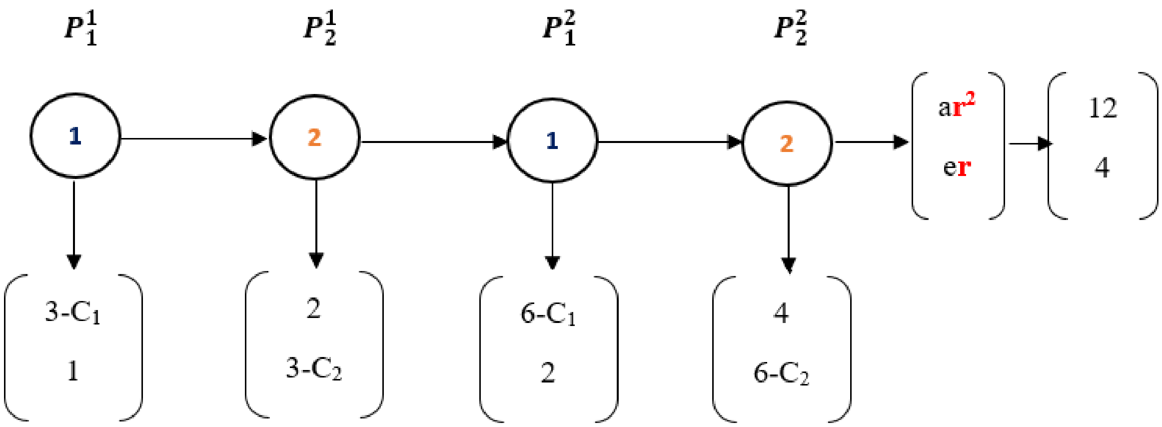
$U_2(Seguir\ en\ 2, \sigma_1) \geq U_2(Terminar\ en\ 2, \sigma_1)$

$2 \geq 3 - C_2$

$C_2 \geq 1$

Entonces, σ_{22} decidirá seguir, cuando el valor de C_2 sea mayor o igual a 1.

Juego con la estructura de pagos exponenciales



Jugador 1, turno 1:

$$C_1 \geq \frac{1-8P_1^2\,P_2^1P_2^2+2P_1^2P_2^1-5P_2^1}{P_1^2P_2^1\,+1-P_2^1}$$

Entonces, σ_{11} decidirá seguir, cuando el valor de C_1 sea mayor o igual a $\frac{1-8P_1^2\,P_2^1P_2^2+2P_1^2P_2^1-5P_2^1}{P_1^2P_2^1\,+1-P_2^1}$

Jugador 2, turno 1:

$$C_2 \geq \frac{2P_1^2\,P_2^2-4P_1^2+1}{P_1^2\,P_2^2-P_1^2+1}$$

Entonces, σ_{21} decidirá seguir, cuando el valor de C_2 sea mayor o igual a $\frac{2P_1^2\,P_2^2-4P_1^2+1}{P_1^2\,P_2^2-P_1^2+1}$

Jugador 1, turno 2:

$C_1 \geq 2 - 8\,P_2^2$

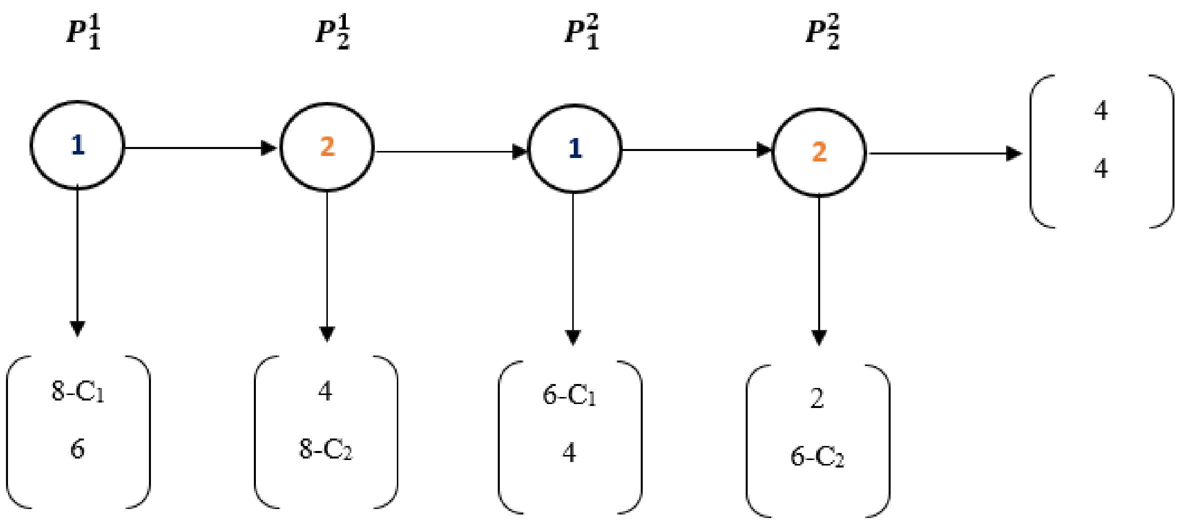
Entonces, σ_{12} decidirá seguir, cuando el valor de C_1 sea mayor o igual a $2 - 8\,P_2^2$

Jugador 2, turno 2:

$C_2 \geq 2$

Entonces, σ_{22} decidirá seguir, cuando el valor de C_2 sea mayor o igual a 2.

Juego con la estructura de pagos decreciente



Jugador 1, turno 1:

- Obtenemos la utilidad esperada en caso de que σ_{11} elija seguir

$U_1(Seguir\ en\ 1, \sigma_2)$ = P_2^1 [P_1^2 (P_2^2 *4 + (1- P_2^2) *2) + (1-P_1^2) (6-C_1)] + (1-P_2^1) * 4

$U_1(Seguir\ en\ 1, \sigma_2)$ = P_2^1 [6 + 2P_1^2 (P_2^2 -2) + C_1 (P_1^2 – 1)]+4 - 4P_2^1

- Obtenemos la utilidad esperada en caso de que σ_{11} elija terminar

$U_1(Terminar\ en\ 1, \sigma_2)$ = 8- C_1

- Comparamos la utilidad esperada de seguir con la utilidad esperada de terminar, para determinar bajo que condición σ_{11} elige la mejor estrategia

$U_1(Seguir\ en\ 1, \sigma_2) \geq U_1(Terminar\ en\ 1, \sigma_2)$

P_2^1 [6 + 2P_1^2 (P_2^2 -2) + C_1 (P_1^2 – 1)]+4 - 4P_2^1≥ 8- C_1

$$\boxed{C_1 \geq \frac{2P_2^1\left(2P_1^2 - P_1^2\, P_2^2 - 1\right) + 4}{P_2^1\left(P_1^2 - 1\right) + 1}}$$

Entonces, σ_{11} decidirá seguir, cuando el valor de C_1 sea mayor o igual a $\frac{2P_2^1\left(2P_1^2 - P_1^2\, P_2^2 - 1\right) + 4}{P_2^1\left(P_1^2 - 1\right) + 1}$

Jugador 2, turno 1:

- Obtenemos la utilidad esperada en caso de que σ_{21} elija seguir

$U_2(Seguir\ en\ 1, \sigma_1)$ = P_1^2[(P_2^2 *4) + (1- P_2^2) (6-C_2)] + (1-P_1^2) * 4

- Obtenemos la utilidad esperada en caso de que σ_{21} elija terminar

$U_2(Terminar\ en\ 1, \sigma_1)$= 8- C_2

- Comparamos la utilidad esperada de seguir con la utilidad esperada de terminar, para determinar bajo que condición σ_{21} elige la mejor estrategia

$U_2(Seguir\ en\ 1, \sigma_1) \geq\ U_2(Terminar\ en\ 1, \sigma_1)$

P_1^2[-2 P_2^2 +6 - C_2 +P_2^2 C_2] + 4 - 4 P_1^2) ≥ 8- C_2

$$\boxed{C_2 \geq \frac{2P_1^2\,(P_2^2-1)+4}{P_1^2\,(P_2^2-1)+1}}$$

Entonces, σ_{21} decidirá seguir, cuando el valor de C_2 sea mayor o igual a $\frac{2P_1^2\,(P_2^2-1)+4}{P_1^2\,(P_2^2-1)+1}$

Jugador 1, turno 2:

- Obtenemos la utilidad esperada en caso de que σ_{12} elija seguir

$U_1(Seguir\ en\ 2, \sigma_2)$ = P_2^2 * 4 + (1- P_2^2) * 2

$U_1(Seguir\ en\ 2, \sigma_2)$ = 2 P_2^2 + 2

- Obtenemos la utilidad esperada en caso de que σ_{12} elija terminar

$U_1(Terminar\ en\ 2, \sigma_2)$= 6 – C_1

- Comparamos la utilidad esperada de seguir con la utilidad esperada de terminar, para determinar bajo que condición σ_{12} elige la mejor estrategia

$U_1(Seguir\ en\ 2, \sigma_2) \geq U_1(Terminar\ en\ 2, \sigma_2)$

$2P_2^2$ + 2 ≥ 6 – C_1

$$\boxed{C_1 \geq 4 - 2\,P_2^2}$$

Entonces, σ_{12} decidirá seguir, cuando el valor de C_1 sea mayor o igual a 4 - 2 P_2^2

Jugador 2, turno 2:

- Obtenemos la utilidad esperada en caso de que σ_{22} elija seguir

$U_2(Seguir\ en\ 2, \sigma_1)$ = 4

- Obtenemos la utilidad esperada en caso de que σ_{22} elija terminar

$U_2(Terminar\ en\ 2, \sigma_1)$ = 6- C_2

- Comparamos la utilidad esperada de seguir con la utilidad esperada de terminar, para determinar bajo que condición σ_{22} elige la mejor estrategia

$U_2(Seguir\ en\ 2, \sigma_1) \geq U_2(Terminar\ en\ 2, \sigma_1)$

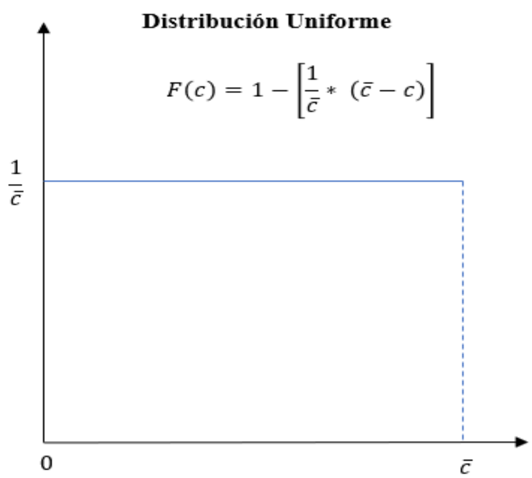
$4 \geq 6 - C_2$

$\boxed{C_2 \geq 2}$

Entonces, σ_{22} decidirá seguir, cuando el valor de C_2 sea mayor o igual a 2.

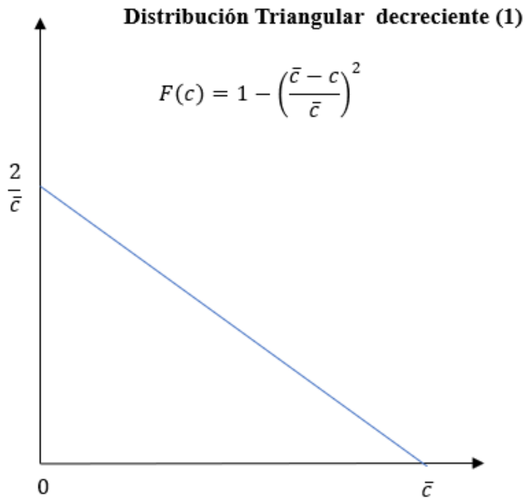
Cálculo de las funciones de distribución

Función de distribución uniforme



$$\boldsymbol{F\ (c) = 1 - \left[(\bar{c} - c) * \frac{1}{\bar{c}}\right]}$$

Función de distribución triangular decreciente



$$\frac{\bar{c} * h}{2} = 1$$

$$h = \frac{2}{\bar{c}}$$

$$f\ (c) = mc + b$$

Cuando $c = \bar{c} \rightarrow f(c) = 0$

$$0 = m\bar{c} + \frac{2}{\bar{c}}$$

$$m = \frac{-2}{\bar{c}^2}$$

Reemplazo en $f\ (c)$

$$f\ (c) = \frac{-2}{\bar{c}^2} c + \frac{2}{\bar{c}}$$

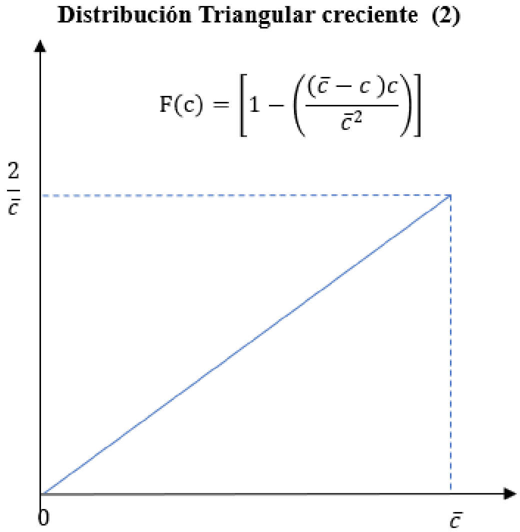
$$f\ (c) = \frac{2}{\bar{c}}\left(\frac{\bar{c} - c}{\bar{c}}\right)$$

$$1 - F(c) = \frac{2}{\bar{c}}\left(\frac{\bar{c} - c}{\bar{c}}\right) * (\bar{c} - c) * \frac{1}{2}$$

$$1 - F(c) = \left(\frac{\bar{c} - c}{\bar{c}}\right)^2$$

$$\boldsymbol{F(c) = 1 - \left(\frac{\bar{c} - c}{\bar{c}}\right)^2}$$

Función de distribución triangular creciente



$$\frac{\bar{c} * h}{2} = 1$$

$$h = \frac{2}{\bar{c}}$$

$$f\ (c) = mc + h$$

Cuando $c = \bar{c} \rightarrow f(c) = \frac{2}{\bar{c}}$

$$\frac{2}{\bar{c}} = m\bar{c}$$

$$m = \frac{2}{\bar{c}^2}$$

Reemplazo en $f\ (c)$

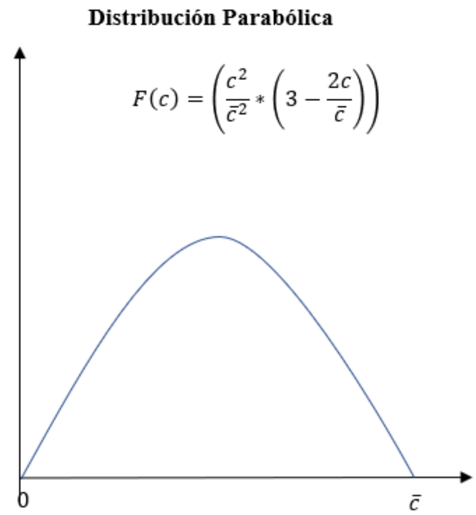
$$f\ (c) = \frac{2c}{\bar{c}^2}$$

$$1 - F(c) = (\bar{c} - c)\left(\frac{2c}{\bar{c}^2}\right) * \frac{1}{2}$$

$$1 - F(c) = \frac{(\bar{c} - c)\ c}{\bar{c}^2}$$

$$\boldsymbol{F(c) = 1 - \left[\frac{(\bar{c} - c)\ c}{\bar{c}^2}\right]}$$

Función de distribución parabólica



$f\ (x) = \ -ax^2 + bx$

$f\ (x) = \ x(b - ax)$

si a y b son A

$Ac\ (1 - c)$, cambio por 1 por $\bar{c}$

$f\ (c) = Ac\ (\bar{c} - c)$

$$\int_0^{\bar{c}} f(c) = 1$$

$$\int_0^{\bar{c}} (Ac\bar{c} - Ac^2)dx = 1$$

$$A\bar{c}\int_0^{\bar{c}} c\,dc - A\int_0^{\bar{c}} c^2 dc = 1$$

$$A\bar{c}\ \frac{c^2}{2}\bigg|_0^{\bar{c}} - A\ \frac{c^3}{3}\bigg|_0^{\bar{c}} = 1$$

$$A\bar{c}\frac{\bar{c}^2}{2} - \ \frac{\bar{c}^3}{3} = 1$$

$$A = \ \frac{6}{\bar{c}^3}$$

Reemplazo en

$f\ (c) = Ac\ (\bar{c} - c)$

$$f\ (c) = \frac{6}{\bar{c}^3} c\ (\bar{c} - c)$$

$$f\ (c) = \frac{6c}{\bar{c}^2} - \frac{6c^2}{\bar{c}^3}$$

$$F(c) = \int_0^c \left(\frac{6c}{\bar{c}^2} - \frac{6c^2}{\bar{c}^3}\right) dx$$

$$\boldsymbol{F\ (c) = \frac{c^2}{\bar{c}^2}\left(3 - \frac{2c}{\bar{c}}\right)}$$

Sistema de ecuaciones para el juego con pagos lineales

$$Slineal = \begin{cases} P_1^1 = 1 - F\ \left[\dfrac{P_2^1\ (P_1^2 - 2\ P_1^2\ P_2^2 - 2) + 1}{P_2^1\ (P_1^2 - 1) + 1}\right] \\ P_2^1 = 1 - F\ \left[\dfrac{P_1^2\ (\ P_2^2 - 2) + 1}{P_1^2\ (P_2^2 - 1) + 1}\right] \\ P_1^2 = \dfrac{1 - F\ [1 - 2P_2^2]}{1 - F\ \left[\dfrac{P_2^1\ (P_1^2 - 2\ P_1^2\ P_2^2 - 2) + 1}{P_2^1\ (P_1^2 - 1) + 1}\right]} \\ P_2^2 = \dfrac{1 - F\ [1]}{1 - F\ \left[\dfrac{P_1^2\ (\ P_2^2 - 2) + 1}{P_1^2\ (P_2^2 - 1) + 1}\right]} \end{cases}$$

Sistema de ecuaciones para el juego con pagos exponenciales

$$Sexponencial = \begin{cases} P_1^1 = 1 - F\ \left[\dfrac{1 - 8P_1^2\ P_2^1 P_2^2 + 2P_1^2 P_2^1 - 5P_2^1}{P_1^2 P_2^1\ + 1 - P_2^1}\right] \\ P_2^1 = 1 - F\ \left[\dfrac{2P_1^2\ P_2^2 - 4P_1^2 + 1}{P_1^2\ P_2^2 - P_1^2 + 1}\right] \\ P_1^2 = \dfrac{1 - F\ [2\ -\ 8\ P_2^2]}{1 - F\ \left[\dfrac{1 - 8P_1^2\ P_2^1 P_2^2 + 2P_1^2 P_2^1 - 5P_2^1}{P_1^2 P_2^1\ + 1 - P_2^1}\right]} \\ P_2^2 = \dfrac{1 - F\ [2]}{1 - F\ \left[\dfrac{2P_1^2\ P_2^2 - 4P_1^2 + 1}{P_1^2\ P_2^2 - P_1^2 + 1}\right]} \end{cases}$$

Sistema de ecuaciones para el juego con pagos decrecientes

$$Sdecreciente = \begin{cases} P_1^1 = 1 - F\left[\dfrac{2P_2^1\,(2P_1^2 - P_1^2\,P_2^2 - 1) + 4}{P_2^1\,(P_1^2 - 1) + 1}\right] \\ P_2^1 = 1 - F\left[\dfrac{2P_1^2\,(P_2^2 - 1) + 4}{P_1^2\,(P_2^2 - 1) + 1}\right] \\ P_1^2 = \dfrac{1 - F\,[4 - 2P_2^2]}{1 - F\left[\dfrac{2P_2^1\,(2P_1^2 - P_1^2\,P_2^2 - 1) + 4}{P_2^1\,(P_1^2 - 1) + 1}\right]} \\ P_2^2 = \dfrac{1 - F\,[2]}{1 - F\left[\dfrac{2P_1^2\,(P_2^2 - 1) + 4}{P_1^2\,(P_2^2 - 1) + 1}\right]} \end{cases}$$

Lista de referencias

Almenberg, Johan, and Anna Dreber. 2013. "Economics and Evolution. Complementary Perspectives on Cooperation." In *Evolution, Games, and God*. London: Harvard University Press.

Álvarez, Pedro. 2013. "Teoría de Juegos." Universidad de Cantabria.

Anderson, Elizabet. 2000. "Beyond Homo Economicus: New Developments in Theories of Social Norms." *Philosophy & Public Affairs* 29 (2): 170–200.

Aumann, Robert. 1995. "Backward Induction and Common Knowledge of Rationality." *Games and Economic Behavior* 8: 6–19.

Baltag, Alexandru, Sonja Smets, and Jonathan Zvesper. 2009. "Keep 'Hoping' for Rationality: A Solution to the Backward Induction Paradox." *Knowledge, Rationality and Action* 169: 705–37. https://doi.org/10.1007/s11229-009-9559-z.

Bandura, A. 1991. "Social Cognitive Theory of Moral Thought and Action." *Handbook of Moral Behavior and Development* 1: 45–101.

Barclay, Pat, and Martin Daly. 2003. "Humans Should Be Individualistic and Utility-Maximizing, but Not Necessarily 'Rationall.'" In *Cooperation, Psychological Game Theory, and Limitations of Rationality in Social Interaction*. Behavioral and Brain Sciences.

Basu, Kaushik. 1994. "The Traveler's Dilemma: Paradoxes of Rationality in Game Theory." *The American Economic Review*, Papers and Proceedings of the Hundred and Sixth Annual Meeting of the American Association, 84 (2): 391–95.

Ben-Porath, Elchanan. 1997. "Rationality, Nash Equilibrium and Backwards Induction in Perfect-Information Games." *Review of Economic Studies* 64: 23–46.

Bicchieri, Cristina. 1989. "Self- Refuting Theories of Strategic Interaction: A Paradox of Common Knowledge." *Erkenntnis* 30: 69–85.

Binmore, Ken. 2015. "Rationality." In *Handbook Og Game Theory*, Elsevier. Vol. 4.

Boehm, C. 1993. "Egalitarian Behavior and Reverse Dominance Hierarchy." *Current Anthropology* 34 (3): 227–54.

Böge, W., and Th. Heidelberg. 2015. "On Solutions of Bayesian Games." *International Journal of Game Theory* 8 (4): 193–215.

Bonanno, Giacomo. 2004. “Memory and Perfect Recall in Extensive Games.” *Games and Economic Behavior* 47: 237–56.

Bornstein, Gary, Tamar Kugler, and Anthony Ziegelmeyer. 2004. “Individual and Group Decisions in the Centipede Game: Are Groups More ‘Rational’ Players?” *Journal of Experimental Social Psychology* 40: 599–605.

Broome, John, and Wlodek Rabinowicz. 1999. “Backwards Induction in the Centipede Game.” *Analysis* 59 (4): 237–42.

Burns, Tom, and Ewa Roszkowska. 2005. “Generalized Game Theory: Assumptions, Principles and Elaborations Grounded in Social Theory.” *Studies in Logic, Grammar and Rhetoric* 8 (21): 7–40.

Cabezas, Patrici Calvo. 2013. “Neuro-racionalidad: heterogeneidad motivacional y compromiso moral.” *Daimon Revista Internacional de Filosofia*, no. 59 (June): 157–70.

Calvo, Patrici. 2013. “Neuro-Racionalidad: Heterogeneidad Motivacional y Compromiso Moral.” *Revista Internacional de Filosofía*, no. 59: 157–70.

Coleman, J. S. 1990. *Foundations of Social Theory*. Cambridge: Harvard University Press.

Colman, Andrew. 2003. “Cooperation, Psychological Game Theory, and Limitations of Rationality in Social Interaction.” *Behavioral and Brain Sciences* 26: 139–98.

Dawes, R. 1980. “Social Dilemmas.” *Annual Review of Psychology*, no. 31: 169–93. https://doi.org/10.1146/annurev.ps.31.020180.001125.

Dawes, R. 1990. “Cooperation for the Benefit of Us: Not Me or My Conscience.” In *Beyond Self-Interest*, J. Mansbridge. University of Chicago Press.

Doucouliagos, Chris. 1994. “A Note on the Evolution of Homo Economicus.” *Journal of Economic Issues* 28 (3): 877–83. https://doi.org/10.1080/00213624.1994.11505586.

Fehr, E., and K. Schmidt. 1999. “A Theory of Fairness, Competition and Cooperation.” *QJ Economics* 114: 817–68.

Fehr, Ernst, and Klaus M. Schmidt. 1999. “A Theory of Fairness, Competition, and Cooperation.” *The Quarterly Journal of Economics* 114 (3): 817–68. https://doi.org/10.1162/003355399556151.

Fernández, Fernando. 2005. “Teoría de Juegos: Análisis Matemático de Conflictos.” Sociedad, ciencia, tecnología y matemáticas.

Fey, Mark, Richard D. McKelvey, and Thomas R. Palfrey. 1996. "An Experimental Study of Constant-Sum Centipede Games." *International Journal of Game Theory* 25: 269–87.

Gintis, Herbert. 2000. "The Human Actor in Ecological-Economic Models." *Ecological Economics* 35: 311–22.

———. 2009. *The Bounds of Reason: Game Theory and the Unification of the Behavioral Sciences*. Princeton: Princeton University Press.

Giocoli, Nicola. 1967. *Modeling Rational Agents. From Interwar Economics to Early Modern Game Theiry*. Edward Elgar Publishing.

Hargreaves, Shaun, and Yanis Varoufakis. 1995. *Game Theory. A Critical Introduction*. London: Routledge.

Harsanyi, John. 1967. "Games with Incomplete Information Played by 'Bayesian' Players, I–III Part I. The Basic Model." *Management Science* 14 (3): 159–82.

Hernich, J, R Mcelreath, A Barr, and J Ensminger. 2006. "Costly Punishment across Human Societies." *Science*, no. 312: 1767–70.

Hirshleifer, Jack. 1983. "The Expanding Domain of Economics." *American Economic Review* 75 (6): 14–28.

Kawagoe, Toshiji. 2012. "Level-k Analysis of Experimental Centipede Games." *Journal of Economic Behavior and Organization* 82: 548–66.

Kollock, P. 1998. "Social Dilemmas: The Anatomy of Cooperation." *Annual Review of Sociology*, no. 24: 183–214. https://doi.org/10.1146/annurev.soc.24.1.183.

Kuhn, H. 1953. "Extensive Games and the Problem of Information." In *Contributions to the Theory of Games*,. Princeton: Princeton University Press.

Lucas, Guadalupe. 2015. "Crisis y Comportamientos Prosociales: El Altruismo." Barcelona: Universidad de Barcelona.

Mann, Doug. 2008. "The Limits of Instrumental Rationality in Social Explanation." *Critical Review*, March. https://doi.org/10.1080/08913819908443528.

Mas-Colell, Andreu, Michael Whinston, and Jerry Green. 1995. *Microeconomic Theory*. New York: Oxford University Press.

McKelvey, Richard D., and Thomas R. Palfrey. 1992. "An Experimental Study of the Centipede Game." *Econometrica* 60 (4): 803–36. https://doi.org/10.2307/2951567.

Muñoz, Natalia. 2016. *Teoría de Juegos: Juegos de Señalización*. Valladolid: Universidad de Valladolid.

Murphy, Ryan O., Amnon Rapoport, and James Parco. 2004. "Population Learning of Cooperative Behavior in a Three-Person Centipede Game." *Rationality and Society* 16 (1): 91–120. https://doi.org/0.1177/1043463104039876.

Nowak, Martin A. 2013. "Five Rules for the Evolution of Cooperation." In *Evolution, Games, and God*. London: Harvard University Press.

Osborne, Martin. 2000. *An Introduction to Game Theory*. Oxford University Press.

Pena, José, and José Sanchéz. 2016. "Altruismo, Simpatía y Comportamientos Prosociales En El Análisis Económico." *Principios* 4: 55–70.

Perea, Andrés. 2012. *Epistemic Game Theory. Reasoning and Choice*. New York: Cambridge University Press.

Pérez, Joaquín, José Jimeno, and Emilio Cerdá. 2004. *Teoría de Juegos*. Pearson. Madrid.

Ponti, Giovanni. 2000. "Cycles of Learning in the Centipede Game." *Games and Economic Behavior* 30: 115–41.

Postlewaite, Andrew, and Davis Schmeidler. 2012. "Rationality and Uncertainity." *Rivista Internazionale Di Scienze Sociali* 3: 289–93.

Pulford, Briony D., Eva M. Krockow, Andrew M. Colman, and Catherine Lawrence. 2016. "Social Value Induction and Cooperation in the Centipede Game." *Plos One* 11 (3): 1–21. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0152352.

Rabin, Matthew. 1993. "Incorporating Fairness into Game Theory and Economics." *American Economic Review* 83 (5): 1281–1302.

Rapoport, Amnon, William Stein, James Parco, and Thomas Nicholas. 2003. "Equilibrium Play and Adaptive Learning in a Three Person Centipede Game." *Games and Economic Behavior* 43: 239–65.

Ricart, Joan. 1988. "Juegos Con Información Incompleta." Barcelona: Universidad de Navarra.

Robles, José Manuel. 2007. "Bounded Rationality: A Realistic Approach to the Decision Process in a Social Environment." *Theoria* 16 (1): 41–48.

Robyn Dawes, and Richard Thaler. 1988. "Anomalies. Cooperation." *Journal of Economic Perspectives* 2 (3): 187–97.

Roche, R. 1995. *Psicología y Educación Para La Prosocialidad*. Buenos Aires.

Ruiz, María. 2005. “Estudio e Intervención En La Conducta Prosocial-Altruista.” Universidad de Córdoba.

Salas, Vicente. 1994. “Los Premios Nobel de Economía: Harsanyi, Nash y Selten: El Funcionamiento de Los Mercados Desde La Teoría de Juegos.” file:///C:/Users/cinth/Downloads/66621-72304-1-PB%20(1).pdf.

Sánchez, Ignacio. 2009. *Teoría de Juegos*. Cuadernos Metodológicos 34. Centro de Investigaciones sociológicas.

Sánchez-Cuenca, Ignacio. 2009. *Teoría de juegos*. CIS.

Sen, Amartya. 1994. “The Formulation of Rational Choice.” *The American Economic Review* 84 (2,): 385–90.

Silva, Gustavo. 2014. “Castigos y Recompensas Como Mecanismos Evolutivos Para Superar Los Dilemas Sociales.” Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Smead, Rory. 2008. “The Evolution of Cooperation in Te Centipede Game with Finite Populations.” *Philosophy of Science*, 157–77.

Vidal de la Rosa, Godofredo. 2008. “La Teoría de Elección Racional En Las Ciencias Sociales.” *Sociológica* 23 (67): 221–36.

Villalpando, Antonio. 2010. “Individualismo Metodológico y Teoría de Juegos. Fundamentos de Una Teorpia Cognitivista de La Acción.” Universidad Autónoma Metropolitana.

Vriend, Nicolaas. 1996. “Rational Behavior and Economic Theory.” *Journal of Economic Bahavior and Organization* 29: 263–85.

Zafirovski, Milan. 1999. “What Is Really Rational Choice? Beyond the Utilitarian Concept of Rationality.” *Current Sociology* 47 (1): 47–113.