



## UNA HERRAMIENTA DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA DE LA TEORÍA DE JUEGOS MEDIANTE INTERNET

José A. Pascual [pascual@eis.uva.es](mailto:pascual@eis.uva.es) ; Universidad de Valladolid

José M. Galán [jmgalan@ubu.es](mailto:jmgalan@ubu.es) ; Universidad de Burgos

Luis R. Izquierdo; [lrizquierdo@ubu.es](mailto:lrizquierdo@ubu.es) ; Universidad de Burgos

José I. Santos [jisantos@ubu.es](mailto:jisantos@ubu.es) ; Universidad de Burgos

Segismundo S. Izquierdo [segis@eis.uva.es](mailto:segis@eis.uva.es) ; Universidad de Valladolid

Javier González Tapia [soytapia@hotmail.com](mailto:soytapia@hotmail.com); Universidad de Valladolid

### RESUMEN:

Este trabajo presenta una herramienta didáctica diseñada para facilitar la realización de prácticas participativas con alumnos vía Internet. La herramienta se centra en el aprendizaje de conceptos y problemas propios de las interacciones sociales.

El programa desarrollado se ofrece gratuitamente a la comunidad académica en la dirección [http://www.insisoc.org/tragedia\\_de\\_los\\_comunes.html](http://www.insisoc.org/tragedia_de_los_comunes.html).

El artículo describe el programa informático y discute la utilidad de este tipo de herramientas participativas para la enseñanza, y en particular para el estudio de situaciones en las que los resultados para un individuo (alumno) dependen no sólo de sus decisiones, sino también de las decisiones del resto de individuos con los que interactúa.

### PALABRAS CLAVE:

Software Didáctico, Internet, Actividades en el Aula, Teoría de Juegos.

### ABSTRACT:

This paper presents a computer program designed to conduct classroom experiments through the Internet. The program is aimed to facilitate the teaching of several concepts and issues that are characteristic of various social interactions.

The computer program is freely available at [http://www.insisoc.org/tragedia\\_de\\_los\\_comunes.html](http://www.insisoc.org/tragedia_de_los_comunes.html).

The paper describes the computer program and discusses the usefulness of this kind of participative tools for learning, focusing particularly on those cases in which the results for a player (student) depend not only on their own decisions, but also on the decisions of the other students.

### KEYWORDS:

Classroom toolkit, Internet, Participatory experiments, Game Theory.



## INTRODUCCIÓN Y MOTIVACIÓN

*“Enseñar no es transmitir ideas a otro sino favorecer que el otro las descubra”*

Ortega y Gasset

El trabajo que aquí presentamos describe una herramienta didáctica que utiliza las nuevas tecnologías de la información y comunicación, en particular Internet, como apoyo y complemento a la docencia de la Teoría de Juegos en Economía Industrial y de la Empresa. Además la herramienta permite ser utilizada en un rango más amplio de enseñanzas y disciplinas que van desde secundaria hasta estudios de doctorado.

La palabra “juego” en Teoría de Juegos no se utiliza en su acepción de “actividad lúdica”, sino como un modelo de una interacción social en el que las decisiones de unos individuos influyen en los resultados obtenidos por los otros<sup>1</sup>. En este sentido, un ejemplo particular de juego sería una subasta a sobre cerrado.

En concreto, el laboratorio que hemos desarrollado nos permite experimentar con dos juegos clásicos en la Teoría de Juegos: el Dilema del Prisionero y la Tragedia de los Comunes.

La Teoría de Juegos es una rama de las matemáticas que analiza situaciones estratégicas interdependientes. Un juego en esta disciplina se caracteriza por un conjunto de jugadores, un conjunto de estrategias disponibles para cada jugador y unos resultados posibles para cada jugador; estos resultados individuales dependen de la estrategia propia del jugador en cuestión y de las estrategias jugadas por el resto de jugadores. Esta forma de abstraer las interacciones sociales resulta muy útil en diferentes campos científicos, *e.g.* Economía (Vega-Redondo, 2003), Biología (Maynard Smith, 1982), Cooperación (Axelrod, 1984), etc. En particular, resulta útil como herramienta para explicar la toma de decisiones en la asignatura Economía Industrial y de la Empresa del programa de Ingeniería Industrial de la Universidad de Valladolid.

Este trabajo se enmarca en la aplicación de las nuevas tecnologías de la información y la experimentación a la docencia de la Economía (Galán et al., 2007; Izquierdo et al., 2007; Santos et al., 2005), y está motivado fundamentalmente por las siguientes razones:

En primer lugar, somos conscientes de la falta de motivación existente entre buena parte de estudiantes hacia las asignaturas de carácter básico o general, como es el caso de la Economía Industrial y de la Empresa en las titulaciones de Ingeniería. Esta asignatura es percibida con frecuencia como poco útil para la especialización elegida por el estudiante, lo que conduce a la desmotivación del alumno. Un primer objetivo de este trabajo es introducir la experimentación en el aula como metodología para motivar al alumno (Bergstrom and Miller, 1997; Wells, 1991).

Proponemos el binomio participación-Internet como mecanismo para introducir la experimentalidad en el aula. Nuestros alumnos actuales forman parte de lo que se ha denominado “generación Internet” o “generación de las Tecnologías”. Ofrecerles la posibilidad de combinar el

---

<sup>1</sup> De hecho, algunos autores consideran que un nombre más adecuado para la Teoría de Juegos debería ser “la teoría de decisión interdependiente” (Colman, 1995)



estudio teórico con el uso de este tipo de herramientas tecnológicas nos pareció una buena forma de aumentar su interés.

En segundo lugar, las asignaturas de Economía en Ingeniería son generalmente impartidas con alto grado de abstracción en los primeros cursos de enseñanza universitaria. En estos cursos es frecuente observar que los alumnos todavía no han desarrollado plenamente la capacidad transversal de modelado abstracto de situaciones reales. Esta situación conduce a la percepción de la asignatura como un conjunto de teorías difícilmente aplicables y por tanto poco útiles. (Lo cual a su vez, redundando de nuevo en la desmotivación.) Con la herramienta propuesta en este trabajo pretendemos reducir la brecha entre aplicación y abstracción mediante una actividad experimental en el aula.

En tercer lugar, en el contexto del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), consideramos que la herramienta propuesta supone una ayuda para la adaptación de las asignaturas que tienen como competencia específica a desarrollar la toma de decisiones estratégicas. Uno de los objetivos para los docentes que más explícitamente se subraya en el nuevo marco es el de no sólo enseñar, sino también enseñar a aprender. Compartimos la idea de la necesidad de adoptar diferentes metodologías docentes que generen mayor motivación (Arquero and Jiménez, 1999) dado que el proceso de enseñanza-aprendizaje favorece la adquisición de conocimiento, la actitud crítica y el pensamiento creativo.

Dado el nuevo rol del docente universitario en el nuevo marco de enseñanza, pensamos que puede ser útil retomar la doctrina clásica de Aristóteles que enfatiza el aprendizaje mediante la acción. Se trata de conseguir que el alumno aprenda inicialmente desde la práctica y desde sus propias hipótesis mediante la participación y la interacción en los experimentos. Además, “aprender haciendo” tiene el beneficio adicional de que favorece la memoria a largo plazo (Sousa, 2001).

Y por último, consideramos que la Economía, como disciplina científica, no está exenta de aspectos de naturaleza empírica-experimental (Eckel, 2004; Fatás and Roig, 2004; Galán et al., 2007; Kagel and Roth, 1995). Difícilmente podemos hacer ver a nuestros alumnos este aspecto si no incluimos la práctica y la experimentación en nuestras clases docentes.

En este sentido, el Laboratorio de Teoría de Juegos vía Internet se revela como un método docente de especial importancia. Nos permite relacionar la teoría con la práctica, mediante una herramienta tecnológica que motiva, atrae y acerca a los alumnos a la realidad. Además gracias a estas actividades, los alumnos pueden tomar decisiones, interactuar y observar sus resultados, favoreciendo el aprendizaje.

Este artículo ha sido estructurado de la siguiente manera: inicialmente comentamos brevemente los orígenes de la Economía Experimental y de la Teoría de Juegos, por ser las disciplinas metodológicas sobre las que se asienta nuestro Laboratorio de Teoría de Juegos. Posteriormente justificamos el uso tanto de los experimentos en el aula como de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs) a la hora de enseñar Economía. A continuación describimos la herramienta desarrollada, el Laboratorio de Teoría de Juegos, y su modo de empleo en una práctica típica en el aula. Posteriormente planteamos situaciones reales clásicas y conceptos que pueden ser explicados con ayuda de la herramienta en otros contextos educacionales diferentes, como las cuotas productivas, los cupos pesqueros, el uso de los prados comunales, la contaminación, el tráfico (los atascos), y el efecto invernadero. Por último recogemos algunos de los resultados que consideramos más relevantes.



## **ECONOMÍA EXPERIMENTAL Y TEORÍA DE JUEGOS**

El Laboratorio de Teoría de Juegos tiene sus bases asentadas sobre dos disciplinas Económicas, hasta hace unos años ampliamente controvertidas, como son la Economía Experimental y la Teoría de Juegos.

La Economía Experimental estudia diferentes fenómenos económicos probándolos con gente real en condiciones controladas (un laboratorio) (Kagel and Roth, 1995). La Teoría de Juegos, por su parte se basa en el estudio del comportamiento de los individuos en interacciones sociales.

El desarrollo de la Economía Experimental es prácticamente contemporáneo con la Teoría de Juegos. De hecho, muchos investigadores en Economía Experimental son también reconocidos por sus trabajos en Teoría de Juegos. A fin de cuentas, el objeto de estudio de la Teoría de Juegos es la interacción estratégica, y precisamente lo que nos permite un experimento es poder observar cómo los sujetos interactúan dentro de entornos estratégicos controlados.

Previo al desarrollo de la Economía Experimental, los economistas rara vez llevaban a cabo experimentos de laboratorio encaminados a comprobar o rebatir sus teorías. Su objetivo era la elaboración de teorías de comportamiento de los agentes económicos basándose en el estudio de datos de campo y en análisis estadísticos o teórico-deductivos.

Esta aproximación cambió, pudiéndose atribuir sus orígenes<sup>2</sup> a los experimentos desarrollados por L. L. Thurstone (1931), aunque no fue hasta mediados del siglo pasado, cuando Vernon L. Smith formalizó una serie de técnicas de laboratorio para el estudio de la toma de decisiones.

Por su parte puede considerarse que la Teoría de Juegos comienza en 1944 con la publicación del libro "Theory of Games and Economic Behaviour", por Von Neumann y Morgenstern (1944).

Actualmente tanto la Economía Experimental como la Teoría de Juegos son reconocidas como aproximaciones científicas sólidas y bien fundamentadas para el análisis de numerosos problemas en Economía.

Este hecho se ha visto reforzado por la concesión de varios de los últimos premios Nobel en Ciencias Económicas: En 2005 a Robert Aumann y Thomas Schelling (uno de los precursores de la aplicación de los experimentos económicos en microeconomía), por sus trabajos sobre las estrategias en situaciones de conflicto y las ventajas de la cooperación frente a la confrontación en el marco de la Teoría de Juegos. En 2002 a Daniel Kahneman y Vernon L. Smith por haber establecido los experimentos de laboratorio como herramienta en el análisis económico empírico, especialmente en el estudio de mecanismos alternativos de mercado, y en 1994 a John Forbes Nash Jr, Reinhard Selten y John Harsanyi por su análisis fundamental del equilibrio en la teoría de juegos no cooperativos.

### **LAS TICS Y LAS ACTIVIDADES EXPERIMENTALES EN LA DOCENCIA EN ECONOMÍA.**

El uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TICs) en la educación nos ofrece como docentes una amplia gama de posibilidades para innovar en los patrones tradicionales de aprendizaje (Area, 2005; Blok et al., 2002; Collis, 1998; Ezziene, 2007). Debemos explorar las posibilidades que las nuevas tecnologías nos ofrecen a la hora de plantear nuevas formas de aprender.

---

<sup>2</sup> Algunos autores, entre los que podemos encontrar a Kagel, J. y Roth, A. (1995) consideran que fue en 1738 cuando tuvo lugar el primer experimento económico, el desarrollado por Daniel Bernoulli. Pero fue el experimento de Thurstone el primero desarrollado de acuerdo a normas y pautas similares a las que se emplean en la actualidad



Tanto la presencia de las TICs en todos los campos de la educación (Anderson, 2002; Coll et al., 2008, Castañeda 2009) como el atractivo que tienen para los jóvenes estudiantes es indudable. Por ello, las TICs nos proporcionan una forma de atraer y motivar al alumnado, y nos permiten fomentar nuevas vías de comunicación que van más allá de la tradicional transmisión de conocimientos unidireccional del profesor al alumno. Las TICs nos permiten organizar actividades docentes en las que la comunicación fluye también de manera horizontal e interactiva entre los participantes en el proceso de aprendizaje, lo cual favorece la formación colectiva de conocimientos y habilidades.

Además no podemos separar la docencia de la realidad socio-económica y empresarial en la que nuestros alumnos desarrollarán su actividad profesional. El ordenador es una herramienta imprescindible prácticamente en todos los campos, de manera que es conveniente integrarlo dentro de nuestras clases. Para que esto no se quede en un mero propósito, debemos adaptar no sólo los contenidos formales de nuestras asignaturas de Economía de la Empresa e Industrial, sino también la forma en que dichos contenidos van a ser transmitidos a los alumnos.

La máxima de Darwin es especialmente aplicable en este contexto: dado que en el mundo en que nos movemos se encuentra en continuo cambio y transformación: "no sobreviven los más fuertes, sino los que mejor se adaptan a la dinámica". De modo que llevándolo a nuestro campo, la educación, los que sobreviven son aquellos que aprenden a cambiar.

El objetivo de la realización de experimentos en el aula de Economía es claro: desarrollar una actividad participativa-académica que refleje un contexto que involucre situaciones similares a las que se pueden encontrar en el mundo real y en las cuales los estudiantes puedan comprender las interrelaciones existentes entre los diferentes agentes que intervienen en una decisión.

La experimentación como metodología pedagógica permite a los alumnos el desarrollo de oportunidades de aprendizaje que se apartan completamente del modelo pedagógico basado en memorizar, que tanto les aburre. Diferentes investigadores han respaldado la mayor eficiencia de la enseñanza de la Economía mediante una metodología basada en la experimentación, frente a la clase magistral propia de la metodología tradicional (Dickie, 2006; Emerson and Taylor, 2004; Frank, 1997).

Para muchos estudiantes, los principios y conceptos económicos resultan abstractos y contraintuitivos, pues en algunos casos requieren un nivel de abstracción y simplificación del mundo real que escapa a sus capacidades. Ese nivel de simplificación es lo que en ocasiones no les permite identificar los modelos presentados con sus referentes en el mundo real. Según Frank (1997) los experimentos proporcionan al alumno el nexo de unión entre los modelos económicos teóricos y los fenómenos reales.

En el caso de la Teoría de Juegos, los alumnos en muchos casos llegan a comprender la matemática, pero en ocasiones se les escapa su aplicación y la importancia que tiene en la resolución de conflictos reales y dilemas sociales que se encuentran presentes en numerosos fenómenos cotidianos. De manera que las actividades experimentales, por su forma heurística de proporcionar aprendizaje, tienen un valor marginal significativo puesto que ayudan a tomar conciencia a los alumnos que intervienen de la importancia del análisis de procesos de competencia o cooperación.

La participación en el experimento proporciona a los alumnos la oportunidad de observar cómo su propio comportamiento, sin ningún conocimiento previo sobre la teoría, reproduce los resultados teóricos que se les explican tras la realización de la actividad. Esto les permite comprender más



rápidamente los principios económicos y entender cómo las reglas afectan al comportamiento de los individuos.

La docencia mediante la realización de experimentos en Economía, presenta una serie de ventajas, con respecto a la docencia tradicional:

- El objeto de la clase pasa a ser la experimentación: los alumnos aprenden de su propia experiencia, sustituyendo así a la lección magistral. El docente, bien durante el desarrollo de la actividad o posteriormente en una sesión de conclusiones (discusión de resultados) y explicación, será el responsable de enfatizar los aspectos más significativos de la práctica.
- La expectativa que suscita la actividad experimental, en cuanto a libertad de actuación y la toma de decisiones propia, refuerza el aspecto motivador. El desarrollo de la actividad provoca en los alumnos una presión que podría asemejarse a la que ejercen algunas situaciones cotidianas en las que hay que tomar decisiones, convirtiéndose de este modo en receptores activos.
- El desarrollo en grupo fomenta la discusión, la defensa de argumentos y el acercamiento entre posturas contrapuestas. Además, abre un nuevo proceso de adquisición de conocimientos, anidando lo que uno sabe con lo nuevo que está aprendiendo. Este aprendizaje será reforzado por el docente, orientando la discusión de forma adecuada.
- Existe menos autoridad cuando el aprendizaje procede de la experimentación que cuando lo hace un experto en la materia, pero lo aprendido se interioriza mejor cuando se produce una participación activa. Además, el uso de esta metodología se refuerza si la participación activa y la dimensión competitiva son capaces de provocar que la experiencia se fije en la memoria emocional. De esta manera se consigue una experiencia más intensa, que se fijará en la memoria a largo plazo con mayor probabilidad (Sousa, 2001).

Hemos destacado algunas de las ventajas tanto de las nuevas tecnologías como de la metodología experimental, pero es cierto que también existen algunos aspectos negativos.

En primer lugar no podemos olvidar que en el caso de la informática, el acceso a Internet, etc. la curiosidad y el entusiasmo propio de la mayoría de los alumnos no excluye que algunos otros puedan presentar cierto rechazo, reticencia o temor hacia estas tecnologías. En muchos casos este rechazo está asociado a malas experiencias pasadas: pérdida "inexplicable" de un documento tras numerosas horas de trabajo, sensación de tiempo perdido, existencia de problemas técnicos que impiden seguir avanzando, etc.

En segundo lugar, este tipo de experimentos presentan una serie de limitaciones prácticas como son:

- Es necesario estar dotado de una infraestructura acorde al experimento a desarrollar, tanto a nivel espacial como de equipos experimentales. Esto puede limitar las opciones de experimentos a realizar en algunos casos. En nuestro caso este problema se ve limitado por la posibilidad de realizar la actividad a través de Internet.
- Es difícil dar seguimiento a grupos grandes (más de 25 alumnos).
- Puede ser difícil evaluar la participación en el trabajo.

Pero a pesar de estos inconvenientes pensamos que el alumno, a través del experimento y de la reflexión que requiere su participación en el mismo, enriquece su conocimiento y fortalece sus habilidades.



Por lo tanto entendemos que, en el contexto de la Teoría de Juegos, el paso de la metodología tradicional de enseñanza, basada en la memorización y el simple análisis teórico por parte del estudiante, hacia esta nueva metodología, basada en la experimentación (Holt, 1999) y el juego de simulación, es muy acertado. La memorización del concepto se ve reemplazada por la interiorización del mismo, posibilitando así su posterior aplicación, estructurando el conocimiento, y logrando también despertar el interés y la motivación por el tema.

## PRÁCTICA: LA TRAGEDIA DE LOS COMUNES CON NETLOGO

El programa desarrollado se encuentra disponible en la dirección mostrada [http://www.insisoc.org/tragedia\\_de\\_los\\_comunes.html](http://www.insisoc.org/tragedia_de_los_comunes.html) y el mismo se ofrece a toda la comunidad académica para su libre utilización bajo licencia GPL. En la misma dirección se encuentra también un manual de utilización.

### 1. Introducción.

La herramienta que proponemos en este artículo permite realizar actividades experimentales en el aula, habitualmente previas al desarrollo del tema teórico, donde los alumnos participan en el juego de la Tragedia de los Comunes con el resto de sus compañeros de clase a través de una plataforma online.

El objetivo de la práctica en el caso de aplicación a la asignatura de Economía de la Empresa e Industrial es demostrar la dificultad de llegar a una solución eficiente en sentido de Pareto y justificar como posible solución al dilema social la intervención del estado para regular el sistema<sup>3</sup>. El objetivo del juego es múltiple:

- Conseguir introducir a los estudiantes directamente en el contexto del problema y que se planteen por sí mismos las preguntas claves de los fenómenos económicos.
- Facilitar la comprensión de varios de los conceptos que posteriormente se desarrollarán en el tema.
- Conseguir que el alumno experimente, analice, tome decisiones, pruebe estrategias, y sea capaz de comprender de forma intuitiva el principio general que explica el fenómeno, la dimensión individual parcial y el efecto de interdependencia que existe en el resultado de las estrategias de todos los jugadores.
- Reforzar la dimensión participativa que tienen este tipo de actividades docentes y despertar el interés en los contenidos completos que posteriormente se desarrollarán en el tema.
- Agilizar el proceso de interacción, comunicación y posterior análisis del juego mediante la utilización de software didáctico.

El experimento utiliza como plataforma de comunicación Internet, red mediante la cual los diferentes alumnos se conectan a un ordenador central manejado por el tutor de la práctica.

Cada alumno dispondrá de un sistema de decisión propio, de información sobre sus resultados, tendrá el objetivo individual de obtener el máximo beneficio mediante sus decisiones.

---

<sup>3</sup> Como veremos más adelante en el artículo, dado el nivel de abstracción del problema planteado es posible utilizar la misma herramienta para simular múltiples contextos diferentes



Los resultados de cada decisión se almacenan y se presentan gráficamente a los alumnos de forma que todos puedan observar el comportamiento del mercado y la repercusión de sus propias acciones en el mismo.

## 2. La tragedia de los comunes.

El juego que proponemos es isomorfo estratégicamente a la Tragedia de los Comunes propuesta por Hardin (1968), aunque no es exactamente igual que éste. En el juego que planteamos cada jugador  $i$  (del conjunto de  $N$  jugadores) dispone de una cantidad inicial de un bien  $[Q_i]$  y parte de ella  $[q_i]$  se puede poner de forma anónima en un fondo común a todos los participantes.

El dinero invertido en ese fondo es  $[\sum_{i=1}^N q_i]$  es multiplicado por un factor  $[\lambda]$  mayor que uno y devuelto a los participantes del juego en cantidades iguales  $[\lambda * \sum_{i=1}^N q_i / N]$ . El objetivo de cada jugador es enriquecerse tanto como pueda y su riqueza tras una jugada será:  $(Q_i - q_i) + [\lambda * \sum_{i=1}^N q_i / N]$ .

En este juego cada jugador individual se enfrenta a la decisión de cuánto dinero poner en el fondo común, es decir, cuánto contribuir al bien común. Es en este punto donde surge el dilema social: desde un punto de vista individual resulta mejor para sus objetivos de enriquecimiento, dado cualquier conjunto de decisiones de los otros jugadores, no contribuir al fondo común, y enriquecerse del esfuerzo inversor del resto de participantes. En cambio, desde el punto de vista colectivo, todos los jugadores prefieren la situación en la que todos contribuyen a la situación a la que nadie lo hace.

De este modo el juego no es más que el clásico Dilema del Prisionero (Kollock, 1998) pero generalizado a la participación de  $N$  jugadores, en lugar de dos. El único equilibrio de Nash (situación de equilibrio en la que ningún jugador tiene incentivos para unilateralmente cambiar su estrategia) es que todos los jugadores no pongan nada de dinero al fondo, sin embargo esa solución no es eficiente en sentido de Pareto (situación en la cual no es posible que ningún jugador obtenga mejor puntuación sin perjudicar a otros) puesto que si todos pusiesen su recurso obtendrían unos beneficios multiplicados por un factor mayor que uno y consecuentemente crecientes.

Este modelo, por lo tanto, resulta útil para explicar los problemas de la gestión descentralizada de bienes o recursos comunes, como puedan ser los campos de cultivo comunes o los bancos de pesca.

El modelo es además aplicable a otros muchos campos, por ejemplo la contaminación. Los cálculos de los beneficios son muy semejantes a los antes mencionados. El problema reside en que las personas que actúan según intereses propios experimentan beneficios inmediatos e individuales a raíz de estas acciones, mientras que las pérdidas son colectivas y a menudo no se experimentan de forma inmediata.

La utilización de un gran coche (con un mayor consumo de gasolina y por tanto mayores emisiones) reporta comodidad, seguridad, prestigio, etc. de forma inmediata pero las consecuencias asociadas a su contaminación, el cambio climático (elevación del nivel del mar, intensificación de precipitaciones, tornados, etc.) tardarán décadas en sentirse (o eso esperamos) y además de nada sirve mi concienciación individual si no está coordinada con el resto de la población: el planeta se contaminará prácticamente igual si un solo individuo y de forma aislada en el mundo decide utilizar dispositivos más respetuosos con el medio ambiente.





El pago (o la evasión) de impuestos es otro ejemplo. En términos generales, el modelo resulta útil para estudiar cualquier problema económico en el que existan incentivos individuales para comportarse de una manera que lleva a situaciones socialmente ineficientes.

### **3. Preparación del la actividad práctica.**

Para poder llevar a cabo la práctica necesitamos un aula con ordenadores con conexión a Internet que tengan instalados un navegador y la versión del software NetLogo 3.1.5 o superior (con la versión de Java integrada)<sup>4</sup>.

En cuanto a los requisitos técnicos de los ordenadores para poder ser utilizados con el juego es suficiente con 64MB de memoria RAM y al menos de 150MB de espacio libre en el disco duro. Además se puede ejecutar en ordenadores con diferentes sistemas operativos.

El número máximo de puestos que pueden participar de forma simultánea en el juego es de 25.

No todos los ordenadores desempeñan el mismo rol en el juego, uno de ellos (típicamente el que controla el profesor de la asignatura) coordina el juego de los alumnos, define los parámetros del juego, calcula los resultados (beneficio de cada jugada y jugador) y se encarga de forma transparente de la sincronización de envío de mensajes. Este ordenador diremos que actúa como servidor. Los otros son manejados por los alumnos participantes.

Los detalles referentes a la configuración de la aplicación y el desarrollo de los experimentos se encuentra accesible en la página [http://www.insisoc.org/tragedia\\_de\\_los\\_comunes.html](http://www.insisoc.org/tragedia_de_los_comunes.html), donde también se encuentra libremente disponible el programa desarrollado bajo licencia GPL.

En dicha dirección se observa que la configuración de la actividad ha sido dividida en dos partes diferenciadas, por un lado el rol del profesor configurando la práctica en su ordenador que actuará como servidor y por otra el rol de los alumnos jugando la partida en sus ordenadores que actuarán como clientes.

### **4. Discusión de la práctica.**

Una vez realizada la práctica, y tras una breve explicación teórica, se plantea al alumnado una discusión en la que proporciones diferentes ejemplos o problemas de la vida real que puedan corresponderse con el modelo estudiado de la Tragedia de los Comunes. De forma más o menos dirigida, en la discusión surgen aspectos como los cupos pesqueros, el uso de los prados comunales, la contaminación, el tráfico (los atascos), el efecto invernadero, etc. De este modo los alumnos se dan cuenta de que el modelo es aplicable a numerosos casos de la vida real.

La vida se encuentra repleta de situaciones de interacción social en las que el resultado final depende de la combinación de estrategias de los participantes. Nos encontramos con ejemplos en diferentes ámbitos: campañas políticas, competiciones deportivas, campañas de marketing, juegos de mesa (cartas, etc.), etc.

Una buena forma de dirigir el debate puede ser plantear a los alumnos el marco que propuso Hardin: una población rural en la las familias viven de la venta de ganado en el mercado. Cada familia posee una determinada cantidad de ganado, pero los pastos en los que este ganado se alimenta son comunes a toda la población.

Cada familia, como agente económico racional, intentará maximizar su beneficio, ganancia o rentabilidad, como queramos llamarlo. Dado que el beneficio lo obtiene de la venta del ganado y

---

<sup>4</sup> Este software se puede obtener de forma gratuita en la página web <http://ccl.northwestern.edu/netlogo>



el coste de los pastos es independiente del número de cabezas de ganado que posea se da cuenta que para aumentar el beneficio debe aumentar las cabezas de ganado.

Si analizamos un poco más este comportamiento, observamos que se produce un efecto compuesto. Por un lado tenemos que para la familia que adquiere una cabeza de ganado más, y dado la relación entre beneficio y venta, la utilidad de esta acción es positiva (+1 por la venta de una unidad más). Por el contrario, dado que el aumento de cabezas de ganado provocará en algún momento sobrepastoreo en los pastos, se generará una utilidad negativa pero que en este caso es compartida por todas las familias llegándole a la familia que decidió aumentar su cabaña sólo una fracción de esa utilidad negativa

De este modo, cuando el pastor racional suma todas las utilidades parciales, se da cuenta que la mejor decisión para su familia es aumentar su rebaño en una unidad, y otro más.... El problema o la tragedia surge del hecho de que a esta decisión llegan todas las familias. Cada pastor se encuentra inmerso en un sistema que le obliga a aumentar su número de cabezas de ganado de una forma ilimitada, pero los recursos para alimentar al ganado son limitados, provocando su agotamiento. Ante esta situación, la búsqueda de la prosperidad individual conduce a la ruina.

En este ejemplo, se desprende que el libre uso de los bienes comunes puede conducir a situaciones catastróficas o trágicas. La causa es la falta de incentivos para las familias para proteger o controlar el uso de esos pastos y así evitar que se agoten por el uso excesivo.

El marco propuesto por Hardin es aplicable también a bienes públicos, además de recursos comunes (por ejemplo recursos naturales de propiedad común o la extinción de determinadas especies). A los participantes, agentes supuestamente racionales que pretenden maximizar su beneficio individual, se les presentan dos posibles alternativas de elección: Participar en el mantenimiento/control de los recursos comunes o No participar.

De acuerdo con lo anterior, se revela que el orden de preferencias de los participantes es:

1. Yo no participo, que se encarguen los demás.
2. Que todos participemos.
3. Que ninguno participemos.
4. Que yo participe y los demás no.

## **EXPERIENCIAS OBTENIDAS.**

Los resultados que extraemos de esta experiencia pueden enfocarse desde dos puntos de vista, el primero sería los resultados meramente experimentales en los que buscamos contrastar los resultados de los experimentos con los postulados de la teoría. El segundo punto de vista sería con respecto a los resultados de la experiencia, tanto para los alumnos como para nosotros mismos, en el ámbito de los objetivos propuestos al comienzo de su desarrollo: hacer las asignaturas de Economía más atractivas, y favorecer el proceso de enseñanza-aprendizaje del alumnado.

Con respecto al primer enfoque, en nuestra experiencia los resultados obtenidos tras la realización del juego por parte de los alumnos son relativamente consistentes con lo reflejado en la literatura al respecto (Davis and Holt, 1993; Isaac and Walker, 1988). Esto es así a pesar de que no se verifican completamente algunas de las condiciones que según algunos autores deben darse para llevar a cabo experimentos en el campo de la Economía (Ortmann, 2005). En primer lugar; los incentivos: no tenemos dinero real para experimentar pero la posibilidad de ofrecerles parte de la calificación junto con el hecho del propio juego que los alumnos perciben como algo nuevo y les



aparta de la rutina cotidiana, parece revelarse como formas satisfactorias de incentivo. Otra posible crítica es que los alumnos se conocen entre ellos, y además en ocasiones adelantan sus estrategias al consultar sobre las reglas del juego.

A modo de resumen, del análisis de los resultados de los experimentos realizados suelen extraerse las siguientes pautas:

- Los participantes aportan de su dinero para el fondo común en promedio en torno al 50-60 % en las primeras jugadas (Davis and Holt, 1993; Isaac and Walker, 1988, Ostrom, 1994) De manera que los beneficios que perciben son socialmente inferiores al óptimo (la cantidad de dinero que reciben es inferior a la mejor estrategia social de aportar todo al fondo común).
- Cuando el juego avanza, y pasan las rondas, los alumnos que han experimentado en sus resultados la presencia de los “gorrones” (que poco o nada aportan y disfrutan por igual la bolsa final) sufren un cambio en su comportamiento que les conduce a aportar menos al fondo común, descendiendo claramente la cooperación (Ledyard, 1995).

Un aspecto que los alumnos suelen apreciar es que, tras realizar la actividad y el debate posterior, se lleva a cabo una sesión en la que se compara el análisis teórico del juego con los resultados de su propio experimento, apoyándose en los registros y gráficos proporcionados por el programa informático desarrollado.

Respecto al segundo punto de vista, algunos de los objetivos son difícilmente evaluables, como sería el hecho de hacer las asignaturas más atractivas a los alumnos, pero sus comentarios al respecto parecen indicar que vamos por el camino adecuado. Mediante encuestas se les pregunta sobre la utilidad de la actividad desarrollada para entender los conceptos y problemas planteados. Existe un consenso (prácticamente unánime) sobre el poder facilitador de este tipo de experimentos participativos a la hora de entender la Teoría de Juegos.

## **CONCLUSIONES.**

La experiencia desarrollada, la realización de experimentos económicos en clase para explicar algunos de los problemas clásicos de la Teoría de Juegos, no sólo logra uno de los objetivos primigenios la motivación y el aprendizaje de los alumnos, sino que también se revela como una herramienta altamente efectiva a la hora de facilitar a los alumnos la comprensión de aspectos económicos tan importantes como el de interacción social, cooperación, comportamientos, etc. De este modo, el alumno capta a través de su participación en el juego resultados empíricos que sin él debían de ser simplemente admitidos.

El desarrollo de este tipo de actividades se ve altamente favorecida por el continuo avance en materia de nuevas tecnologías. Su realización sin contar con las TIC's resultaría muy laboriosa y lenta: la preparación del experimento, la realización de cada una de las rondas con su posterior análisis y cálculo de resultados, etc. dejaría de ser una actividad dinámica, visual y atractiva para los alumnos. Por eso en este artículo presentamos el Laboratorio de Teoría de Juegos para Internet, una aplicación que facilita la tarea de planificación de los juegos, proporcionando además un análisis rápido de los resultados de cada ronda, representación visual de los mismos, con la posibilidad de configurar el experimento de acuerdo a diferentes situaciones (participantes, localización de los mismos, asignaciones de los mismos,...), etc.



## Agradecimientos

Este trabajo se deriva de la participación de sus autores en los proyectos TIN2008-06464-C03-02. , BU034A08 y VA006B09

## REFERENCIAS

- Anderson, R. E. 2002. Guest editorial: International studies of innovative uses of ICT in schools. *Journal of Computer Assisted Learning* 18:381-386.
- Area, M. 2005. Las tecnologías de la información y comunicación en el sistema escolar. Una revisión de las líneas de investigación. *RELIEVE Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa* 11:3-25.
- Arquero, J. L. and S. M. Jiménez. 1999. Influencia del estudio de casos en la mejora del aprendizaje, adquisición de capacidades no técnicas y motivación en análisis contable. *Revista de Enseñanza Universitaria Extraordinario* 1:225-242.
- Axelrod, R. M. 1984. *The Evolution of Cooperation*. Basic Books, New York.
- Bergstrom, T. C. and J. H. Miller. 1997. *Experiments with economic principles*. McGraw-Hill, New York.
- Blok, H., R. Oostdam, M. E. Otter, and M. Overmaat. 2002. Computer-assisted instruction in support of beginning reading instruction: A review. *Review of Educational Research* 72:101-130.
- Castañeda, L.J. 2009. Las universidades apostando por las TIC: modelos y paradojas de cambio institucional. *EduTec Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 28: 1-14.
- Coll, C., T. Mauri, and J. Onrubia. 2008. Análisis de los usos reales de las TIC en contextos educativos formales: una aproximación sociocultural. *Revista Electronica de Investigacion Educativa* 10:1-18.
- Collis, B. 1998. New didactics for university instruction: Why and how? *Computers and Education* 31:373-393.
- Colman, A. M. 1995 *Game Theory and its Applications in the Social and Biological Sciences*, 2nd edition ed. Oxford, UK.: Butterworth-Heinemann.
- Davis, D.D. and Holt, C.A. 1993. *Experimental Economics*. Princeton University Press, Princeton, NJ.
- Dickie, M. 2006. Do classroom experiments increase learning in introductory microeconomics? *Journal of Economic Education* 37:267-288.
- Eckel, C. C. 2004. Vernon Smith: Economics as a laboratory science. *Journal of Socio-Economics* 33:15-28.
- Emerson, T. L. N. and B. A. Taylor. 2004. Comparing Student Achievement across Experimental and Lecture-Oriented Sections of a Principles of Microeconomics Course. *Southern Economic Journal* 70:672-693.
- Ezziane, Z. 2007. Information technology literacy: Implications on teaching and learning. *Educational Technology and Society* 10:175-191.
- Fatás, E. and J. M. Roig. 2004. Una introducción a la metodología experimental en economía. *Cuadernos de Economía* 27:7-36.



- Frank, B. 1997. The impact of classroom experiments on the learning of economics: An empirical investigation. *Economic Inquiry* 35:763-769.
- Galán, J. M., L. R. Izquierdo, S. S. Izquierdo, A. López, J. A. Pascual, M. Posada, J. I. Santos, and F. A. Villafañez. 2007. LABEXNET: un Laboratorio de Economía Experimental en Internet. *RELIEVE Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa* 13:105-125.
- Hardin, G. 1968. The Tragedy of the Commons. *Science* 162:1243-1248.
- Holt, C. A. 1999. Teaching economics with classroom experiments: A symposium. *Southern Economic Journal* 65:603-610.
- Isaac, R.M. and Walker, J. 1988 "Group size effects in public goods provision: the voluntary contribution mechanism". *Quarterly Journal of Economics*, 103: 179-199.
- Izquierdo, L. R., J. M. Galán, J. I. Santos, S. S. Izquierdo, and R. del Olmo. 2007. Mathematica como herramienta docente en Economía. Page 1019 in *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management - XI Congreso de Ingeniería de Organización*. J. A. González Manteca and R. Carrasco Gallego, eds. Madrid.
- Kagel, J. H. and A. E. Roth. 1995. *The Handbook of Experimental Economics*. Princeton University Press, Princeton, NJ.
- Kollock, P. 1998. Social dilemmas: The anatomy of cooperation. *Annual Review of Sociology* 24:183-214.
- Ledyard, J.O. 1995. "Public goods: a survey of experimental research". J. Kagel, A. Roth (eds.). *Handbook of Experimental Economics*. Princeton University Press, Princeton, NJ.
- Maynard Smith, J. 1982. *Evolution and the theory of games*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Ortmann, A. 2005, "Field Experiments in Economics: Some Methodological Caveats", en: Carpenter, Harrison, List (eds), *Field Experiments in Economics*, pp. 51-70, Greenwich, CT: JAI Press. *Research in Experimental Economics* Volume 10.
- Ostrom, E, R. Gardner and J. Walker 1994. *Rules, games and Common-Pool Resources*. U.Michigan Press. Ann Arbor. 1994.
- Paenza, A. 2008. ¿Por qué no hacer de la clase un recreo? ABC de la Educación 1.
- Santos, J. I., J. M. Galán, and R. del Olmo. 2005. Nuevas estrategias de enseñanza: experiencia con Weblogs. Page 137 in *IX Congreso de Ingeniería de Organización*. D. de la Fuente, ed. ADINGOR, Oviedo.
- Sousa, D. A. 2001. *How the brain learns. A classroom teacher's guide*. 2nd ed. Corwin Press, Thousand Oaks, CA.
- Thurstone, L. L. 1931. Indifference function. *Journal of Social Psychology* 2:139-167.
- Vega-Redondo, F. 2003. *Economics and the theory of games*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Von Neumann, J. and O. Morgenstern. 1944. *Theory of games and economic behavior*. Princeton University Press, Princeton.
- Wells, D. 1991. Laboratory experiments for undergraduate instruction in Economics. *Journal of Economic Education* 22:293-300.



Para citar este artículo:

PASCUAL, José A.; GALÁN, José; IZQUIERDO, Luis R.; SANTOS, José I.; IZQUIERDO, Segismundo S.; GONZÁLEZ, Javier (2009), «Una herramienta didáctica para la enseñanza de la teoría de juegos mediante internet» [artículo en línea]. EDUTEC, Revista Electrónica de Tecnología Educativa. Núm. 29/ Julio 2009. [Fecha de consulta: dd/mm/aa].

<http://edutec.rediris.es/revelec2/revelec29/>

ISSN 1135-9250.

