

## EVOLUCIÓN DE PREFERENCIAS BAJO ESCENARIOS DE INFORMACIÓN COMPLETA E INCOMPLETA: TEORÍA Y EVIDENCIA EXPERIMENTAL\*

CÉSAR A. SALAZAR†  
MAURICIO G. VILLENA‡

### Resumen

*La presente investigación tiene dos objetivos básicos. Primero, se utilizarán elementos de la Teoría de Juegos Evolutivos para evaluar la estabilidad de distintos tipos de preferencias en el contexto de la explotación de un recurso de propiedad común. En particular, analizaremos la evolución de preferencias egoístas, altruistas y envidiosas usando un “enfoque evolutivo indirecto” como el propuesto por Bester y Güth (1998). Los resultados básicos de nuestro modelo teórico plantean que en un escenario de información completa las preferencias evolutivamente estables serán envidiosas, las que implican un nivel de esfuerzo por sobre el nivel sugerido por el equilibrio Nash. En cambio, en términos de información incompleta las preferencias que prevalecerán serán las egoístas. Un segundo objetivo es evaluar experimentalmente las predicciones teóricas encontradas en la primera parte de este trabajo. Para este propósito se realizan dos tratamientos distintos del experimento estándar de un juego de explotación de un recurso de propiedad: uno con información completa y otro con información incompleta. Para ello se tiene como base el trabajo de Walter et al. (1990), quienes simulan el modelo clásico del problema de extracción de un recurso de propiedad común como una decisión abstracta de inversión. Comparando por medio de criterios de significancia estadística las distintas predicciones teóricas con los resultados experimentales encontramos que nuestras predicciones teóricas basadas en un enfoque evolutivo explican de mejor manera los resultados experimentales que las predicciones basadas solamente en la teoría de juegos no-cooperativa.*

† Departamento de Economía, Universidad de Concepción, Chile. Casilla (Box) 1987, Concepción, Chile. Teléfono: 56/41/204200, Fax: 56/41/254591, e-mail: cesalaza@udec.cl.

‡ Autor a dirigir Correspondencia. Escuela de Negocios, Universidad Adolfo Ibáñez, Chile. Balmaceda 1625, Recreo, Viña del Mar, Chile. Teléfono: 56/32/503859 o 503811, Fax: 56/32/660225, e-mail: mauricio.villena@uai.cl

□ Los autores agradecen a Carlos Chávez, Jorge Dresdner, Rodrigo Harrison, Alejandro Tudela y Marcelo Villena por valiosos comentarios y sugerencias. De igual manera Mauricio Villena agradece a Anthony Heyes, Unai Pascual y Clive Spash por discusiones y sugerencias a versiones preliminares de la primera parte de este artículo. Los errores que persistan son de exclusiva responsabilidad de los autores. Mauricio Villena agradece también al proyecto Fondecyt Nº 1040212 por asistencia financiera para el desarrollo de esta investigación.

### Abstract

*This research has been divided into two main parts. First we use elements of Evolutionary Game Theory (EGT) to examine the evolutionary stability of different types of preferences in the context of common property resource exploitation. Particularly, we analyze the evolutionary stability of selfish, altruistic, and spiteful preferences using an “indirect evolutionary approach” as put forward by Bester and Güth (1998). The basic results of our theoretical model suggest that in a scenario of complete information, spiteful preferences will be evolutionarily stable implying an exploitation effort level above the Nash equilibrium. By contrast, in the context of incomplete information about individual preferences, selfish preferences are the ones that are evolutionarily stable. Second, we experimentally evaluate the theoretical results derived in the first part of the paper, considering both complete and incomplete information scenarios. In order to do this, we use two distinct treatments of the standard experiment of a CPR game, which are based on the work of Walter et al. (1990), who model the classic problem of CPR exploitation as an abstract investment decision. Comparing the distinct theoretical predictions with the experimental results using statistical significance criteria we found that the theoretical predictions based on EGT explain better the experimental results than the predictions based only on non-cooperative game theory.*

Palabras clave: *Economía Experimental, Preferencias Endógenas, Estabilidad Evolutiva, Recursos de Propiedad Común.*

Clasificación JEL: *C72, C73, C92, D62, Q20.*

### 1. INTRODUCCIÓN

Recientemente el tópico de la evolución de preferencias ha dado origen a una importante línea de investigación en economía.<sup>1</sup> Este interés ha sido originado principalmente por el reciente desarrollo de la Teoría de Juegos Evolutivos (TJE), la cual provee algunas de las técnicas básicas de modelamiento para realizar este tipo de análisis.<sup>2</sup> Dentro de este contexto, la presente investigación tiene dos objetivos básicos. Primero, se utilizarán elementos de la TJE para evaluar la estabilidad de distintos tipos de preferencias en el contexto de la explotación de un recurso de propiedad común. En particular se analizará la estabilidad evolutiva de preferencias egoístas, altruistas y envidiosas en escenarios tanto de información completa como incompleta. Un segundo objetivo es evaluar experimentalmente las predicciones teóricas encontradas en la primera parte de este trabajo.

<sup>1</sup> Trabajos previos sobre la evolución de preferencias en general incluyen entre otros: Bergstrom (1995), Bowles y Gintis (1999), Bester y Güth (1998), Güth (1995), Huck y Oechssler (1998), Koçkesen *et al.*, (2000a; 2000b) y Sethi y Somanathan (2000).

<sup>2</sup> Para mayores detalles sobre la TJE, ver entre otros: Van Damme (1987; 1994), Kandori (1997), Mailath (1992), Matsui (1996), Samuelson (1997), Vega-Redondo (1996), Villena y Villena (2004) y Weibull (1996; 1998).

La parte teórica extiende el análisis económico convencional donde típicamente se consideran preferencias egoístas de parte de los jugadores. En el contexto de la teoría de juegos este resultado viene dado por el equilibrio de Nash del juego específico. Usando elementos de la TJE es posible modelar no sólo preferencias egoístas sino que también una gama más amplia de motivaciones del comportamiento individual. En particular, en este trabajo analizaremos también la evolución de preferencias altruistas y envidiosas. Por preferencias altruistas entendemos aquellas donde el agente económico no sólo considera en su decisión su ganancia económica individual, sino que también considera positivamente el éxito de los demás jugadores. En contraste, las preferencias envidiosas son aquellas donde el agente también considera en su decisión su ganancia económica individual, pero considera negativamente las ganancias económicas de los otros agentes. Este tipo de preferencias individuales que incluyen en la decisión no sólo las ganancias materiales individuales sino que también los pagos materiales recibidos por otros agentes se denominan en la literatura teórica “preferencias interdependientes” (Koçkesen *et al.*, 2000a; 2000b). Para modelar estos tipos alternativos de preferencias interdependientes utilizaremos el concepto de función de utilidad subjetiva y adoptaremos la propuesta de Levine (1998) quien propone una especificación general de preferencias.

Para estudiar la evolución de preferencias en el contexto de un juego de explotación de un recurso de propiedad común, es decir, para evaluar qué tipo de preferencias serán las que sobrevivan en este juego en el largo plazo, usaremos el concepto de Estrategia Evolutivamente Estable (EEE). En particular aquí usaremos un “enfoque evolutivo indirecto” como el desarrollado en Bester y Güth (1998), quienes estudian la evolución de preferencias altruistas en un contexto de enfrentamientos aleatorios en pares (*pairwise random matching*).<sup>3</sup> Este método difiere del enfoque evolutivo tradicional en el sentido de que en vez de estudiar directamente la evolución del comportamiento, se analiza otra característica básica del juego, en este caso las preferencias. Este enfoque asume un comportamiento racional por parte de los jugadores, sin embargo también considera qué cambios en las preferencias de un individuo pueden afectar indirectamente el comportamiento (Dufwenberg y Güth, 1999: 4). De aquí el nombre de este enfoque, “evolutivo indirecto”, ya que se estudia la estabilidad evolutiva de las preferencias, las que a su vez afectan el comportamiento de los agentes, estudiándose así indirectamente la evolución del comportamiento. En este sentido, las preferencias que induzcan comportamientos más exitosos en términos evolutivos, medido en este caso por retorno económico, sobrevivirán en el largo plazo y aquellas que produzcan pagos más bajos serán eliminadas en el proceso evolutivo.

Nuestro modelo teórico básico sobre la evolución de preferencias en un juego de explotación de un recurso de propiedad común asume inicialmente que los distintos agentes económicos tienen información completa no sólo respecto de las acciones del resto de los jugadores (esfuerzo de explotación del recurso, por ejemplo), de sus ganancias individuales y las de sus competidores,

---

<sup>3</sup> Otros trabajos relacionados incluyen Güth y Yaari (1992), Güth (1995), Dufwenberg y Güth (1999) y Guttman (2000).

sino que también respecto de las preferencias de sus oponentes. Ya que el supuesto de conocimiento común de las preferencias aparece como clave en la explicación del comportamiento de los agentes económicos en este trabajo, también presentamos un análisis teórico que considera el caso donde existe información incompleta respecto de las preferencias. En particular, para derivar un resultado en este contexto seguimos el enfoque propuesto por Possajennikov (1999) quien estudia la estabilidad de preferencias usando el “enfoque evolutivo indirecto” bajo un escenario con información incompleta.<sup>4</sup> Los resultados básicos de nuestro modelo teórico son consistentes con aquellos derivados previamente en la literatura teórica y plantean que en un escenario con información completa las preferencias evolutivamente estables serán envidiosas, las que implican un nivel de esfuerzo por sobre el nivel sugerido por el equilibrio Nash. En cambio, en el contexto de información incompleta las preferencias que prevalecerán serán las egoístas.

En la segunda parte de este artículo evaluaremos experimentalmente los dos resultados teóricos derivados en la primera parte del trabajo, considerando escenarios tanto de información completa como de información incompleta. Para ello realizamos dos tratamientos distintos del experimento estándar de un juego de explotación de un recurso de propiedad, teniendo como base el trabajo de Walter *et al.* (1990), quienes simulan el modelo clásico del problema de extracción de un recurso de propiedad común como una decisión abstracta de inversión. En particular, para contrastar los resultados experimentales con nuestras predicciones teóricas usaremos los parámetros utilizados por Casari y Plott (2003). Nuestra hipótesis básica es que nuestras predicciones teóricas basadas en un enfoque evolutivo explicarán de mejor manera los resultados experimentales que las predicciones basadas solamente en la teoría de juegos no-cooperativa (*i.e.*, preferencias egoístas, equilibrio de Nash). Para ello compararemos las distintas predicciones teóricas con los resultados experimentales, usando criterios de significancia estadística.

En términos de la literatura previa sobre enfoques experimentales aplicados a juegos de explotación de un recurso de propiedad común, se ha encontrado que las predicciones basadas en la teoría de juegos no-cooperativos, *i.e.*, basados en el equilibrio de Nash, no se condicen con los resultados experimentales. Walker *et al.* (1990), por ejemplo, encontraron niveles de uso del recurso de propiedad común superiores a los predichos por el modelo tradicional. Esto sugiere que en este tipo de ambientes podría existir un tipo de preferencias diferentes a las egoístas. Similarmente Casari y Plott (2003), analizando un sistema descentralizado de administración de un recurso de propiedad común bajo un escenario sin sanciones, con sanciones débiles y con sanciones fuertes también encuentran evidencia experimental que el modelo clásico con sólo ju-

---

<sup>4</sup> En un trabajo relacionado, Ok y Vega-Redondo (2001) plantean la posibilidad de que la estabilidad de las preferencias podría estar condicionada al tipo de información acerca de las distintas preferencias de los agentes económicos. En particular, ellos encontraron que con información completa puede existir inestabilidad local e incluso global si el subgrupo es lo suficientemente grande. En contraste, con información incompleta, las preferencias de los agentes son globalmente estables en una gran variedad de ambientes y localmente estables en cualquier ambiente donde el tamaño del subgrupo es grande.

gadores egoístas no se ajusta correctamente a los resultados reportados por los experimentos.<sup>5</sup> En general, la evidencia experimental soporta una hipótesis de comportamiento basada en preferencias interdependientes, es decir, preferencias que van más allá de las preferencias estándares egoístas. Levine (1998), por ejemplo, analizando los datos obtenidos en distintos experimentos sobre negociación basada en ultimátums, subastas competitivas, centipede y bienes públicos muestra que las predicciones teóricas basadas en el concepto del equilibrio de Nash en muchas ocasiones no puede explicar completamente el comportamiento individual reflejado en experimentos económicos.

El presente artículo se estructura como sigue: La sección 2 describe el ambiente experimental característico de un recurso de propiedad común. La sección 3 deriva las predicciones teóricas tanto del modelo estándar basado en la teoría de juegos no-cooperativa como las predicciones del modelo con preferencias interdependientes bajo información completa e incompleta. La sección 4 describe el diseño experimental. La sección 5 analiza los resultados experimentales. Finalmente, la sección 6 presenta las principales conclusiones del trabajo, discutiendo las limitaciones del análisis y proponiendo futuras líneas de investigación relacionadas a este tema.

## 2. EL AMBIENTE EXPERIMENTAL: EXPLOTACIÓN DE UN RECURSO DE PROPIEDAD COMÚN

De acuerdo a la teoría económica los recursos de propiedad común son aquellos que presentan las siguientes características:<sup>6</sup>

- Son exclusivos, en el sentido de que se puede excluir a otras personas que no sean miembros del grupo de explotar el recurso. En otras palabras, en recursos de propiedad común el derecho de membresía está claramente establecido.
- Presentan derechos colectivos de control. Dado que los recursos de propiedad común no pueden ser divididos fácilmente entre los propietarios individuales, los derechos de propiedad están asignados colectivamente a los miembros de un grupo particular.
- Presentan rivalidad en el consumo, es decir, un aumento en la cantidad consumida por un agente disminuye la cantidad disponible para la explotación del resto de los agentes.

El resultado fundamental de la explotación de recursos de propiedad común es que el esfuerzo de explotación individual y agregado será mayor que el nivel socialmente óptimo existiendo, por lo tanto, una sobreexplotación económica del recurso. Es decir, los agentes económicos usarán un esfuerzo de explotación mayor que el Pareto eficiente, donde el ingreso marginal iguala al costo

<sup>5</sup> Los niveles observados de uso grupal superiores a la predicción del modelo clásico encontrados por Casari y Plott (2003) pueden ser explicados según los autores por un modelo general con preferencias heterogéneas.

<sup>6</sup> Por detalles ver, por ejemplo, Seabright (1993: 113-114).

marginal.<sup>7</sup> De aquí, un diseño experimental apropiado para investigar los problemas de sobreexplotación en el contexto de un recurso de propiedad común debe necesariamente incorporar la noción de externalidad negativa. En particular, se debe modelar una situación donde los miembros de un grupo que comparten un recurso y usan solamente una fracción de él, enfrentan una situación donde su uso individual reduce la productividad marginal del recurso.

Para llevar a cabo el experimento se controla un número de variables para lograr simular un ambiente que caracterice el problema de explotación de un recurso de propiedad común. Específicamente, se considera una población compuesta por  $n$  individuos, con  $n \geq 2$ , cada uno de los cuales tiene acceso a usar el recurso de propiedad común. El perfil de acciones  $e = (e_1, \dots, e_{i-1}, e_i, e_{i+1}, \dots, e_n)$  representa el nivel de esfuerzo utilizado por cada individuo en la explotación de este recurso. En particular, asumamos que  $e_i$  representa el nivel de esfuerzo utilizado por el agente  $i$  y  $e_{-i}$  la lista de elementos del perfil de acciones  $e$  para todos los jugadores excepto  $i$ , la cual viene dada por  $e_{-i} = (e_1, \dots, e_{i-1}, e_{i+1}, \dots, e_n)$ . De aquí, el perfil de acciones puede también escribirse como  $e = (e_i, e_{-i})$ . Adicionalmente, el nivel de esfuerzo agregado de la población dedicado por los  $n$  individuos viene representado por  $E$ . Formalmente,  $E = e_1 + \dots + e_n = \sum_{i=1}^n e_i$ . El producto total viene definido por una función diferenciable  $H$ , la cual es función del nivel de esfuerzo agregado. La función  $H$  debe cumplir con los siguientes supuestos estándares. Primero deben existir retornos decrecientes en el nivel de esfuerzo, es decir,  $H(0) = 0$ ,  $H'(E) > 0$ ,  $H''(E) < 0$ . Estas condiciones implican que el producto medio debe encontrarse por sobre el producto marginal, es decir,  $\frac{H(E)}{E} > H'(E)$ . En segundo lugar se asume que la parte del producto total que le corresponde a cada individuo es directamente proporcional a su proporción de esfuerzo en el esfuerzo total, es decir,  $e_i \frac{H(E)}{E}$ . Se asume un mercado competitivo, donde el precio de cada unidad extraída se normaliza a 1 y los costos marginales de explotación se asumen constantes e iguales a  $c$ .

Adicionalmente, como es estándar en la literatura sobre economía experimental asumimos que existe un parámetro fijo  $w = (w_1, \dots, w_i, \dots, w_n)$ , el cual representa la dotación inicial de cada individuo. Dado que cada jugador recibe la misma dotación inicial, asumimos que  $w_i = w \quad \forall i = 1, \dots, n$ . Por lo tanto, si  $e_i = 0 \quad \forall i = 1, \dots, n$ , cada individuo obtendrá una ganancia igual a  $c\bar{w}$ .

Asumimos que el esfuerzo de explotación es continuamente divisible. Una estrategia para el agente  $i$  es la elección de su nivel de esfuerzo de explotación,  $e_i$ . El beneficio neto de la extracción individual corresponde a los ingresos provenientes de la venta del producto menos los costos del esfuerzo individual extractivo. De aquí, el beneficio neto del agente  $i$ , definido como  $\pi_i$ , asociado a usar un nivel de esfuerzo de explotación  $e_i$  cuando los niveles de esfuerzo del resto de la población son  $e_{-i} = (e_1, \dots, e_{i-1}, e_{i+1}, \dots, e_n)$  viene dado por:

<sup>7</sup> El nivel de sobreexplotación económica será incluso mayor si se relaja el supuesto de exclusividad, dejando libre acceso a la explotación del recurso.

$$(1) \quad \pi_i(e_i, e_{-i}) = e_i \left[ \frac{H(e_1 + \dots + e_{i-1} + e_i + e_{i+1} + \dots + e_n)}{(e_1 + \dots + e_{i-1} + e_i + e_{i+1} + \dots + e_n)} \right] + c \left( \bar{w} - e_i \right)$$

Consecuentemente, el juego de explotación de un recurso de propiedad común puede ser descrito formalmente como  $G^{rpc} = \{e_1, \dots, e_n; \pi_1, \dots, \pi_n\}$ . De aquí, si  $(e_1^*, \dots, e_n^*)$  es un equilibrio de Nash de  $G^{rpc}$  entonces, por cada  $i$ ,  $e_i^*$  debe maximizar (1) dado que los otros jugadores eligen  $e_{-i}^* = (e_1^*, \dots, e_{i-1}^*, e_{i+1}^*, \dots, e_n^*)$ .

En este caso, asumimos que la estrategia de cualquier jugador, que en este caso corresponde al nivel de esfuerzo, no sólo afecta a su producción individual sino que también a la producción del resto de la población que también explota el recurso de propiedad común. De aquí se tiene que el producto promedio obtenido por un individuo en particular depende no solamente de su nivel de esfuerzo, sino también del nivel de esfuerzo del resto de la población.

Para la realización de los experimentos se hará uso de una función de producción, no lineal, dependiente del nivel de esfuerzo grupal, que cumple con todos los supuestos planteados anteriormente. Esta función se encuentra definida de la siguiente forma:

$$(2) \quad H(E) = aE - bE^2$$

Los parámetros específicos utilizados en los experimentos conducidos en esta investigación corresponden a los propuestos por Casari y Plott (2003):  $n = 8$ ,  $c = 5/2$ ,  $a = 23/2$ ,  $b = 1/16$ . Además aquí asumimos una dotación inicial de  $\bar{w} = 30$ , el cual restringe el nivel de uso individual dentro del intervalo  $e_i \in [0, 30]$ .

### 3. MODELO TEÓRICO DE PREFERENCIAS INTERDEPENDIENTES

En esta sección se formula un modelo de preferencias el cual incorpora la posibilidad que los individuos presenten preferencias interdependientes, es decir, no sólo considera motivaciones egoístas de parte de los individuos, sino que también incorpora la posibilidad de que los jugadores presenten motivaciones altruistas y envidiosas. Esta especificación está basada en Levine (1998) y considera explícitamente la posibilidad de preferencias altruistas y envidiosas así como también de preferencias egoístas. La formulación básica considera la siguiente función de utilidad subjetiva:

$$(3) \quad U_i = \pi_i + \alpha_i \sum_{j \neq i} \pi_j \text{ con } -1 < \alpha_i < 1 \quad \forall i = 1, \dots, n.$$

Si  $\alpha_i = 0$  el individuo es egoísta, es decir, en su decisión considera sólo su ganancia material individual, sin considerar los beneficios económicos de los otros jugadores que también explotan el recurso de propiedad común. En cambio, si  $\alpha_i > 0$  el jugador es altruista, es decir, un aumento en las ganancias materiales de sus oponentes repercuten positivamente en su utilidad. Finalmente,

si  $\alpha_i < 0$  el individuo presenta preferencias envidiosas, donde un aumento en los beneficios económicos de sus oponentes repercute negativamente en su bienestar (ver Tabla 1).

TABLA 1  
MODELO DE PREFERENCIAS INTERDEPENDIENTES

Utilidad del Individuo	Individuo Altruista	Individuo Egoísta	Individuo Envidioso
$U_i = \pi_i + \alpha_i \sum_{j \neq i} \pi_j$	$\alpha_i > 0$	$\alpha_i = 0$	$\alpha_i < 0$

El supuesto que  $-1 < \alpha_i < 1$  implica que ningún jugador tiene una consideración mayor por su oponente (positiva o negativa) que por sí mismo.

Claramente esta especificación incluye la de Bester y Güth (1998), donde el parámetro  $\alpha_i$  se restringe sólo al intervalo  $0 < \alpha_i < 1$ , siendo este último un modelo de preferencias altruistas y egoístas. Esta formulación permite también el análisis de preferencias envidiosas, ya que el parámetro  $\alpha_i$  puede tomar valores negativos, lo que implica que el agente puede ser también “malicioso” como lo plantean Bolle (2000) y Possajennikov (2000).

### 3.1. El Modelo Clásico: Preferencias Egoístas

Considerando el caso donde  $\alpha_i = 0$ , de la ecuación (3) tenemos que la función de utilidad subjetiva del individuo  $i$  puede definirse como:

$$(4) \quad U_i = \pi_i \quad \forall i = 1, \dots, n$$

En otras palabras, en este modelo suponemos que los individuos poseen preferencias egoístas, es decir, se mueven guiados únicamente por su propio interés. En este caso asumimos que la utilidad del agente  $i$  depende sólo de sus beneficios económicos individuales, ignorando por completo los beneficios del resto de los agentes quienes también explotan el recurso. De este modo, introduciendo la función de producción no lineal presentada en (2) en (1) y asumiendo simetría, la función de pagos para el individuo  $i$  viene dada por:

$$(5) \quad \pi_i(e_i, e_{-i}) = e_i [a - b(e_i + (n-1)e_{-i})] + c(\bar{w} - e_i) \quad \forall i = 1, \dots, n$$

En este contexto, los resultados correspondientes al equilibrio de Nash, óptimo social y libre acceso se examinan en la proposición 1.

**Proposición 1:** Considerando que  $G^{pc} = \{e_1, \dots, e_n; \pi_1, \dots, \pi_n\}$  es un juego que satisface las condiciones discutidas arriba, y definiendo los siguientes niveles de esfuerzo agregado de explotación:  $E^{so} = e_1^{so} + \dots + e_n^{so}$  el nivel socialmente



óptimo,  $E^* = e_1^* + \dots + e_n^*$  el nivel de Equilibrio de Nash y  $E^{la} = e_1^{la} + \dots + e_n^{la}$  el nivel de libre acceso. Se tiene que:  $E^{so} < E^* < E^{la}$ . En particular:

- El juego llega a un equilibrio de Nash con un nivel de uso grupal de  $E^* = 128$ , donde todos los individuos utilizan el recurso a un nivel idéntico de  $e_i^* = 16$ .
- Los individuos alcanzan el resultado óptimo social con un nivel de uso grupal de  $E^{so} = 72$  y un nivel de esfuerzo individual simétrico de  $e^{so} = 9$ .
- El juego alcanza el resultado de libre acceso con un nivel de uso grupal de  $E^{la} = 144$  y un nivel de uso individual simétrico de  $E^{la} = 18$ .

**Demostración Proposición 1:** Para demostrar 1a), de (5) las condiciones de primer orden, i.e.,  $\frac{\partial \pi_i}{\partial e_i} = 0 \quad \forall i = 1, \dots, n$ , permiten obtener las funciones de mejor respuesta  $e_i = \left(\frac{a-c}{2b}\right) - \frac{1}{2}(n-1)e_{-i} \quad \forall i = 1, \dots, n$ . Asumiendo simetría, i.e.,  $e_i = e_{-i} = e^* \quad \forall i = 1, \dots, n$ , se tiene que:  $e^* = \left(\frac{1}{n+1}\right)\left(\frac{a-c}{b}\right)$ . El nivel agregado de esfuerzo correspondiente al equilibrio de Nash viene dado por:  $E^* = \left(\frac{n}{n+1}\right)\left(\frac{a-c}{b}\right)$ . Dado los parámetros supuestos:  $n = 8$ ,  $c = 5/2$ ,  $a = 23/2$ ,  $b = 1/16$ , el nivel de esfuerzo agregado es  $E^* = 128$ , el cual corresponde a un nivel de esfuerzo individual de  $e^* = 16$ . Para demostrar 1b), debemos resolver:  $\pi_i(E) = E[a - b(E)] + c(w - E)$ . Derivando con respecto a  $E$  obtenemos el nivel agregado de esfuerzo óptimo  $E^{so} = \frac{(a-c)}{2b}$ . El nivel de uso eficiente individual con  $n$  agentes compartiendo el recurso es por tanto  $e^{so} = \frac{1}{n}\left(\frac{a-c}{2b}\right)$ . Dados los parámetros, el nivel de esfuerzo individual socialmente óptimo es  $e^{so} = 9$ . El óptimo agregado en este caso es  $E^{so} = 72$ . Para demostrar 1c), se asume que los agentes ignoran los efectos marginales de sus decisiones sobre el retorno promedio. De (5), considerando  $a - b(e_i + (n-1)e_{-i})$  como el retorno promedio constante y derivando con respecto a  $e_i$  obtenemos la condición de libre acceso:  $a - b(e_i + (n-1)e_{-i}) = c$ . Esta expresión nos dice que el retorno medio por cada unidad de esfuerzo tiene que ser igual a los costos medios de explotación. Esta condición garantiza que los ingresos totales en el punto de libre acceso deben ser cero. El nivel de uso agregado considerando libre acceso es  $E^{la} = \frac{a-c}{b}$ . Cuando  $n$  agentes compiten por el recurso, el nivel de esfuerzo individual es  $e^{la} = \frac{1}{n}\left[\frac{a-c}{b}\right]$ . Reemplazando los parámetros propuestos se obtiene que el nivel de esfuerzo agregado de libre acceso es  $E^{la} = 144$  y el nivel de esfuerzo individual es  $E^{la} = 18$ . **Q.E.D.**

La eficiencia económica se define en términos de las ganancias totales agregadas menos los ingresos por la dotación, es decir,  $\Pi = \sum_{i=1}^n \pi_i - nc\bar{w}$ . En este caso la eficiencia de referencia corresponde a un 100% y es la que se obtiene a partir del nivel de explotación Pareto óptimo. De aquí, los beneficios económicos

agregados en el nivel socialmente óptimo corresponden a  $\Pi^o = 324$  representando un nivel de eficiencia de un 100%. Los beneficios económicos respecto del equilibrio de Nash son  $\Pi^* = 128$ , lo que se traduce en un nivel de eficiencia de un 39,5%. Por último, los beneficios económicos asociados al resultado de libre acceso son  $\Pi^{la} = 0$ , lo que es consistente con un nivel de eficiencia del 0%.<sup>8</sup> Si el grupo usa el recurso en un nivel superior al de libre acceso, la eficiencia puede incluso llegar a niveles negativos.

### 3.2. Modelo con Preferencias Altruistas y Envidiosas

Para analizar el caso que incluye en el análisis preferencias altruistas y envidiosas introducimos la ecuación (5) en (3), de donde obtenemos la siguiente función de utilidad subjetiva:

$$(6) \quad U_i(e_i, e_{-i}) = e_i [a - b(e_i + (n-1)e_{-i})] + c(\bar{w} - e_i) + \alpha_i \sum_{j \neq i}^n e_j [a - b(e_j + (n-1)e_{-j})] + c(\bar{w} - e_j) \quad \forall i = 1, \dots, n$$

Con este modelo podemos ahora examinar la estabilidad evolutiva del parámetro de preferencias  $\alpha_i$ . Primero procederemos a estudiar la estabilidad evolutiva de las preferencias bajo un escenario de información completa siguiendo el “enfoque evolutivo indirecto” como el presentado por Bester y Güth (1998). Después, haremos lo propio considerando el caso de información incompleta, donde el parámetro de preferencias no es de conocimiento común. En este caso seguiremos el procedimiento seguido por Possajennikov (1999).

#### 3.2.1. Estabilidad Evolutiva de Preferencias con Información Completa

En términos generales, el enfoque de teoría de juegos evolutivo no asume necesariamente un comportamiento optimizador, donde los agentes maximizan sus beneficios económicos. En vez de ello, este enfoque asume que los agentes económicos son “acotadamente racionales”. Se mantiene, sin embargo, la idea básica de que los individuos ajustan su comportamiento de acuerdo a diferencias persistentes en los beneficios económicos. Este tipo de enfoque puede entenderse como un modelo de aprendizaje (ver Fudenberg y Levine, 1999). Así se puede asumir, por ejemplo, que los agentes no se encuentran en condiciones de obtener de manera inmediata los pagos que maximizan sus ganancias económicas, ya que no son capaces de vislumbrar de inmediato cuál es el tipo de comportamiento que reporta los mayores beneficios económicos. Sin embargo, si los diferenciales en los beneficios de adoptar distintos tipos de comportamiento persisten en el tiempo, algunos individuos comenzarán poco a poco a adoptar la estrategia que conduce a una mayor ganancia económica. Esta conducta comenzará a ser imitada por el resto de la población, por lo que el com-

<sup>8</sup> Análogamente, estas tres situaciones pueden ser representadas como un oligopolio de Cournot para el caso del equilibrio de Nash, un monopolio para el nivel eficiente y una situación de competencia perfecta para el modelo de libre acceso.

portamiento anterior será reemplazado por esta nueva estrategia que reporta beneficios más altos. En el contexto específico de nuestro análisis sobre la evolución de preferencias, estudiaremos si una población de jugadores con un parámetro de preferencia  $\alpha^*$  puede ser invadida por un pequeño grupo de jugadores mutantes con un parámetro de preferencia diferente,  $\alpha$ , el cual indirectamente implica un comportamiento que reporta mayores ganancias económicas.

Con el propósito de obtener una predicción teórica sobre qué tipos de preferencias surgen en un juego repetido de explotación de un recurso de propiedad común bajo información completa se utiliza el “enfoque evolutivo indirecto”, siguiendo la metodología de Bester y Güth (1998). Como es típico en juegos evolutivos, se asume un juego simétrico de dos personas, las cuales son escogidas aleatoriamente de la población y se enfrentan en un juego de explotación de un recurso de propiedad común.<sup>9</sup> La elección de la acción del jugador 1 viene dada por el nivel de esfuerzo de explotación  $e_1$  y la elección por parte del jugador 2 por  $e_2$ . Así, de (5) considerando  $n = 2$  obtenemos las siguientes funciones de beneficios para  $i = 1, 2$ :

$$(7) \quad \pi_1 = e_1(a - b(e_1 + e_2)) + c(\bar{w} - e_1) = e_1((a - c) - b(e_1 + e_2)) + c\bar{w}$$

$$(8) \quad \pi_2 = e_2(a - b(e_1 + e_2)) + c(\bar{w} - e_2) = e_2((a - c) - b(e_1 + e_2)) + c\bar{w}$$

De (3) considerando  $n = 2$  obtenemos las siguientes funciones de utilidad subjetivas:

$$(9) \quad U_1 = \pi_1 + \alpha_1 \pi_2$$

$$(10) \quad U_2 = \pi_2 + \alpha_2 \pi_1$$

El procedimiento estándar del análisis evolutivo indirecto es como sigue. Primero, ambos individuos intentan maximizar sus preferencias subjetivas lo que implica que:

$$(11) \quad e_1^* \in \arg \max_{e_1} U_1(e_1, e_2^*) \quad e_2^* \in \arg \max_{e_2} U_2(e_1^*, e_2)$$

De las condiciones de primer orden podemos derivar las funciones de mejor respuesta. Esto arroja un sistema de dos ecuaciones, con dos variables  $e_1$  y  $e_2$ . Resolviendo este sistema obtenemos  $e_1^*(\alpha_1, \alpha_2)$  y  $e_2^*(\alpha_1, \alpha_2)$ , el cual representa el equilibrio de un juego entre dos gentes con parámetros de preferencias  $\alpha_1$  y

<sup>9</sup> Este tipo de ambiente estratégico se denomina en la literatura de TJE como: “pairwise random matching contest”.

$\alpha_2$ , respectivamente. Insertando las soluciones  $e_1^*(\alpha_1, \alpha_2)$  y  $e_2^*(\alpha_1, \alpha_2)$  en las funciones de ganancias, ecuaciones (7) y (8), podemos derivar el pago económico de cada jugador en función de los parámetros de preferencias  $(\alpha_1, \alpha_2)$  y obtenemos  $\pi_1^*(e_1^*(\alpha_1, \alpha_2), e_2^*(\alpha_1, \alpha_2))$  y  $\pi_2^*(e_1^*(\alpha_1, \alpha_2), e_2^*(\alpha_1, \alpha_2))$ . Sobre estas funciones de pago estudiaremos la estabilidad evolutiva de los parámetros de preferencia  $(\alpha_1, \alpha_2)$ . Para ello, definamos  $\varphi(\alpha_1, \alpha_2) = \pi_1^*(e_1^*(\alpha_1, \alpha_2), e_2^*(\alpha_1, \alpha_2))$  que representa los beneficios económicos del jugador 1 cuando su parámetro de preferencia es  $\alpha_1$  y el parámetro de su oponente es  $\alpha_2$ . Definamos además el espacio de mutaciones como el conjunto de todos los valores posibles que pueden adoptar los parámetros  $\alpha_1$  y  $\alpha_2$ , es decir,  $M = ]-1, 1[$ . De aquí podemos definir el siguiente juego simétrico evolutivo  $G^{\text{ep}} = \{\alpha_1, \alpha_2; \varphi(\alpha_1, \alpha_2)\}$ .

Considerando el juego definido por  $G^{\text{ep}}$ , un parámetro de preferencia  $\alpha^* \in ]-1, 1[$  es una estrategia evolutivamente estable (EEE) si se cumplen las siguientes condiciones (Smith y Price, 1973; Smith, 1982):

- (i)  $\varphi(\alpha, \alpha^*) \leq \varphi(\alpha^*, \alpha^*)$  (para todo  $\alpha \in ]-1, 1[$ ); y
- (ii) Si  $\varphi(\alpha, \alpha^*) = \varphi(\alpha^*, \alpha^*)$ , entonces  $\varphi(\alpha^*, \alpha) > \varphi(\alpha, \alpha)$  (para todo  $\alpha \neq \alpha^*$ )

La condición (i) es el requisito básico de equilibrio, que asegura que  $\alpha^*$  es al menos una réplica tan buena a sí misma como cualquier otra estrategia. La condición (ii) garantiza que  $\alpha^*$  no puede ser invadida por una estrategia mutante. Esto es fácil de entender si suponemos que (i) se cumple con igualdad. De ser así, una población que juega  $\alpha^*$  podría ser invadida por un agente que adopta la estrategia  $\alpha$  puesto que en este escenario un jugador  $\alpha$  no lo haría peor que los jugadores  $\alpha^*$ . Por consiguiente, para evitar una invasión exitosa de jugadores  $\alpha$ , existen dos opciones:  $\alpha^*$  debe ser estrictamente mejor que  $\alpha$  cuando  $\alpha$  juega contra  $\alpha^*$  o, en caso de que esto no ocurra,  $\alpha^*$  debe ser mejor que  $\alpha$  cuando  $\alpha$  juega contra sí mismo (Hargreaves Heap y Varoufakis, 1995, 198). En otras palabras, la condición (i) muestra que  $(\alpha^*, \alpha^*)$  es un equilibrio de Nash si  $\alpha^*$  es una EEE y, debido a (ii), no todo equilibrio simétrico de Nash corresponde a una EEE. De hecho, toda EEE induce un equilibrio perfecto (van Damme, 1987).

En la siguiente proposición se muestra el resultado sobre la estabilidad del parámetro de preferencias en un escenario con información completa.

**Proposición 2:** *En un escenario con información completa, el único parámetro de preferencias evolutivamente estable satisface:  $\alpha^* < 0$ . Esto implica que las preferencias envidiosas son las únicas estables en el contexto de un juego simétrico de explotación de un recurso de propiedad común bajo información completa.*

**Demstración Proposición 2:** Maximizando las funciones de utilidad (9) y (10) con respecto a  $e_1$  y  $e_2$  tenemos:

$$(12) \quad \frac{\partial U_1}{\partial e_1} = (a - c) - 2be_1 - be_2 - be_2\alpha_1 = 0$$

$$(13) \quad \frac{\partial U_1}{\partial e_2} = (a - c) - 2be_2 - be_1 - be_1\alpha_2 = 0$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones definido por (12) y (13) obtenemos los siguientes niveles óptimos de esfuerzo  $e_1$  y  $e_2$ :

$$(14) \quad e_1^* = \frac{(a - c)(\alpha_2 - 1)}{b(\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_1\alpha_2 - 3)}, \text{ y}$$

$$(15) \quad e_2^* = \frac{(a - c)(\alpha_1 - 1)}{b(\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_1\alpha_2 - 3)}$$

Introduciendo los niveles de esfuerzo óptimos en las funciones de beneficios (7) y (8) obtenemos las siguientes funciones de beneficios económicos:

$$(16) \quad \pi_1^* = \frac{(a - c)^2(\alpha_1 - 1)(\alpha_1\alpha_2 - 1)}{b(\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_1\alpha_2 - 3)^2} + c\bar{w}, \text{ y}$$

$$(17) \quad \pi_2^* = \frac{(a - c)^2(\alpha_1 - 1)(\alpha_1\alpha_2 - 1)}{b(\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_1\alpha_2 - 3)^2} + c\bar{w}$$

Para encontrar el equilibrio estable evolutivamente maximizamos  $\pi_1^*$  con respecto a  $\alpha_1$ , de donde obtenemos:

$$(18) \quad \frac{\partial \pi_1^*}{\partial \alpha_1} = \frac{(a - c)^2(\alpha_2 - 1)(3\alpha_1\alpha_2 - \alpha_2 - \alpha_1 - 1)}{b(\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_1\alpha_2 - 3)^3} = 0$$

Dado que  $\alpha_1, \alpha_2 \neq 1$ , y asumiendo simetría en el punto de equilibrio, *i.e.*,  $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha^*$ , (18) se reduce a:

$$(19) \quad 3(\alpha^*)^2 - 2\alpha^* - 1 = 0$$

La solución de (19) para  $\alpha^*$  toma los valores 1 y  $-\frac{1}{3}$ . Puesto que  $\alpha^*$  no puede tomar el valor 1, ya que se encuentra fuera del espacio de mutaciones definido por  $\alpha^* \in ]-1, 1[$ , el único valor evolutivamente estable es  $\alpha^* = -\frac{1}{3}$ , lo cual implica que en este contexto  $\alpha^* < 0$ . **Q.E.D.**

### 3.2.2. Estabilidad Evolutiva de Preferencias con Información Incompleta

Para el análisis de la estabilidad evolutiva de las preferencias en un juego de explotación de un recurso de propiedad común bajo un contexto de información incompleta utilizaremos la estrategia de modelamiento de preferencias sugerida por Possajennikov (1999). Como en la sección precedente, consideremos un simple juego simétrico de dos personas, donde la elección de la acción del jugador 1 viene dada por el nivel de esfuerzo de explotación  $e_1$  y la elección por parte del jugador 2 por  $e_2$ . A diferencia del modelo anterior, sin embargo, aquí asumimos que los individuos se enfrentan a un escenario con información incompleta, donde los jugadores no conocen las preferencias de sus oponentes. En cambio, asumimos que los jugadores sí conocen la distribución de las preferencias de la población. En consecuencia, para analizar la estabilidad evolutiva del parámetro de preferencia  $\alpha$  en una población determinada consideramos la invasión de un pequeño número de individuos con un parámetro distinto de preferencias, denotado por  $\alpha'$ . Así tenemos un juego constituido por dos tipos de individuos  $\{\alpha, \alpha'\}$ . La proporción de individuos invasores (mutantes) viene dado por  $\varepsilon$ , la cual asumimos conocida y arbitrariamente pequeña reflejando la probabilidad de encontrarse con un individuo tipo  $\alpha'$ . Por consiguiente la proporción de individuos que presentan un parámetro de preferencias  $\alpha$  viene dado por  $(1 - \varepsilon)$ . De aquí, las funciones de utilidad subjetivas para el jugador 1, tomando en consideración cada tipo de individuo son:

$$(20) \quad U_{1\alpha} = \pi_1 + \alpha\pi_2$$

$$(21) \quad U_{1\alpha'} = \pi_1 + \alpha'\pi_2$$

El jugador 1 tendrá dos posibles estrategias a seguir  $(e_{1\alpha}, e_{1\alpha'})$ : donde  $e_{1\alpha}$  es la estrategia cuando el jugador es de tipo  $\alpha$  y  $e_{1\alpha'}$  es la estrategia cuando el jugador es un invasor de tipo  $\alpha'$ . De la misma forma, las estrategias del jugador 2 vienen dadas por  $(e_{2\alpha}, e_{2\alpha'})$ . Consecuentemente, el problema que enfrenta el jugador 1 es maximizar su utilidad subjetiva esperada, la cual depende de su tipo de preferencias. Así, si el jugador 1 es de tipo  $\alpha$ , éste tiene una probabilidad  $(1 - \varepsilon)^2$  de encontrarse con un jugador tipo  $\alpha$  y una probabilidad  $(1 - \varepsilon)\varepsilon$  de enfrentarse a un individuo tipo  $\alpha'$ . Por otro lado, si el jugador 1 es de tipo  $\alpha'$  tiene una probabilidad  $\varepsilon(1 - \varepsilon)$  de competir con un individuo con preferencias  $\alpha$  y una probabilidad  $\varepsilon^2$  de enfrentarse a un individuo tipo  $\alpha'$ . Consecuentemente, la función de utilidad esperada del jugador 1 es como sigue:

$$(22) \quad EU_1 = (1 - \varepsilon)^2 U_{1\alpha}(e_{1\alpha}, e_{2\alpha}) + (1 - \varepsilon)\varepsilon U_{1\alpha}(e_{1\alpha}, e_{2\alpha'}) + \varepsilon(1 - \varepsilon) U_{1\alpha'}(e_{1\alpha'}, e_{2\alpha}) + \varepsilon^2 U_{1\alpha'}(e_{1\alpha'}, e_{2\alpha'})$$

**Proposición 3:** En un escenario con información incompleta, el único parámetro de preferencias evolutivamente estable satisface:  $\alpha^* = 0$ . Esto implica que

las **preferencias egoístas** son las únicas estables en el contexto de un juego simétrico de explotación de un recurso de propiedad común bajo información incompleta.

**Demostración Proposición 3:** Maximizando la utilidad subjetiva esperada del jugador 1, dada por (22), con respecto a los correspondientes niveles de esfuerzo  $(e_{1\alpha}, e_{1\alpha'})$  y utilizando las funciones de pagos definidas en (7) y (8) obtenemos:

$$(23) \quad (1 - \varepsilon)(be_{2\alpha} + \alpha e_{2\alpha} b \varepsilon - \varepsilon b e_{2\alpha} - \alpha e_{2\alpha} b \varepsilon + (a - c) - 2be_{1\alpha} - be_{2\alpha} - \alpha e_{2\alpha} b) = 0$$

$$(24) \quad \varepsilon (be_{2\alpha} \alpha' \varepsilon + be_{2\alpha} \varepsilon - \varepsilon \alpha' e_{2\alpha} b - \varepsilon b e_{2\alpha} - 2be_{1\alpha'} - be_{2\alpha} - \alpha' e_{2\alpha} b + (a - c)) = 0$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones definido por (23) y (24), y haciendo lo propio con el problema simétrico correspondiente al jugador 2, encontramos los niveles de esfuerzos óptimos que corresponden a las estrategias posibles del jugador 1:

$$(25) \quad e_{1\alpha}^* = \frac{(a - c)(\alpha \varepsilon - \alpha' \varepsilon - 2)}{2b(\alpha(\varepsilon - 1) - \alpha' \varepsilon - 3)}, \text{ y}$$

$$(26) \quad e_{1\alpha'}^* = \frac{(a - c)(\alpha(\varepsilon - 1) - \alpha'(\varepsilon - 1) - 2)}{2b(\alpha(\varepsilon - 1) - \alpha' \varepsilon - 3)}$$

Introduciendo los niveles de esfuerzo óptimos dados por (25) y (26) y los correspondientes esfuerzos óptimos simétricos del jugador 2 en la función de beneficios (7) obtenemos las siguientes funciones de beneficios económicos del jugador 1:

$$(27) \quad \pi_1^*(e_{1\alpha}^*, e_{2\alpha}^*) = \left[ \frac{-1}{2} (\alpha \varepsilon - \varepsilon \alpha' - 2)(a - c)^2 \frac{(1 + \alpha)}{(\alpha \varepsilon - \varepsilon \alpha' - \alpha - 3)^2 b} \right]$$

$$(28) \quad \pi_1^*(e_{1\alpha'}^*, e_{2\alpha}^*) = \left[ \frac{-1}{4} (\alpha \varepsilon - \varepsilon \alpha' - 2 - \alpha + \alpha')(a - c)^2 \frac{(\alpha + 2 + \alpha')}{(\alpha \varepsilon - \varepsilon \alpha' - \alpha - 3)^2 b} \right]$$

Utilizando (27) y considerando que  $\varepsilon$  es arbitrariamente pequeño podemos encontrar el límite de la función de máximo beneficio esperada en equilibrio para el individuo tipo  $\alpha$ :

$$(29) \quad \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} E\pi_{1\alpha}^* = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} (1 - \varepsilon)\pi_1^*(e_{1\alpha}^*, e_{2\alpha}^*) + \varepsilon\pi_1^*(e_{1\alpha}^*, e_{2\alpha'}^*) = \frac{(a-c)^2(1+\alpha)}{b(\alpha+3)^2} + c\bar{w}$$

De la misma forma, usando (28), el límite de la función de máximo beneficio esperada para un individuo tipo  $\alpha'$  es:

$$(30) \quad \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} E\pi_{1\alpha'}^* = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} (1 - \varepsilon)\pi_1^*(e_{1\alpha'}^*, e_{2\alpha}^*) + \varepsilon\pi_1^*(e_{1\alpha'}^*, e_{2\alpha'}^*) = -\frac{(a-c)^2(\alpha+\alpha'+2)(\alpha'-\alpha-2)}{4b(\alpha+3)^2} + c\bar{w}$$

El parámetro de preferencia  $\alpha$  será evolutivamente estable si el beneficio material esperado de un individuo tipo  $\alpha$  es mayor al beneficio material esperado de un individuo tipo  $\alpha'$ , es decir, si se cumple la siguiente condición:

$$(31) \quad \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} E\pi_{1\alpha}^* - \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} E\pi_{1\alpha'}^* = \frac{(a-c)^2(\alpha'^2 - \alpha^2)}{4b(\alpha+3)^2} > 0$$

La desigualdad dada en (31) será positiva siempre y cuando se cumpla que:

$$(32) \quad \alpha'^2 - \alpha^2 > 0 \Leftrightarrow |\alpha'| > |\alpha|$$

De la condición dada en (32) se tiene que en un escenario con información incompleta el único parámetro de preferencias evolutivamente estable debe satisfacer:  $\alpha^* = 0$ . **Q.E.D.**

Las predicciones teóricas proporcionadas por las proposiciones 2 y 3 nos proveen de las hipótesis básicas a ser examinadas experimentalmente. Relacionando estos resultados con la proposición 1 podemos formular el siguiente resultado general que nos servirá posteriormente en el análisis estadístico de los resultados experimentales.

**Proposición 4:** *Los pagos económicos agregados correspondientes al nivel de explotación socialmente óptimo,  $\Pi^o$ , de Equilibrio de Nash,  $\Pi^*$ , de libre acceso,  $\Pi^{la}$  y de preferencias envidiosas,  $\Pi^{pe}$ , satisfacen la siguiente relación:  $0 = \Pi^{la} < \Pi^{pe} < \Pi^* < \Pi^o$ . Esto a su vez implica que:  $E^o < E^* < E^{pe} < E^{la}$ .*

La demostración de esta proposición se deriva fácilmente de las ecuaciones (16) y (17) y del hecho de que en un contexto de explotación de libre acceso las ganancias económicas son totalmente disipadas.

#### 4. DISEÑO EXPERIMENTAL

En orden a examinar la validez experimental de los resultados teóricos encontrados en la sección 3, los experimentos conducidos en esta investigación siguen de cerca el diseño experimental básico de juegos de explotación de re-



curso de propiedad común. En particular, se siguió el diseño experimental propuesto por Walker *et al.* (1990) en cuyo trabajo el problema de la explotación de un recurso de propiedad común se presenta como una decisión abstracta de inversión. El problema a resolver por los jugadores, al comienzo de cada período, es el de repartir una cantidad fija de 30 unidades, “tokens”, entre dos alternativas de inversión: un mercado privado y un mercado grupal. Los retornos por cada unidad invertida en el mercado grupal disminuyen a medida que la cantidad total invertida por el grupo aumenta. Esta característica del juego trata de representar el problema principal de la explotación de un recurso de propiedad común, al incorporar una externalidad negativa al mercado grupal. A su vez, el retorno por unidad de invertir en el mercado privado introduce un costo alternativo de invertir en el mercado grupal, lo que en este problema estaría representando los costos de explotación de un recurso de propiedad común.

En la presente investigación se llevaron a cabo dos tratamientos experimentales: uno con información incompleta y otro con información completa. El primero de los dos tratamientos experimentales conducidos es idéntico al de Walker *et al.* (1990). Cada participante toma su decisión simultáneamente sin conocer las decisiones individuales de los otros jugadores. Este primer tratamiento permite conocer sólo la cantidad total invertida en el mercado grupal, es decir, el nivel de esfuerzo agregado. A los experimentos conducidos bajo este esquema se les denominó “Experimentos con Información Incompleta”. Este diseño busca representar un ambiente donde se posee información incompleta sobre las estrategias, preferencias, adoptadas por los jugadores. Siguiendo los resultados de este tipo de experimentos buscamos evaluar qué tipo de preferencias surge en un juego de explotación de un recurso de propiedad común bajo información incompleta. El segundo tratamiento fue modificado de forma tal de permitir que los jugadores tomen sus decisiones conociendo las elecciones de los demás miembros de cada grupo. De esta manera el nivel de esfuerzo y las ganancias de cada jugador en el mercado grupal eran conocidos y mostrados en cada período. Los experimentos bajo este esquema se denominan como “Experimentos con Información Completa”. Este diseño busca simular una situación donde los agentes poseen información completa acerca de las decisiones de sus oponentes, lo que permitiría a cada jugador poder conocer con exactitud cuál es la estrategia que sigue cada participante en el juego. De este modo se busca evaluar qué tipo de preferencias surge en un escenario donde los individuos poseen información completa sobre la estrategia adoptada por su rival. Comparando ambos tipos de experimentos podemos observar si las preferencias que surgen en un juego de explotación de un recurso de propiedad común son sensibles a cambios en el nivel de información de los agentes, y de si estos cambios son consistentes con los modelos presentados en la sección 3 de este artículo.

Específicamente, los experimentos de esta investigación fueron realizados en la Universidad de Concepción, Chile, en julio del año 2004, con un total de 48 individuos seleccionados de una población de estudiantes de Ingeniería Comercial. Los experimentos fueron conducidos siguiendo un procedimiento estándar: en primer lugar el juego comenzaba con la explicación y la lectura de las instrucciones, las cuales fueron leídas en voz alta y utilizando ejemplos. Posteriormente se les solicitó a los estudiantes responder un set de ejercicios que tenían como finalidad verificar la comprensión del juego. En tercer lugar fueron conducidos 2 períodos de prueba para que los individuos se familiariza-

ran con el procedimiento y las reglas del experimento, los cuales no incidieron en las ganancias finales. Ambos tratamientos fueron conducidos implementando un protocolo de “partner” donde cada individuo se enfrentaba al mismo grupo de jugadores en cada experimento. En cada sesión participaron 8 individuos divididos en 6 grupos, en cada uno de los cuales se llevó a cabo un juego de explotación de un recurso de propiedad común repetido por 20 períodos. El número de períodos que duraba cada experimento no era conocido con exactitud por los jugadores. Sólo se sabía que el experimento podía finalizar entre los períodos 15 y 25 y que el final sólo sería anunciado cuando faltaran 2 períodos para terminar el juego. Los 8 participantes fueron aislados en una sala y les fue asignado un número de identificación sin permitir comunicación alguna entre ellos. Los experimentos fueron realizados manualmente utilizando una planilla electrónica para calcular los resultados, los cuales fueron mostrados a todos los participantes a través de un proyector en cada período del juego. Las ganancias obtenidas fueron expresadas en pesos chilenos y fueron pagadas en dinero efectivo en forma privada al final del experimento. El dinero recibido al finalizar el experimento fue el doble de las ganancias totales que logró obtener cada jugador. La duración promedio de los “Experimentos con Información Incompleta”, que envolvían mostrar solamente el nivel de uso agregado en el mercado grupal, fue de 2 horas incluyendo las pruebas preliminares y la cancelación de los premios. Los “Experimentos con Información Completa”, en los cuales se hacían públicas las elecciones de todos los participantes, alcanzaron una duración promedio de 2 horas 30 minutos. Las ganancias individuales variaron desde los \$ 2.700 a \$ 4.400 pesos. La ganancia promedio alcanzó los \$ 3.500 pesos. El detalle de los dos tipos de experimento se resume en la Tabla 2.

TABLA 2  
DISEÑO EXPERIMENTAL

Tratamientos	Información Incompleta			Información Completa		
	1	2	3	4	5	6
Número de Jugadores	8	8	8	8	8	8
Número de Períodos	20	20	20	20	20	20
Dotación por Período (Tokens)	30	30	30	30	30	30
Función de Explotación	$H(E) = 11,5E - 0,0625E^2$					
Retorno por unidad Mercado grupal	Decreciente					
Retorno por unidad Mercado privado	\$ 2,5					

Fuente: Elaboración propia en base a los experimentos realizados en este trabajo.

## 5. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Para ser consistente con el enfoque teórico utilizado para analizar la estabilidad de las preferencias, el cual asume que los individuos aprenden en base a

prueba y error a través del tiempo (modelo de aprendizaje, con agentes con racionalidad limitada), imitando aquellos comportamientos que reportan mayores beneficios, el análisis de los resultados se centró principalmente en los últimos 10 períodos del juego.<sup>10</sup> De la proposición 1 se tiene que el nivel de esfuerzo agregado de explotación asociado al equilibrio de Nash para un valor de  $n$  igual a 8 corresponde a  $E^* = 128$  y que el de libre acceso viene dado por  $E^{la} = 144$ . Adicionalmente, de la proposición 4 se tiene que cualquier nivel de esfuerzo agregado de explotación por sobre el nivel de equilibrio de Nash y por debajo del nivel de libre acceso indica la existencia de preferencias envidiosas. En lo que sigue en orden a comparar y analizar los diferentes resultados experimentales, consideraremos un nivel promedio de esfuerzo asociado a preferencias envidiosas de  $E^{pe} = 136$ , el cual es consistente con los resultados teóricos presentados en la sección 3.

La Tabla 3 presenta algunos aspectos generales de la información recopilada en los experimentos. En particular, se comparan los niveles de uso agregados obtenidos en cada tipo de experimento y se evalúa si los valores promedios de los niveles de esfuerzos agregados se acercan a las predicciones del modelo clásico.

TABLA 3  
RESUMEN NIVELES DE USO GRUPAL

Uso Grupal	Información Incompleta			Información Completa		
	1	2	3	4	5	6
Promedio General	131,95	118,85	119,85	136,25	145,2	123,5
Promedio Primera Mitad	131,4	109,4	117,1	139	148,8	110,5
<b>Promedio Segunda Mitad</b>	<b>132,5</b>	<b>128,3</b>	<b>122,6</b>	<b>133,5</b>	<b>141,6</b>	<b>136,5</b>
Equilibrio de Nash	128	128	128	128	128	128
Optimo Social	72	72	72	72	72	72
Libre Acceso	144	144	144	144	144	144
Desv. Estándar Primera Mitad	14,48	11,63	10,25	12,73	18,63	18,89
Desv. Estándar Segunda Mitad	10,92	8,38	16,13	10,62	15,92	8,76

Fuente: Elaboración propia en base a los experimentos realizados en este trabajo.

En el primer tratamiento donde las decisiones de los jugadores fueron hechas únicamente con la información del nivel de esfuerzo agregado, solamente en una sesión experimental se obtuvo un nivel de esfuerzo agregado promedio cercano al equilibrio de Nash. En las restantes sesiones se obtuvieron niveles de esfuerzo agregados por sobre y por debajo del equilibrio de Nash predicho. Los

<sup>10</sup> Este tipo de análisis es consistente con lo encontrado en trabajos experimentales previos. Por ejemplo, Andreoni (1988) encontró evidencia experimental que la declinación de las tasas de contribución en un mecanismo de contribución voluntaria no eran atribuibles a motivaciones estratégicas sino que podrían ser explicadas por un efecto de aprendizaje.

resultados del segundo tipo de experimentos, esos con información completa, arrojan niveles de usos agregados superiores al equilibrio de Nash y a esos obtenidos en los experimentos conducidos con información incompleta.

Los tests  $t$  se muestran en la Tabla 4, donde un (\*) indica que el uso grupal es estadísticamente diferente del equilibrio predicho al 95% de confianza, cuyo valor crítico es  $\pm 2,26$  con 9 grados de libertad. Este valor se utiliza para contrastar los valores estadísticos calculados para la segunda mitad del experimento.

TABLA 4  
PRUEBA DE HIPÓTESIS T-STUDENT

Hipótesis	Estadístico							
	Información Incompleta				Información Completa			
	1	2	3	Total	4	5	6	Total
Óptimo social	17,5*	21,4*	9,9*	20,7*	18,3*	13,8*	23,3*	26,1*
Equilibrio de Nash	1,3	0,1	-1,1	-0,7	1,6	2,7*	3,1*	3,7*
Equilibrio con envidia	-1,0	-2,9*	-2,6*	-3,1*	-0,8	1,1	0,2	0,5

Fuente: Elaboración propia en base a los experimentos realizados en este trabajo.

El nivel de uso promedio agrupando las 3 sesiones experimentales con información incompleta fue de  $E = 127,8$ . Este es estadísticamente diferente del óptimo social predicho de  $E^{\circ} = 72$  al nivel de significancia del 0,05. El nivel de uso promedio total se encuentra muy cercano al equilibrio de Nash, el cual no es estadísticamente diferente de  $E^* = 128$ , pero es estadísticamente diferente del nivel de esfuerzo con preferencias envidiosas de  $E^{pe} = 136$  al nivel de 0,05. El promedio agregado para las 3 sesiones con información completa fue de  $E = 137,2$  el cual es estadísticamente diferente tanto del óptimo social  $E^{\circ} = 72$  como del equilibrio de Nash  $E^* = 128$ . El uso agregado promedio no es estadísticamente diferente del nivel de esfuerzo con preferencias envidiosas  $E^{pe} = 136$  al nivel de significancia del 0,05.

La Tabla 5 muestra los niveles de eficiencia para los diferentes experimentos conducidos en este trabajo. Podemos observar que los niveles de eficiencia obtenidos en los "Experimentos con Información Completa", donde las estrategias seguidas por los participantes eran conocidas por toda la población, fueron inferiores a los niveles de eficiencia alcanzados en los "Experimentos con Información Incompleta", donde únicamente el nivel de esfuerzo agregado era de conocimiento común. El nivel de eficiencia promedio tomando como referencia el óptimo social predicho para el tratamiento con información completa fue de 17,78%, el cual resultó inferior al observado en los experimentos con información incompleta, el cual llegó a 39,6%. Esta observación nos permite afirmar que existe un efecto negativo sobre la extracción eficiente del recurso cuando los individuos tienen la posibilidad de elegir sus niveles de uso conociendo perfectamente las decisiones de los demás miembros del grupo.

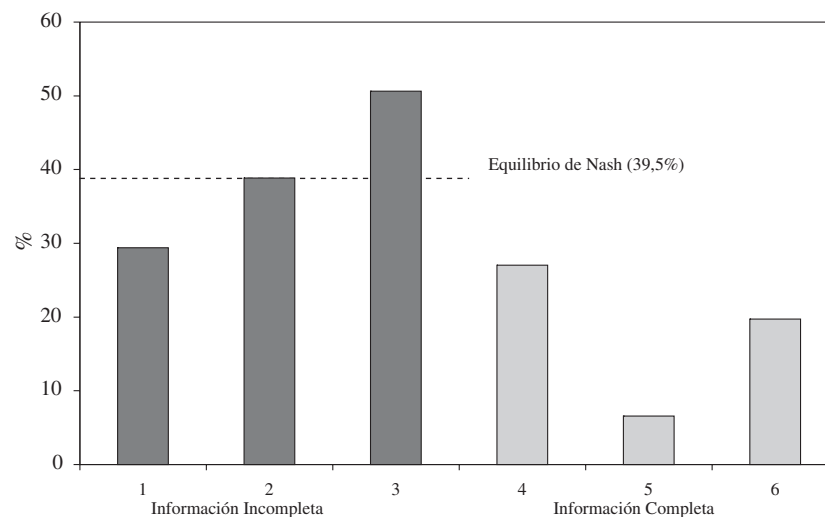
TABLA 5  
RESUMEN NIVELES DE EFICIENCIA

Eficiencia Grupal (% de la Renta Máxima)	Información Incompleta			Información Completa		
	1	2	3	4	5	6
Promedio General	30,67	57,66	55,83	20,37	-3,36	48,84
Promedio Primera Mitad	31,94	73,02	60,76	13,41	-13,78	71,41
<b>Promedio Segunda Mitad</b>	<b>29,39</b>	<b>38,86</b>	<b>50,61</b>	<b>27,04</b>	<b>6,56</b>	<b>19,75</b>
Equilibrio de Nash	39,5	39,5	39,5	39,5	39,5	39,5
Óptimo Social	100	100	100	100	100	100
Libre Acceso	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia en base a los experimentos realizados en este trabajo.

El Gráfico 1 compara los niveles de eficiencia por experimento con el nivel de eficiencia predicho por el equilibrio de Nash. En el gráfico se aprecia claramente que los niveles de eficiencia calculados para los experimentos con información completa se encuentran muy por debajo del equilibrio de Nash predicho, lo que sugiere que la pérdida de eficiencia en la extracción del recurso puede incluso ser superior a la predicción del modelo clásico si el grupo que participa en la explotación del recurso conoce las estrategias de cada uno de los participantes de su grupo.

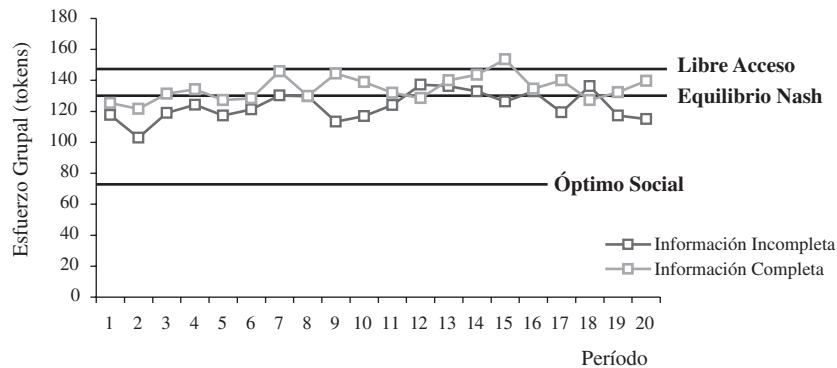
GRÁFICO 1  
EFICIENCIA PROMEDIO POR EXPERIMENTO



Fuente: Elaboración propia en base a los experimentos realizados en este trabajo.

Los niveles de esfuerzo promedio para los 20 períodos del experimento se muestran en el Gráfico 2. Al comparar los resultados de los dos tipos de experimentos, con información completa e incompleta, se desprende claramente que los niveles de esfuerzo promedio para el tratamiento donde se mostraron las decisiones y las ganancias individuales provenientes del mercado grupal están sistemáticamente por encima de los niveles de uso cuando únicamente se mostró a los participantes el nivel de esfuerzo agregado en cada período. Las desviaciones estándar obtenidas en la segunda mitad en todos los experimentos con información completa fueron menores a las observadas en los primeros 10 períodos, lo cual nos permite afirmar que la volatilidad decrece en el tiempo bajo este tipo de escenario, situación que no es posible apreciar claramente en los experimentos con información incompleta. Esta observación podría soportar uno de los principales supuestos de nuestro modelo teórico de preferencias interdependientes con información completa que plantea que los individuos a través del tiempo van aprendiendo, adoptando aquellas estrategias que les reportan los mayores beneficios.

GRÁFICO 2  
USO GRUPAL POR TRATAMIENTO EXPERIMENTAL



Fuente: Elaboración propia en base a los experimentos realizados en este trabajo.

La Tabla 6 compara los niveles de uso individuales para ambos tratamientos. El nivel de uso promedio individual en el tratamiento con información completa fue de 17,15, el cual se encuentra sobre el promedio individual resultante de las sesiones con información incompleta que llegó a 15,98 y sobre el equilibrio de Nash simétrico de  $e_i = 16$ . El nivel de uso promedio considerando la segunda mitad de los experimentos se acercó al equilibrio de Nash predicho en todas las sesiones con información incompleta. En ambos tipos de experimentos se encontró una gran dispersión en los niveles de uso individuales, lo que es consistente con individuos heterogéneos, cuya presencia es una situación común en la literatura experimental (Van Winden *et al.*, 1998). La diferencia funda-

mental entre estos dos tipos de tratamientos es que en los “Experimentos con Información Completa”, donde se descubrieron las decisiones de los oponentes, se encontraron niveles individuales de usos promedio mayores a los observados en los “Experimentos con Información Incompleta”, en los que no se entregó dicha información. Esto se verifica claramente al observar que solamente un 41,67% de los individuos en los experimentos con información incompleta presentaron un nivel de uso mayor al predicho por el modelo clásico, comparado al 62,5% de los agentes que participaron en los experimentos con información completa que reportaron un nivel de uso promedio superior al equilibrio de Nash.

TABLA 6  
RESUMEN NIVELES DE USO INDIVIDUALES

Niveles de Uso Promedio Individual	Información Incompleta			Información Completa		
	1	2	3	4	5	6
Promedio General	16	15	15	17	19	15
Promedio Primera Mitad	16	14	15	17	19	14
<b>Promedio Segunda Mitad</b>	<b>16,56</b>	<b>16,04</b>	<b>15,34</b>	<b>16,69</b>	<b>17,7</b>	<b>17,06</b>
Equilibrio de Nash	16	16	16	16	16	16
Óptimo Social	9	9	9	9	9	9
Libre Acceso	18	18	18	18	18	18

Fuente: Elaboración propia en base a los experimentos realizados en este trabajo.

Con el propósito de tener alguna medida del parámetro de preferencia promedio y su dirección se procedió a calcular parámetros de preferencias estimados siguiendo la función de mejor respuesta. Para obtener una expresión de la función de reacción de un individuo que presenta preferencias interdependientes derivamos las condiciones de primer orden de la especificación presentada en

(6), *i.e.*,  $\frac{\partial U_i}{\partial e_i} = 0 \quad \forall i = 1, \dots, n$ , obteniendo:

$$(33) \quad e_i^* = \frac{(a - c)}{2b} - \frac{(1 + \alpha_i)E_{-i}}{2} \quad \forall i = 1, \dots, n$$

En nuestras regresiones asumimos un valor correcto para el intercepto, puesto que según nuestro modelo con preferencias interdependientes, las diferencias en las preferencias entre los jugadores estarían dadas solamente por diferencias en la pendiente de la función de reacción y no por variaciones en el intercepto (Casari y Plott, 2003). Las estimaciones fueron realizadas utilizando Mínimos Cuadrados Ordinarios bajo el supuesto de que las decisiones de los jugadores en el período  $t$  fueron hechas tomando en consideración las decisiones del resto

de los participantes en el período  $t-1$ . Los resultados de las estimaciones se detallan en la Tabla 7.<sup>11</sup> Analizando los coeficientes estimados desde las sesiones con información incompleta, se aprecia que en 3 de los 4 paneles se obtuvo un parámetro de preferencias negativo, pero únicamente existe suficiente evidencia que éste es estadísticamente distinto de cero, en un solo experimento. En los restantes experimentos y cuando agregamos la información, se obtuvieron parámetros de preferencias no estadísticamente distintos de cero, lo que nos permite afirmar que en este tipo de contextos el egoísmo explica de mejor forma las estrategias promedio, tal como lo predice nuestro modelo teórico de preferencias interdependientes con información incompleta. En el tratamiento con información completa se observa que en todas las sesiones y cuando agregamos la información se obtiene un parámetro de preferencias negativo y estadísticamente diferente de cero, lo que evidencia que el comportamiento envidioso explica de mejor manera las estrategias promedio, tal como lo predice nuestro modelo teórico de preferencias interdependientes con información completa.

TABLA 7  
PARÁMETROS DE PREFERENCIAS ESTIMADOS

Paneles	Parámetro de Preferencia							
	Información Incompleta				Información Completa			
	1	2	3	Total	4	5	6	Total
Total	-0,051 (5,41)*	0,087 (-6,39)*	0,066 (-5,13)*	0,028 (-3,70)*	-0,085 (9,79)*	-0,165 (15,29)*	0,019 (-1,21)	-0,087 (11,36)*
Primera Mitad	-0,057 (3,84)*	0,223 (-13,38)*	0,104 (-6,71)*	0,071 (-5,92)	-0,116 (8,84)*	-0,190 (12,76)*	0,187 (-6,95)*	-0,080 (5,63)*
Segunda Mitad	<b>-0,046</b> (3,79)*	<b>-0,004</b> (0,35)	<b>0,034</b> (-1,80)	<b>-0,007</b> (0,82)	<b>(-0,056</b> (5,21)*	<b>-0,140</b> (9,24)*	<b>-0,078</b> (9,61)*	<b>-0,093</b> (12,98)*

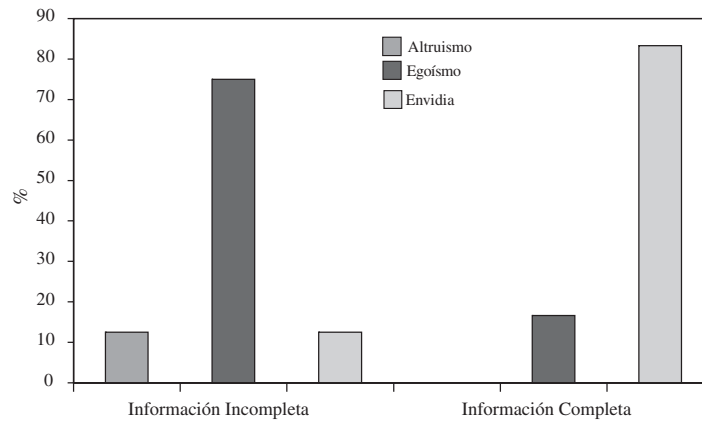
Fuente: Elaboración propia en base a los experimentos realizados en este trabajo.

Para observar la evolución de las preferencias individuales y su distribución se hicieron estimaciones del parámetro de preferencia individual de cada participante considerando sólo la información de la segunda mitad del experimento. La distribución del parámetro de preferencia individual se resume en el Gráfico 3.

<sup>11</sup> Se procedió a estimar el parámetro  $(1+\alpha)/2$  y se realizó una prueba de hipótesis para apreciar si este parámetro es significativamente distinto de 0,5. Si esto no es así, entonces se asume también que el parámetro de preferencias  $\alpha$  no es significativamente distinto de cero. En caso contrario habrá otros tipos de preferencias distintas a las egoístas. La preferencia individual correspondiente en este caso se obtiene despejando  $\alpha$  desde el coeficiente estimado. Los test t aparecen en paréntesis bajo los parámetros  $\alpha$  estimados, donde \* indica significancia al 95% de confianza cuyo valor crítico es  $\pm 1,96$ .



GRÁFICO 3  
DISTRIBUCIÓN DEL PARÁMETRO DE PREFERENCIAS



Fuente: Elaboración propia en base a los experimentos realizados en este trabajo.

De las estimaciones para el tratamiento con información incompleta se obtiene que un 75% de la población no presenta un parámetro estimado estadísticamente distinto de cero (18 individuos). Esto nos permite afirmar que existe un predominio de las preferencias egoístas en los experimentos donde los jugadores no conocían con exactitud la estrategia de su rival, tal como lo predice nuestro modelo de preferencias interdependientes con información incompleta. El resto de individuos presentó parámetros estadísticamente distintos de cero: 3 individuos altruistas y 3 envidiosos (13% cada uno). En los experimentos con información completa se encontró que el 83% de los individuos presentó un parámetro de preferencia negativo y estadísticamente distinto de cero (20 individuos). Siguiendo estos resultados podemos claramente apreciar que las preferencias envidiosas prevalecen por sobre los otros tipos de comportamientos como lo predice el modelo con preferencias interdependientes con información completa. El 17% restante de los individuos no presentó un parámetro significativo, lo que es consistente con preferencias egoístas (4 individuos).

## 6. CONCLUSIONES

Los resultados experimentales de la presente investigación proveen una respuesta a la pregunta de si la información disponible acerca de las estrategias seguidas por los diferentes jugadores en el contexto de un juego de explotación de un recurso de propiedad común genera un efecto relevante sobre las preferencias individuales. Las hipótesis formuladas en la sección 3 de este artículo plantean que información completa acerca de las estrategias de cada individuo que comparte el recurso genera una evolución hacia comportamientos individuales envidiosos, en comparación a una situación donde la información es incompleta, en cuyo caso los individuos evolucionarán hacia preferencias egoístas. Los resultados experimentales bajo información completa, donde se hacen

públicos los niveles de esfuerzo y las ganancias individuales, son consistentes con sobreusos sistemáticos del recurso, incluso por sobre el equilibrio de Nash predicho y parámetros de preferencias estimados negativos y estadísticamente distinto de cero. De las estimaciones de los parámetros individuales se observa una evolución hacia preferencias envidiosas por sobre los demás comportamientos supuestos en esta investigación, lo que sustenta la hipótesis de que bajo este escenario los comportamientos envidiosos evolucionarán y prevalecerán por sobre el resto de las preferencias, soportando la predicción entregada por el modelo con preferencias interdependientes bajo información completa presentada en la proposición 2. Por otro lado, los resultados experimentales nos permiten afirmar que cuando los participantes deciden conociendo únicamente el nivel de esfuerzo agregado, la evidencia experimental también se ajusta a las predicciones arrojadas por el modelo de preferencias interdependientes con información incompleta. En este caso, al estimar estadísticamente los parámetros de preferencias individuales encontramos evidencia de que los individuos bajo en este contexto evolucionan hacia comportamientos egoístas, lo que coincide con la dirección predicha por el parámetro evolutivamente estable entregado por el modelo con preferencias interdependientes bajo información incompleta y presentada en la proposición 3.

Al comparar los resultados de los dos tratamientos experimentales se desprende que las preferencias individuales en la población son sensibles a la información que se entrega a los participantes al momento de tomar sus decisiones, encontrándose que a medida que posean un mayor conocimiento acerca de las estrategias de sus rivales, los individuos tenderán a evolucionar hacia comportamientos más dañinos para el grupo, generándose efectos negativos en los pagos y en la eficiencia económica alcanzada en la extracción del recurso.

Por último se debe mencionar que los resultados encontrados en esta investigación se encuentran condicionados al modelo teórico propuesto en este trabajo, el cual asume que los individuos poseen preferencias interdependientes determinadas, limitando su comportamiento específicamente a preferencias altruistas, egoístas y envidiosas. Sin embargo, en la literatura teórica sobre comportamiento, se ha asumido la existencia de otras motivaciones individuales alternativas, como, por ejemplo, reciprocidad (Harrison y Villena, 2005) y conformismo (Vélez *et al.*, 2005), que no son consideradas por el modelo teórico supuesto en esta investigación. Esto da espacio para futuros trabajos experimentales en la línea seguida por el presente trabajo.

## REFERENCIAS

- Andreoni, J. (1988). "Why Free Ride?: Strategies and Learning in Public Goods Experiments", *Journal of Public Economics*, 37, 291-304.
- Bergstrom (1995). "On the Evolution of Altruistic Ethical Rules for Siblings", *American Economic Review*, 85 (1): 58-81.
- Bester, H. and Güth, W. (1998). "Is Altruism Evolutionary Stable", *Journal of Economic Behavior and Organization*, 34, 2, 193-209.
- Bolle, F. (2000). "Is Altruism Evolutionarily Stable? And Envy and Malevolence?-Remarks on Bester and Güth", *Journal of Economic Behavior and Organization*, 42 (1): 131-133.

- Bowles, S. and Gintis, H. (1999). "The Evolution of Strong Reciprocity", mimeo, *University of Massachusetts at Amherst*.
- Casari, M. and Plott, C. R. (2003). "Decentralized Management of Common Property Resources: Experiments With a Centuries-Old Institution", *Journal of Economic Behavior and Organization*, 51, 2, 217-247.
- Dufwenberg, M. and Güth, W. (1999). "Indirect Evolution vs Strategic Delegation: a Comparison of Two Approaches to Explaining Economic Institutions", *European Journal of Political Economy*, 15: 281-295.
- Fudenberg, D. and Levine, D. (1999). "Maintaining a Reputation when Strategies are Imperfectly Observed", *Levine's Working Paper Archive 571*, UCLA Department of Economics.
- Güth, W. (1995). "An Evolutionary Approach to Explaining Cooperative Behavior by Reciprocal Incentives", *International Journal of Game Theory*, 24: 323-344.
- Güth, W. and Yaari, M. (1992). "Explaining Reciprocal Behavior in Simple Strategic Games: An Evolutionary Approach", In: Witt, U. (ed.), *Explaining Forces and Changes: Approaches to Evolutionary Economics*, University of Michigan Press.
- Guttman, J. (2000). "On the Evolutionary Stability of Preferences for Reciprocity", *European Journal of Political Economy*, 16: 31-50.
- Hargreaves Heap, S. P. and Varoufakis, Y. (1995). "Game Theory: A Critical Introduction". London: Routledge.
- Harrison, R. y Villena, M. G. (2005). "The Evolution of Symmetric Reciprocal Behavior". Presentado en el Encuentro de la Sociedad de Economía de Chile 2005, Viña del Mar, 28 de septiembre.
- Huck, S. and Oechssler, J. (1998). "The Indirect Evolutionary Approach to Explaining Fair Allocations", *Games and Economic Behavior*, 28: 13-24.
- Kandori, M. (1997). "Evolutionary Game Theory in Economics", In: Kreps, D. M. and Wallis, K. F. (eds.), *Advances in Economics and Econometrics: Theory and Applications*, Seventh World Congress of the Econometric Society, Vol. 1. Cambridge: Cambridge University Press.
- Koçkesen, L. Ok, E. A. and Sethi, R. (2000a). "The Strategic Advantage of Negatively Interdependent Preferences", *Journal of Economic Theory*, 92, 2, 274-299.
- Koçkesen, L. Ok, E. A. and Sethi, R. (2000b). "Evolution of Interdependent Preferences in Aggregative Games", *Games and Economic Behavior*, 31, 303-310.
- Levine, D. (1998). "Modeling Altruism and Spitefulness in Experiments", *Review of Economic Dynamic*, 1, 593-622.
- Mailath, G. J. (1992). "Introduction: Symposium on Evolutionary Game Theory", *Journal of Economic Theory*, 57: 259-277.
- Matsui, A. (1996). "On Cultural Evolution: Social Norms, Rational Behavior, and Evolutionary Game Theory", *Journal of the Japanese and International Economies*, 10: 262-294.
- Maynard Smith, J. (1982). "Evolution and The Theory of Games". Cambridge: Cambridge University Press.
- Maynard Smith, J. and Price, G. (1973). "The Logic of Animal Conflicts", *Nature*, 246: 15-18.

- Muller, A. and Vickers M. (1996). "Communication in a Common Pool Resource Environment with Probabilistic Destruction". McMaster University, Department of Economics, Working Paper 96-06.
- Ok, E. and Vega-Redondo (2001). "On the Evolution of Individualistic Preferences: Complete versus Incomplete Information Scenarios", *Journal of Economic Theory*, 97.
- Possajennikov, A. (1999). "On evolutionary stability of spiteful preferences", *Discussion Paper 56*, Tilburg University, Center for Economic Research.
- Possajennikov, A. (2000). "On the Evolutionary Stability of Altruistic and Spiteful Preferences", *Journal of Economic Behavior and Organization*, 42, 125-12.
- Samuelson, L. (1997). "Evolutionary Games and Equilibrium Selection", Cambridge MA: MIT Press.
- Seabright, P. (1993). "Managing Local Commons: Theoretical Issues in Incentive Design", *Journal of Economic Perspectives*, 7, 116-134.
- Sethi, R. and Somanathan, E. (1996). "The Evolution of Social Norm in Common Property Resource Use", *American Economic Review*, 86, 4, 766-788.
- Sethi, R. and Somanathan, E. (2000). "Preference Evolution and Reciprocity", *Journal of Economic Theory*, 97 (2): 273-297.
- Sethi, R. and Somanathan, E. (2001). "Norm Compliance and Strong Reciprocity". Presented at the Workshop on The Structure and Evolution of Strong Reciprocity at the Santa Fe Institute, March 9-11.
- Van Damme, E. (1987). "Stability and Perfection of Nash Equilibria", Berlin: Springer Verlag.
- Van Damme, E. (1994). "Evolutionary Game Theory", *European Economic Review*, 38: 847-858.
- Van Winden, F.; Van Dijk, F. and Sonnemans, J. (1998). "Intrinsic motivation in a public good environment". In: Plott, C. R. and Smith, V. L. (editors), *Handbook of results in experimental economics*. North Holland/Elsevier Press.
- Vega-Redondo, F. (1996). "Evolution, Games and Economic Behaviour", Oxford: Oxford University Press.
- Vélez, M.; Stranlund, J. and Murphy, J. (2005). "What Motivates Common Pool Resource Users? Experimental Evidence from the Field", University of Massachusetts, Amherst.
- Villena, M.G. and Villena, M.J. (2004). "Evolutionary Game Theory and Thorstein Veblen's Evolutionary Economics: Is EGT Veblenian?", *Journal of Economic Issues*, 38 (3), 585-610.
- Walker, J. M.; Gardner, R. and Ostrom, E. (1990). "Rent Dissipation in a Limited-Access Common-Pool Resource: Experimental Evidence", *Journal of Environmental Economics and Management*, 19, 203-211.
- Weibull, J. (1996). "Evolutionary Game Theory", London, England: The MIT Press.