TEORÍA DE JUEGOS APLICADA A POLÍTICAS PÚBLICAS. CASO DE ESTUDIO: BIENES PÚBLICOS

GAME THEORY APPLIED TO PUBLIC POLICIES.CASE STUDY: PUBLIC GOODS

Enrique E. Tarifa[1], Jorgelina F. Argañaraz[2], Farid D. Astorga[3], Julieta Martínez[4] y Eleonora Erdmann[*4]

(1) Universidad Nacional de Jujuy, Facultad de Ingeniería, CONICET, Gorriti 237, 4600 San Salvador de Jujuy - Argentina

(2) Universidad Nacional de Jujuy, Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales, Otero 262, 4600 San Salvador de Jujuy - Argentina

(3) Universidad Nacional de Jujuy, Facultad de Ingeniería, Gorriti 237, 4600 San Salvador de Jujuy - Argentina

(4) Universidad Nacional de Salta, Facultad de Ingeniería,Instituto de Investigaciones para la Industria Química (CONICET - CIUNSa), Av. Bolivia 5150, 4400 Salta - Argentina

*autor de contacto (e-mail: eleonora@unsa.edu.ar)

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es generar y comunicar políticas públicas de gestión en forma adecuada utilizando teoría de juegos y tomando como caso de estudio la gestión de bienes públicos. Los juegos aplicados al caso de estudio escogido son ampliamente utilizados en la economía experimental, y reproducen las condiciones que se presentan cuando una comunidad emprende la ejecución de un proyecto para la obtención de un bien público. Se diseñó un nuevo juego de bienes públicos con características innovadoras en el modelo y en la implementación de talleres. El juego fue planteado para conocer el grado de cooperación, generar políticas que aumenten el grado de cooperación y optimizar la comunicación. Se realizaron talleres en distintas comunidades de Jujuy (Argentina), y también se implementó el juego en Internet. Los participantes y las autoridades de las comunidades destacaron la importancia de los resultados obtenidos.

ABSTRACT

The aim of this work is to generate and communicate suitable management public policies by using game theories and considering as a case study the management of public goods. Games applied to the chosen case study are broadly used in the experimental economy, and they reproduce the conditions arising when a community undertakes the execution of a project for getting a public good. A new public goods game was designed with innovative characteristics not only in the model but in the workshop implementation as well. The game was designed to know the degree of cooperation, to generate policies that increase the degree of cooperation, and improve communication. Several workshops were carried out in different communities of Jujuy (Argentina), and the game was also implemented in Internet. Participants and authorities of the communities highlighted the importance of the obtained results.

Palabras clave: teoría de juegos; bienes públicos; gestión; economía experimental
Keywords: game theory; public goods; management; experimental economy

INTRODUCCIÓN

La teoría de juegos (Myerson, 1991; Gibbons, 1992) es una rama de las matemáticas aplicadas, frecuentemente utilizada en economía, que estudia las interacciones estratégicas entre agentes o jugadores. En los juegos estratégicos, cada jugador elige estrategias que maximizan sus utilidades en el marco de las decisiones tomadas por los restantes jugadores. De esta manera, la teoría de juegos brinda la posibilidad de modelar situaciones sociales en las que los tomadores de decisiones interactúan con otros agentes. Esto es, la teoría de juegos estudia la elección de políticas óptimas cuando los costos y beneficios de cada opción dependen de las elecciones realizadas por otros individuos.

Con la anterior definición queda claro que la aplicación de esta rama de las matemáticas no está restringida a la economía, ni al campo social, sino que puede ser extendida a toda situación donde se presenten interacciones entre individuos, sean éstos humanos o no. De esta manera, la teoría de juegos está siendo aplicada con gran éxito para comprender conductas de animales, microbios y genes, entre otros (Creel, 1997; Friberg y Rice, 2008).

La determinación de las interrelaciones existentes entre los individuos de una comunidad es de gran importancia para la generación y comunicación de políticas de gestión, yla teoría de juegos es una excelente herramienta para realizar esa determinación porque permite la participación de todos los actores involucrados. Este modo de trabajar consolida la responsabilidad delacomunidad,permitiendo generar políticas de gestión que cuentan con el respaldo de todos los actores que participaron en la formulación de las mismas. Por los mismos motivos, se garantiza una buena comunicación de las políticas así generadas.

En este contexto, el objetivo de este trabajo es generar y comunicar políticas públicas adecuadas de gestión, tomando como caso de estudio la gestión de los bienes públicos. Para ello, se desarrolló un nuevo juego de bienes públicos. El caso de estudio se seleccionó porque la gestión de los bienes públicos presenta un difícil desafío para los gobiernos debido a que todos los individuos de la comunidad pueden disfrutar de su utilización sin importar cuánto aportaron para su obtención. Ejemplos comunes de bienes de este tipo son defensas instaladas a lo largo de los ríos, obras para el manejo de sedimentos, sistemas de riego, sistema de iluminación pública, carreteras, entre otros. La consecución de estos bienes requiere de, una u otra forma, la cooperación de toda la comunidad, ya sea aportando fondos (pago de cuotas o impuestos) o aportando materiales o mano de obra. En esta situación, surge un conflicto entre los intereses de la comunidad y los intereses de los individuos. En efecto, debido a que una vez que el bien público esté disponible, todos los individuos podrán disfrutar de él independientemente de la contribución que hayan realizado, cada individuo está tentado a no contribuir ya que igualmente disfrutará del proyecto sin realizar ningún aporte ni esfuerzo. Sin embargo, si todos los individuos ceden ante esa tentación, nadie aportará, el bien público no se conseguirá y todos terminarán perdiendo ya que persistirá la necesidad que dio origen al proyecto para la creación del bien público. Es, por lo tanto, responsabilidad del gobierno generar y comunicar las políticas necesarias para maximizar el grado de cooperación de la comunidad, a fin de concretar la obtención del bien público para el beneficio de todos. Estas políticas pueden estar orientadas a la intimación o a la persuasión. Entre las primeras se cuentan la aplicación de multas y las denuncias públicas para las personas que no realicen el aporte exigido. Entre las segundas se encuentran el emprendimiento de campañas publicitarias, la realización de actividades participativas destinadas a fortalecer la responsabilidad comunitaria y la creación de organismos que brinden espacios de diálogo entre los miembros de la comunidad.

Para este trabajo, la teoría de juegos es importante porque puede sugerir formas prácticas para aumentar la cooperación en la producción de bienes públicos o en la resolución de dilemas sociales. Para ello, se debe entender cómo individuos racionales y egoístas pueden llegar a cooperar en ciertas circunstancias (Archetti, 2011). Algunos de los mecanismos que se determinaron mediante esta herramienta como favorables para incrementar la cooperación son la acción colectiva y la repetición del juego (Myatt y Wallace, 2009). Otro factor importante para la cooperación es la no linealidad del modelo matemático correspondiente al juego (Frank, 2010).

El juego desarrollado en este trabajo se implementó en varios talleres realizados en diferentes comunidades de la provincia de Jujuy (Argentina). Además, también se implementó el juego por Internet. Los resultados obtenidos fueron muy alentadores. En especial, fue muy interesante el comportamiento de las comunidades ante una regla de gestión que fue generada estudiando el modelo matemático del juego; esto permite proponer un método sistemático para obtener reglas de gestión apropiadas para cada comunidad y proyecto. El método propuesto involucra las siguientes etapas: 1) el diseño de un juego en base al modelo matemático del proyecto de interés, 2) el estudio del modelo matemático a fin de proponer las mejores políticas de gestión, 3) la realización de talleres en la comunidad de interés para identificar cuáles de las políticas seleccionadas en la etapa anterior son realmente las más efectivas en dicha comunidad para el proyecto en consideración. La similitud de los resultados de los talleres demostró el gran potencial del modelo desarrollado.

MODELO ECONÓMICO DEL JUEGO BÁSICO

El juego de bienes públicos es conocido convencionalmente como el mecanismo de contribución voluntaria o por sus siglas en inglés VCM –*Voluntary Contribution Mechanism*- (Marwell y Ames, 1979; Ledyard, 1995; Cason et al., 2002; Cárdenas y Ramos, 2006). En este trabajo se implementa una variante para n jugadores. Estos jugadores representan a los individuos de una comunidad que acuerdan aportar dinero (impuestos o cuotas), o su equivalente en horas de trabajo, para construir un bien público. El compromiso de cada jugador es aportar una cantidad cc de dinero (se supone que este monto proviene de otra actividad económica) o su equivalente en trabajo. Sin embargo, cada jugador es libre de elegir si cumple realmente con el compromiso adquirido; esta decisión es privada y secreta. El monto que realmente aporta el jugador i es cr_i, un número entero perteneciente al intervalo [0, cc]. El aporte total ct de la comunidad se obtiene sumando los aportes de todos los jugadores. Este aporte total es multiplicado por el factor de retorno f del proyecto, y los beneficios así producidos se dividen en partes iguales entre los jugadores. Por lo tanto, el modelo matemático que determina la ganancia g_i del jugador i es:

$$ct = \sum_{i=1}^{n} cr_i \tag{1}$$

$$ip = \frac{f\ ct}{n} \tag{2}$$

$$g_i = cc - cr_i + ip \tag{3}$$

donde ip es el beneficio que recibe cada jugador por la ejecución del proyecto.

Para este modelo, el punto de equilibrio de Nash (donde ningún jugador desea cambiar su conducta de manera unilateral) se produce cuando nadie aporta, $cr_i = 0\ \forall i$. En ese caso, las ganancias de los jugadores serán iguales a cc, y la comunidad ganará ncc (se obtiene sumando las ganancias de todos los jugadores). Por otro lado, el punto óptimo de Pareto (óptimo social, donde no es posible mejorar la situación de un jugador sin perjudicar a otro) se produce cuando todos aportan el monto comprometido, $cr_i = cc \forall i$. En ese caso, cada jugador ganará $f\ c$, mientras que la ganancia de la comunidad será $nfcc$. Por lo tanto, para que el proyecto sea conveniente para la comunidad, el factor de retorno f del proyecto debe cumplir con la siguiente condición:

$$f > 1 \tag{4}$$

Otra condición que debe cumplirse para que el proyecto realmente sea beneficioso para la comunidad es la siguiente:

$$ct > ctc \tag{5}$$

$$ctc = \frac{n\,cc}{f} \tag{6}$$

Esto es, el monto aportado *ct* por la comunidad debe estar por encima de un nivel crítico *ctc* que garantiza que los beneficios del proyectos serán superiores a la inversión que realizan las personas responsables; es decir: *ip* > *cc*. Si esta condición no se verifica, las personas que cumplen con el compromiso de aportar *cc* no se verán beneficiadas por el proyecto (estarán igual o peor que antes). En este caso, el gobierno deberá cancelar el proyecto o subsidiarlo.

Por otra parte, se define el índice de cooperación *ic* de la comunidad como sigue:

$$ic = \frac{ct}{n\,cc} \tag{7}$$

Este índice es un valor real perteneciente al intervalo [0, 1] y representa la fracción del monto comprometido que realmente aporta la comunidad. Un valor nulo indica una comunidad totalmente egoísta (no aporta nada de lo comprometido y estará en el equilibrio de Nash), la unidad indica una comunidad totalmente cooperativa (aporta la totalidad del monto comprometido y estará en el punto óptimo de Pareto) y valores intermedios indican grados intermedios de cooperación (aporta una fracción del monto comprometido). El valor de este índice es de utilidad para perfeccionar la planificación y programación del proyecto en cuestión. Si para una dada comunidad, este índice predice que no se alcanzará el monto crítico *ctc*, el gobierno deberá cancelar el proyecto o subsidiarlo.

La inestabilidad del punto de Pareto se entiende cuando se analiza la tentación que cada jugador tiene de aumentar su ganancia a través del no pago del monto comprometido. En efecto, cada jugador sabe que si deja de pagar, su ganancia aumentará porque se ahorra el pago *cr*. No obstante, el retorno del proyecto *ip* disminuye por la falta de ese aporte. A medida que los jugadores deciden dejar de pagar el aporte, *ip* continuará decreciendo hasta llegar a un punto en que el proyecto dejará de producir beneficios, y se habrá alcanzado el equilibrio de Nash, donde nadie aporta, el proyecto no se realiza y todos pierden.

En otras palabras, por las características intrínsecas del juego, los jugadores tienden con el tiempo a disminuir sus aportes. Una vez que dejaron de aportar, no volverán a hacerlo. Esta conducta es una seria amenaza para el proyecto, por lo tanto es vital generar y comunicar a la comunidad reglas de gestión adecuadas.

MODELO ECONÓMICO DEL JUEGO PROPUESTO

En este trabajo se plantea una variante interesante del modelo que surge cuando la ejecución del proyecto exige que la colaboración de la comunidad sea por lo menos *ctmin* para que el proyecto pueda realizarse. Si el aporte de la comunidad no alcanza este nivel mínimo, el proyecto no se realiza y todos los jugadores pierden lo aportado. En este caso, se modifica el cálculo de *ip* como sigue:

$$ip = \begin{cases} 0 & ct < ctmin \\ \dfrac{f\,ct}{n} & ct \geq ctmin \end{cases} \tag{8}$$

Por lo planteado, cuando $ctmin$ = 0, se tiene el juego básico.

En esta variante, si $g_i > cc \forall i$, existen infinitos puntos de Nash definidos por el hiperplano:

$$\sum_{i=1}^{n} cr_i = ctmin \tag{9}$$

En este punto, la ganancia de la comunidad será ncc + (f - 1) $ctmin$. Se debe notar que:

$$g_i > cc \Leftrightarrow \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{n} cr_j > \frac{(n-f)}{f} cr_i \; \forall i \tag{10}$$

La última condición plantea que existirán infinitos puntos de Nash si para cada individuo se verifica que el aporte que hace el resto de la comunidad supera un cierto límite que depende de su aporte cr y del factor de retorno f del proyecto. Como el aporte de cada socio es una cantidad no negativa, la citada condición se cumple automáticamente para $f > n$, independientemente del aporte de los individuos y se produce la existencia de infinitos puntos de Nash.

Si en cambio $\exists\ i \ / \ g_i < cc$, el único punto de equilibrio de Nash se produce cuando nadie aporta, $cr_i = 0\ \forall i$; en ese caso, las ganancias de los jugadores serán iguales a cc, y la comunidad ganará $n\,cc$. Por otra parte, en el equilibrio de Pareto (cuando todos aportan cc), cada jugador ganará $f\,cc$, mientras que la ganancia de la comunidad será $nf\,cc$. Por último, si $\exists\ i \ / \ g_i = cc$, ese jugador es indiferente a la ejecución del proyecto y puede optar por cualquiera de los dos tipos de equilibrios de Nash analizados.

La existencia de infinitos puntos de Nash permite que el juego se estabilice en puntos con las siguientes características:

1. Situación de máxima injusticia: Sólo un grupo de individuos realizan los aportes comprometidos cc que conforman el monto mínimo $ctmin$ exigido por el proyecto; mientras que el resto no colabora pero sí se beneficia del proyecto. Debido a que se trata de un punto de Nash, los individuos responsables no pueden dejar de colaborar porque se verían perjudicados por la no ejecución del proyecto. Este punto se presenta cuando $ctmin > ctc$.
2. Situación injusta: Todos los individuos colaboran pero en distinta medida. Los que menos colaboran, más se benefician. Nuevamente, al tratarse de un punto de equilibrio, a nadie le conviene disminuir sus aportes porque sino el proyecto no se realizaría.
3. Situación justa: Todos los individuos aportan el mismo monto $ctmin/n$. Nuevamente, es un punto estable que puede alcanzarse con negociación. Este punto puede ser sugerido por el gobierno para que se establezcan acuerdos entre los jugadores.
4. Situación inicial: nadie aporta, el proyecto no se realiza y todo sigue igual.

En otras palabras, este juego tiene tres estados bien definidos, a saber:

1. Estado egoísta: Por naturaleza, a medida que el juego avanza, los jugadores tienden a dejar de aportar. Es decir, los jugadores se comportan en forma egoísta. Cuando se alcanza este estado, nadie aporta, el proyecto no se realiza, y todos pierden.
2. Estado ideal: Es aquel en que todos lo jugadores aportan todos los puntos que tienen. El proyecto se realiza, y la comunidad gana lo máximo posible. Todos los jugadores obtienen las mismas ganancias. Es un estado ideal, pero los jugadores están tentados a dejar de aportar para aumentar sus ganancias individuales; y por

este motivo, con el tiempo se alcanzará el estado egoísta. Entonces, se trata de un estado deseable pero es inestable.

3. Estado realista: Este estado se alcanza gracias a la regla sugerida por el modelo matemático. En este estado, todos los jugadores aportan la cantidad mínima sugerida por la regla, el proyecto se realiza, y todos los jugadores ganan por igual. La comunidad no gana tanto como podría, pero los jugadores no dejan de aportar porque saben que si uno de ellos falla, el proyecto no se realizará, y todos perderán.

A modo de ejemplo, la Figura 1 muestra los puntos de equilibrios para n = 2, f = 1.333, cc = 40 y $ctmin$ = 65 > ctc = 60. Dicha figura muestra el punto óptimo de Pareto y los dos tipos de equilibrio de Nash que pueden presentarse. Debido a que el monto mínimo $ctmin$ para realizar el proyecto es superior al monto crítico ctc, el segmento de Nash está limitado por el capital inicial cc de los individuos. La Figura 2 presenta un caso similar, pero esta vez $ctmin$ = 55 < ctc = 60. Dado que el monto mínimo es menor que el crítico, el segmento de Nash está limitado por el factor de retorno f.

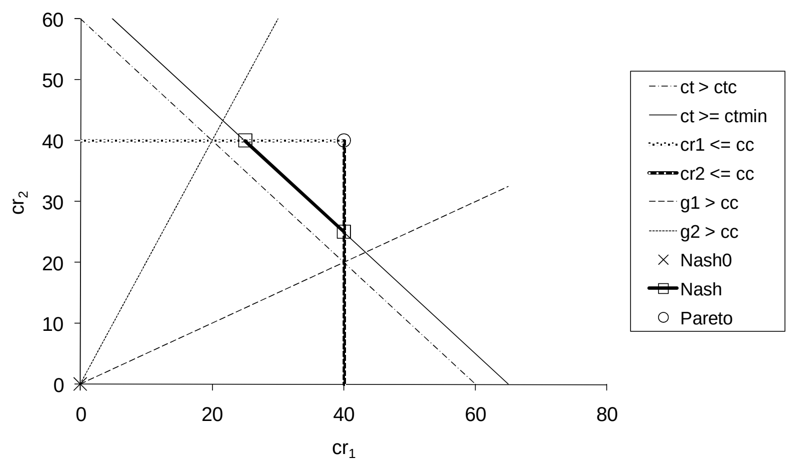

Fig. 1: Puntos de equilibrios para n = 2, f = 1.333, cc = 40 y $ctmin$ = 65 > ctc = 60.

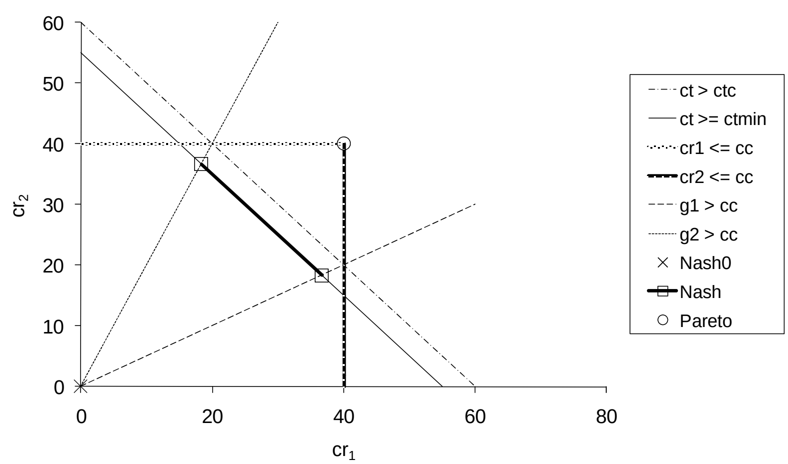

Fig. 2: Puntos de equilibrios para n = 2, f= 1.333, cc = 40 y $ctmin$ = 55 < ctc = 60.

TALLERES REALIZADOS

Hasta el presente, se llevaron a cabo cuatro talleres en la provincia de Jujuy (Argentina), uno con estudiantes universitarios, otro con personas del barrio Belgrano, otro con representantes de la ciudad de San Salvador de

Jujuy y otro en el pueblo de Bárcena. En todos los casos se obtuvieron resultados similares, por este motivo a continuación sólo se detallará lo ocurrido en el taller realizado en la ciudad de San Salvador de Jujuy.

Se tomó una muestra representativa de 20 personas, conformadas por estudiantes, empleados públicos, empleados privados, obreros, profesionales y tomadores de decisiones. El 50 % eran mujeres. La Tabla 1 presenta los valores de los parámetros del juego implementado, donde *Ronda* indica la cantidad de rondas que se jugaron por cada regla probada. Las reglas se probaron en el siguiente orden:

1. Juego original: Es el juego que se explicó en la sección anterior.
2. Inspección y multa: Se elige un jugador al azar, si su contribución es menor que *cc*, se aplica una multa.
3. Sin riesgo: Si la recaudación total es menor que *ctmin*, se devuelven los puntos aportados.
4. Comunicación: Los jugadores pueden comunicarse entre ellos con el fin de establecer acuerdos, se sugiere un aporte mínimo de *ctmin*/*n*. El aporte sugerido proviene del análisis del modelo matemático, y tiene como intención conducir el juego al estado realista y justo analizado en la sección anterior.

Es importante tener en cuenta el orden por dos motivos. En primer lugar, los efectos de la comunicación no pueden anularse en las siguientes rondas, por lo tanto esa debe ser la última alternativa a probar. En segundo lugar, cuando se analizan los resultados, se debe recordar que a medida que el juego se desarrolla, los jugadores por naturaleza tienden a dejar de aportar. Entonces, las reglas que se prueban al final, están sometidas a una situación más desfavorable. Lo ideal sería jugar más rondas durante la obtención de la línea base; pero dado que ello demanda más tiempo de los participantes, es una situación difícil de lograr.

Tabla 1: Valores para los parámetros del juego implementado en San Salvador de Jujuy (Argentina).

Parámetro	Valor
n	20
cc	4
f	2
ctmin = ctc	40
fp	1
rondas	3

La Figura 3 a la Figura 6 presentan los resultados obtenidos en las últimas rondas de las reglas probadas. Se considera que los valores de las últimas rondas son más representativos que los promedios porque los jugadores están más adaptados al escenario planteado. La Figura 3 presenta la evolución del índice de cooperación. Es de destacar que la amenaza de la multa no pudo evitar la natural disminución de los aportes. Más llamativa es la conducta de los jugadores cuando se elimina el riesgo del proyecto, la participación continúa en franco descenso y los puntos ganados por el grupo caen hasta alcanzar el nivel de un grupo egoísta (Figura 4).

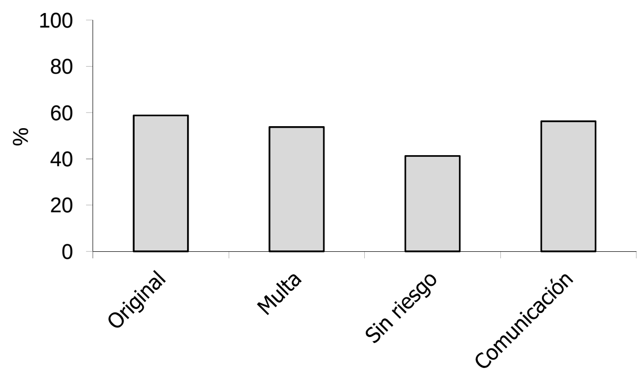

Fig. 3: Índices de cooperación en la última rondas de cada regla probada.

El histograma presentado en la Figura 5 muestra que el 35 % de los jugadores dejó de aportar. De acuerdo a lo comentado cuando se analizó el juego de bienes públicos, una vez que un jugador dejó de aportar, es muy difícil que aporte algo en las rondas siguientes. Sin embargo, aquí se destaca la eficiencia de la última regla probada: la comunicación. De acuerdo a la Figura 6, esta regla no sólo detiene la disminución de los aportes, sino que los eleva a un nivel por encima del nivel mínimo sugerido. Más aún, logra que los jugadores que habían dejado de aportar vuelvan a participar en el proyecto. Es de destacar que el 55 % de los jugadores cumple con el acuerdo de aportar el monto mínimo sugerido (40/20 = 2 puntos), mientras un 30 % aporta más de lo comprometido.

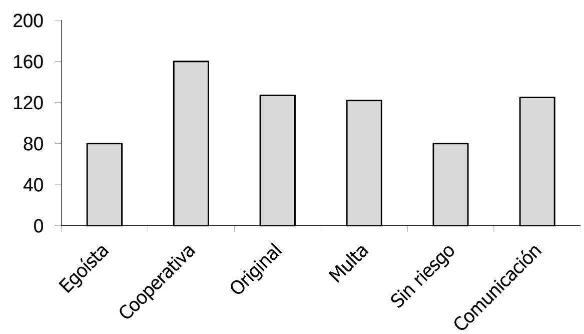

Fig. 4: Ganancias de la comunidad en la última ronda de cada regla probada.

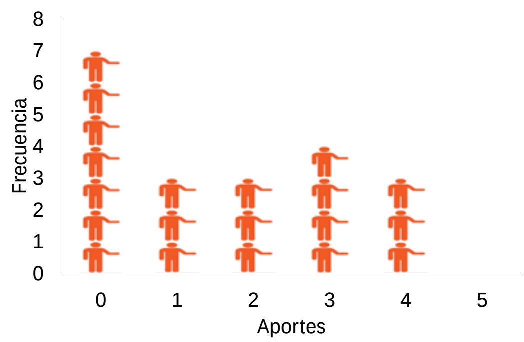

Fig. 5: Distribución de aportes en la última ronda de la prueba de la regla “sin riesgo”.

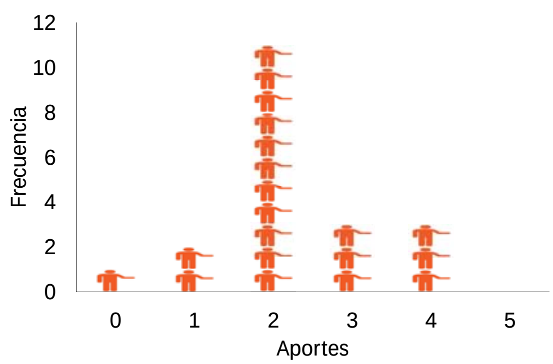

Fig. 6: Distribución de aportes en la última ronda de la prueba de la regla “comunicación”.

Durante la evaluación participativa de los talleres realizados, los participantes coincidieron en que el juego refleja la realidad. Algunos plantearon que disminuyeron sus aportes porque “les daba rabia ver que los otros no aportaban”. En cuanto a la multa, todos dijeron que creían que no les “iba a tocar”, incluso a los que les tocó una vez, pensaron que no les “iba a tocar nuevamente”. Cuando se les pidió que explicaran por qué no aumentaron sus aportes cuando se eliminó el riesgo del proyecto, algunos dijeron “siempre hay riesgo de que los políticos se queden con el dinero”, otros dijeron que “querían ganar más”. Al final, todos señalaron el poder de la comunicación y de los acuerdos. Algunos sugirieron que sería conveniente premiar de alguna forma a los individuos que siempre aportaron y que esa medida también sería efectiva en la ejecución de proyectos reales.

COMPETENCIA ENTRE GRUPOS

Una alternativa interesante se presenta cuando varios grupos juegan en paralelo compitiendo entre ellos para conseguir la realización de un proyecto. En este caso, se trata de modelar una situación donde varias comunidades compiten entre ellas para conseguir un bien público (por ejemplo un aeropuerto). Este bien es único, y sólo una de las comunidades podrá obtenerlo: aquella que más colabore; las restantes comunidades perderán los aportes realizados; en caso de empate, se realizará un sorteo. En esta nueva situación persiste el conflicto entre los intereses individuales y los comunitarios. Un individuo puede decidir colaborar para que su comunidad obtenga el bien público; pero ese individuo también puede decidir no aportar por ambición o por temor al riesgo, más aún sabiendo que ahora existe un riesgo adicional: que otra comunidad colabore más que la de él.

El juego interno que juega cada grupo es el mismo que se explicó anteriormente. Lo nuevo es que los grupos saben que sólo uno de ellos obtendrá el bien público, mientras que el resto perderá lo aportado. Durante el juego, cada jugador recibe sólo información sobre los aportes de su propio grupo, desconociendo cómo evoluciona la situación de los grupos competidores.

Como la cantidad requerida de jugadores es grande, y además es necesario mantener aislados a los grupos, se decidió llevar a cabo el juego empleando Internet. La implementación del sitio de Internet se realizó utilizando el lenguaje de programación PHP para crear las páginas dinámicas del juego. La Figura 7 muestra la página de inicio del sitio.

Fig. 7: Página inicial del juego por Internet.

El juego se organizó con la colaboración del centro de estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Jujuy (Argentina). Participaron 13 grupos de 20 jugadores cada uno. Los parámetros del juego de cada grupo fueron los ya presentados en la Tabla 1. Cada ronda duró un día, los jugadores podían hacer las jugadas en cualquier momento. Una característica propia del juego por Internet fue que los jugadores debían conectarse para jugar; pero tenían la opción de no hacerlo. Otra característica fue que nadie conocía quiénes eran sus compañeros de grupo. Toda la información que recibieron fue el aporte del grupo,las ganancias del grupo y el beneficio generado por el proyecto para cada jugador en cada ronda.

Se probaron dos reglas en el siguiente orden: "juego original" y "comunicación". En el primer caso, los jugadores no conocían a sus compañeros de grupo, no podían comunicarse entre ellos, y noconocían la evolución de los grupos competidores. En el segundo caso, se habilitó un foro por grupo para que los jugadores pudieran comunicarse exclusivamente con sus compañeros de grupo. Al igual que en los talleres realizados, se pretendía que los jugadores pudieran comunicarse entre ellos con el fin de establecer acuerdos, sugiriéndose un aporte mínimo de $ctmin/n$ para iniciar las negociaciones.

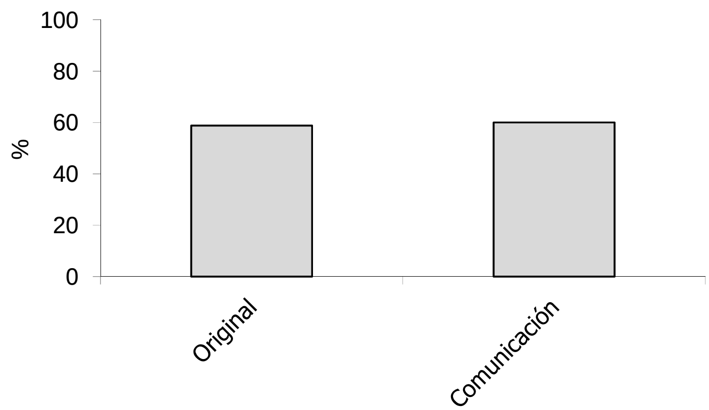

Fig. 8: Índices de cooperación del grupo ganador en la última ronda de cada regla probada.

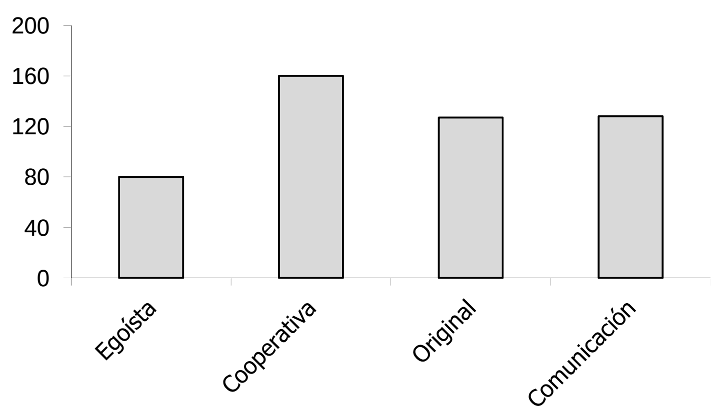

Fig. 9: Ganancias del grupo ganador en la última ronda de cada regla probada.

El grupo ganador obtuvo 129.67 puntos (se obtuvo promediando los puntos de todas las rondas), mientras que el grupo que menos puntos obtuvo alcanzó los 49.83. La Figura 8 a la Figura 11 presentan los resultados obtenidos por el grupo ganador en las últimas rondas de las dos reglas probadas. La Figura 8 y la Figura 9 presentan la evolución del índice de cooperación y la evolución de las ganancias del grupo ganador, respectivamente. Como puede apreciarse en dichas figuras, el nivel de cooperación del grupo ganador se mantuvo casi constante en 60 %. De la comparación de la Figura 10 (histograma del grupo ganador para la regla "juego original") con la Figura 11 (histograma del grupo ganador para la regla "comunicación") se aprecia un aumento en los aportes individuales pero una disminución en la cantidad de jugadores que aportaron. Para analizar estos resultados se debe tener en cuenta la disminución natural que presentan los aportes individuales en este tipo de juegos; a ello se suma además, como un nuevo elemento, la tendencia a no participar del juego (el jugador no se conecta para jugar). Por ejemplo, en la última ronda de la regla "juego original" participaron 18 jugadores de los 20 del grupo ganador (Figura 10), esto es una participación del 90 %; en cambio, en la última ronda de la regla "comunicación", participaron 15 jugadores (Figura 11), esto es el 75 %. La Figura 12 muestra la evolución de la participación tanto para el grupo ganador como para el que menos puntos obtuvo. En esas figuras se puede observar, para ambos grupos, la disminución normal de la participación; pero es notable en la ronda 5 el quiebre que se produjo en el grupo que menos puntos obtuvo. El quiebre observado tuvo lugar porque los jugadores de dicho grupo tomaron conciencia de la baja participación de sus compañeros. Hasta ese momento, no podían determinar si los aportes faltantes estaban causados por la no participación de algunos jugadores o por la poca generosidad de los jugadores que sí estaban jugando. La situación cambió cuando pudieron comunicarse (a partir de la ronda 4), en ese momento comenzaron las negociaciones, y los jugadores notaron que no todos estaban participando. La no participación de algunos jugadores quebró la moral de los jugadores que estaban participando porque entendieron que era imposible negociar y convencer a alguien que no participa; entonces, el grupo se dio por vencido, aún sin conocer cómo era la situación de los grupos competidores.

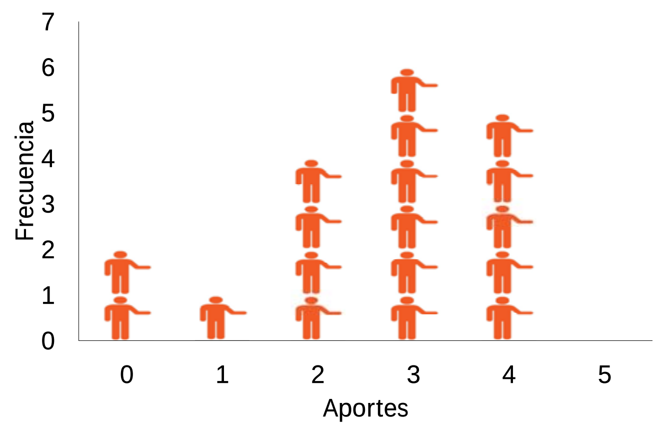

Fig. 10: Distribución de aportes en el grupo ganador en la última ronda de la prueba de la regla "juego original".

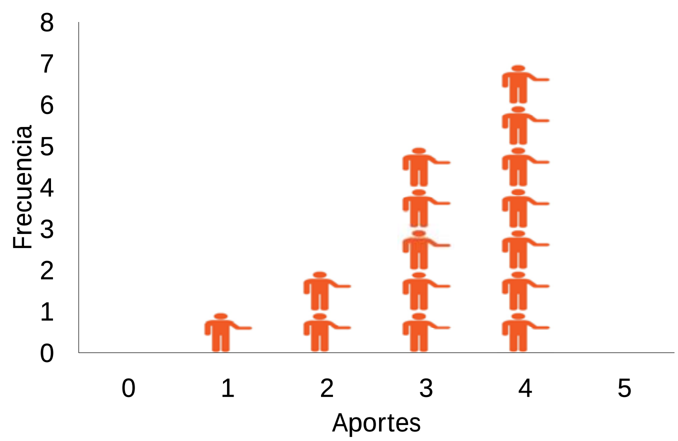

Fig. 11: Distribución de aportes en la última ronda de la prueba de la regla "comunicación".

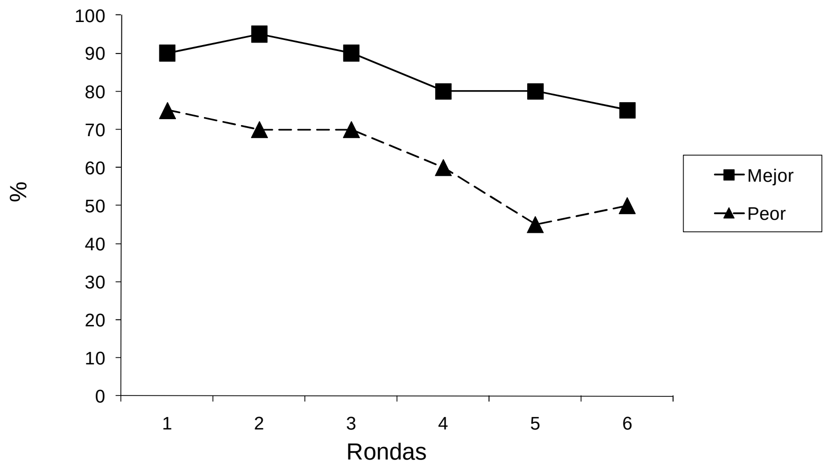

Fig. 12: Distribución de aportes en la última ronda de la prueba de la regla “comunicación”.

CONCLUSIONES

En este trabajo se presentó un método destinado a generar y comunicar políticas públicas adecuadas de gestión, empleando como caso de estudio la gestión de bienes públicos. Para ello se desarrollóun nuevo juego de bienes públicos. El método presentado involucra las siguientes etapas: 1) el diseño de un juego en base al modelo matemático del proyecto de interés, 2) el estudio del modelo matemático a fin de proponer las mejores políticas de gobierno, 3) la realización de talleres en la comunidad de interés para identificar cuáles de las políticas seleccionadas en la etapa anterior son realmente las más efectivas en dicha comunidad.

Los talleres realizados demostraron las bondades del método presentado. De todas las reglas probadas, la más eficaz fue la regla de la comunicación combinada con una sugerencia para plantear acuerdos. El punto de partida para el acuerdo se logró del estudio del modelo matemático del juego. Todos los participantes coincidieron en afirmar que el juego refleja la realidad y que la comunicación es la mejor alternativa.

Se estudió también una variante que hace competir grupos entre ellos. La gran cantidad de jugadores que requirió esta variante pudo ser manejada implementando el juego en Internet. En esa oportunidad, fue notable el efecto desalentador que tuvo la no participación de algunos jugadores sobre la conducta de sus compañeros de grupo, haciendo que a pesar de no conocer la situación de los grupos competidores, prevaleciera el pesimismo, y se dieran por vencidos antes de estarlo realmente.

AGRADECIMIENTOS

Al gobierno de la provincia de Jujuy (Argentina), a CONDESAN (Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina), a CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina) y a la Agencia Nacional de Promoción Científica y Técnica (Argentina) por el apoyo brindado a esta investigación.

REFERENCIAS

Archetti, M. (2011); *A strategy to increase cooperation in the volunteer’s dilemma: reducing vigilance improves alarm calls*. Evolution: 65, 885-892.

Cárdenas, J.C.; Ramos, P.A. (2006); Manual de juegos económicos para el análisis del uso colectivo de los recursos naturales. Centro Internacional de la Papa (CIP), Lima, Perú, pp. 85-120.

Cason, T.N.; Saijo, T.; Yamato, T. (2002); *Voluntary Participation and Spite in Public Good Provision Experiments: An International Comparison*. Experimental Economics: 5, 133-153.

Creel, S. (1997); *Cooperative hunting and group size: assumptions and currencies*. Anim. Behav.: 54, 1319-1324.

Frank, S. (2010); *A general model of public goods dilemma*. J. Evol. Biol.: 23, 1245-1250.

Friberg, U.; Rice, W.R. (2008); *Cutthyneighbor: cyclic birth and death of recombination hotspots via genetic conflict*. Genetics: 179, 2229-2238.

Gibbons, R. (1992); Game Theory for Applied Economists. Princeton University Press, Princeton, pp. 1-54.

Ledyard, J. (1995); Public Goods: A Survey of Experimental Research, en The Handbook of experimental Economics, Kagel J., Roth A. (editores), Princeton University Press, Princeton, pp. 111-194.

Marwell, G.; Ames, R.E. (1979); *Experiments on the Provision of the Public Goods. I: Resources, Interest, Group Size, and the Free-Rider Problem*. American Journal of Sociology: 84, 1335-1360.

Myatt, D.P.; Wallace, C. (2009); *Evolution, teamwork and collective action: Production targets in the private provision of public goods*. Econ. J.: 119, 61-90.

Myerson, R.B. (1991); Game Theory: Analysis of Conflict. Harvard University Press, Cambridge, pp. 1-87.