

Visualización de Modelos de Sociedades de Agentes

Claudio Delrieux y Fernando Tohmé

Universidad Nacional del Sur
Alem 1253 - (8000) - Bahía Blanca - ARGENTINA
e-mail:claudio@acm.org

1. Propósito de la línea de investigación

Uno de los objetivos más importantes en la Economía consiste en encontrar un modelo del comportamiento global de un sistema económico, derivado a partir de grupo de interacciones sencillas entre individuos que buscan satisfacer sus objetivos particulares. La respuesta clásica en teoría económica consiste en definir *agentes económicos* como entidades que conocen a la perfección el entorno de la economía en el que se desenvuelven, incluyendo el estado cognitivo de los demás agentes económicos. Este modelo, sin embargo, no es mínimamente realista en confirmar el comportamiento efectivo en un sistema económico, por lo que ha sido históricamente sujeto a críticas e impugnaciones [7]. Los estados de desequilibrio y la no optimalidad son una realidad en el comportamiento social, y la base del modelo -la omnisciencia de los agentes económicos- es sin duda imposible. Un punto de vista radicalmente opuesto para constituir modelos de interacción entre agentes económicos proviene de incluir la incertidumbre en el mismo modelo de interacción entre los agentes. La economía sigue siendo constituida por agentes económicos que efectúan interacciones sencillas entre sí, pero dichas interacciones asumen la forma de un *juego*, y por lo tanto tienen incluida la incertidumbre de desconocerse la elección de estrategias entre los agentes. De esa manera, el comportamiento social se produce como *estado emergente* del conjunto de interacciones con incertidumbre. El propósito de la línea de investigación que incluye a este trabajo es demostrar en qué medida es posible confirmar algunas propiedades del comportamiento económico colectivo a partir de una simulación de la conducta de un gran conjunto de agentes decisores. De esa manera, el comportamiento social queda definido como epifenómeno de la microeconomía, lo cual justifica su estudio en términos de las ciencias de la complejidad [2, 5].

2. Una sociedad de agentes

Definido informalmente, una *sociedad* es un conjunto -no necesariamente cerrado- de agentes económicos, un marco regulatorio que establece las condiciones de interacción entre los agentes y los recursos, y un conjunto de información pública. En el caso particular de la experiencia reseñada aquí el marco regulatorio establece que los agentes deben interactuar de a dos para obtener recursos. En esta interacción cada agente elige una estrategia E_1 o E_2 . Esto conforma una matriz de pagos, la cual es de dominio público y puede o no ser de suma no nula. El par de agentes elige privadamente su estrategia, y una vez que ambos eligieron, se reparten recursos en función de la matriz de pagos. Cada agente, entonces, recoge o pierde recursos interactuando con otros agentes en función de la serie de pares de estrategias elegidas. Normalmente la matriz de

pagos es de suma no nula, determinando que en promedio los agentes adquieren recursos en su interacción. En nuestro caso la matriz de pagos beneficia la coordinación de estrategias de una manera análoga al "dilema del prisionero" [3, 6]. Una variante para el estudio de estas interacciones es el planteo del problema como *metajuego*, en el cual la coordinación entre los jugadores se realiza en función de los resultados de jugadas anteriores [1, 4]. De ese modo cada jugador soluciona su problema estático (qué jugar en cada caso) en función de una *metaestrategia* que contempla los resultados obtenidos en las jugadas anteriores. Una manera experimental de determinar la mejor metaestrategia consiste en reunir jugadores representativos de cada una de ellas en un torneo en el cual juegan de a pares una determinada cantidad de veces. Los resultados de varios "torneos" para programas que juegan al dilema del prisionero indican que resulta ganador el programa más corto y sencillo de todos: el *tit-for-tat* (u "ojo por ojo"), el cual gana el 25% de los torneos [1]. Esta metaestrategia simplemente elige lo que hizo su oponente en la jugada anterior, y en la primera jugada colabora. A partir de estos resultados parece natural concluir que en un entorno donde exista presión evolutiva y/o mutación de conducta, la selección natural favorecerá la formación de colonias de *tit-for-taters* como paradigma de comunidad perfectamente organizada y con elementos para defenderse de las actitudes antisociales de individuos ajenos a la colonia (tal como se proclama en [4]). Sin embargo, según veremos, este modelo de interacción es muy sensible a perturbaciones que seguramente ocurren en un modelo no cerrado, y por lo tanto, el comportamiento social emergente a que da lugar esta metaestrategia no es realista.

Una objeción que se puede hacer al experimento de Axelrod es que, al hacer jugar a dos participantes entre sí un número determinado de veces, es posible para ellos organizar una estrategia y estable. De ahí que extrapolar los resultados a un sistema abierto como puede ser una sociedad de agentes en un entorno con recursos limitados es inaceptable. Es decir, el marco regulatorio planteado es irreal desde un punto de vista político-económico. Un marco más realista es establecer que los pares de jugadores que interactúan entre sí son seleccionados al azar. Esto es equivalente a suponer que los agentes económicos se movilizan aleatoriamente dentro de la economía, estableciendo interacciones con otros agentes. Otra posibilidad es establecer que los agentes interactúan con sus vecinos inmediatos. Esto presupone que la distribución geográfica de un agente dentro de la sociedad es importante. Ambas posibilidades, especialmente la última, son adecuadas como simulación del comportamiento emergente en una sociedad. El resultado final obtenido no es en sí la performance comparada de las metaestrategias, sino la performance promedio de los jugadores que adhirieron a cada metaestrategia.

3. Simulación y visualización de los resultados

Dentro del alcance de este trabajo se propuso estudiar un modelo sencillo, manteniendo estática la proporción poblacional de jugadores con metaestrategias dadas. De ese modo se alcanzó como primer objetivo comparar los resultados obtenidos de grupos con diferentes metaestrategias en distintas proporciones. Un agente es elegido al azar en la sociedad, y luego del mismo modo se elige uno de sus vecinos inmediatos. Ambos interactúan siguiendo sus respectivas metaestrategias, recibiendo puntaje según la siguiente tabla de pagos:

2, 2	0, 3
3, 0	1, 1

La sociedad consiste en n agentes y se realizan n^2 jugadas en las cuales se elige al azar a un agente y su contrincante. Cada agente realizará en promedio alrededor de $2n$ interacciones. Podemos entonces consignar los puntajes esperados en determinadas situaciones. Si los agentes eligen su estrategia al azar, entonces reciben en promedio 1.5 puntos por interacción. Al cabo de las $2n$ jugadas en las que participa cada uno tendrán $3n$ puntos. Por ello decimos que $3n$ es el puntaje final esperado de cualquier agente en una sociedad de agentes "inexpertos" o irracionales, que no tienen una metaestrategia predecible. Cuando interactúan entre sí agentes en una sociedad donde todos siempre colaboran, cada uno obtiene dos puntos por jugada, por lo que $4n$ es el puntaje final esperado de un agente en una sociedad de colaboradores. Cuando los agentes siempre traicionan, ambos obtienen un punto por jugada, por lo que $2n$ su puntaje final esperado. Por último, cuando un agente que traiciona siempre se "infiltra" en una sociedad de agentes que colaboran, entonces obtiene 3 puntos por jugada y su puntaje final esperado es $6n$ o nivel del depredador. Igualmente, un agente que colabora, en una sociedad de traidores obtiene 0 puntos por jugada, y 0 es su puntaje final esperado. Con respecto a las metaestrategias consideradas, podemos decir que tienen tres comportamientos paradigmáticos, el que colabora siempre, el tit-for-tat y el que traiciona siempre. Entre las dos primeras existen varias metaestrategias posibles que consideren más de una jugada atrás mediante alguna función ponderadora. Un caso especial de ellos es el tit-for-n-tat, que es capaz de perdonar n veces consecutivas, pero cuando es traicionado $n+1$ veces, él traicionará. El que colabora siempre puede pensarse como un tit-for- ∞ -tat. El agente inmaduro o aleatorio tiene un comportamiento más benigno que el traidor contumaz pero no alcanza a organizar un juego tan provechoso como el tit-for-tat.

¿Cuál va a ser el comportamiento de una sociedad constituida mayoritariamente por la supuestamente óptima tit-for-tat, si se agregan proporciones de agentes irracionales o de traidores? La primera situación la observamos en la Fig. 1, en la cual se observa el resultado final obtenido por una sociedad de agentes tit-for-tat en la cual hay un 5% de agentes irracionales distribuidos al azar. El puntaje promedio de los dos grupos de agentes es mucho más cercano a $3n$, el nivel de una sociedad de irracionales, que a $4n$, que es el nivel de una sociedad de colaboradores. Esta situación es fácil de explicar: los jugadores

vecinos a un irracional son normalmente tit-for-tat. Si en una interacción son traicionados por el irracional, en la próxima interacción ellos también traicionarán. Por lo tanto, el próximo agente que interactúe con un vecino de un irracional será traicionado, etc. Por lo tanto, si hay un grupo de agentes que eventualmente traiciona, constantemente se están generando "malas acciones" que siguen caminos aleatorios en la sociedad. Al cabo de unas pocas interacciones, los caminos son lo suficientemente numerosos como para haber afectado a una proporción significativa de la sociedad. En este punto la sociedad ya está comportándose como una sociedad de irracionales. Existe una clara relación entre la proporción de irracionales en la sociedad y la cantidad de jugadas necesarias para "contaminar" a los tit-for-tat. Experimentalmente hemos encontrado que para las $2n$ jugadas establecidas al comienzo como marco experimental, el 5% referido es siempre suficiente, aunque en algunos experimentos con un 3% de irracionales la sociedad rápidamente se contamina.

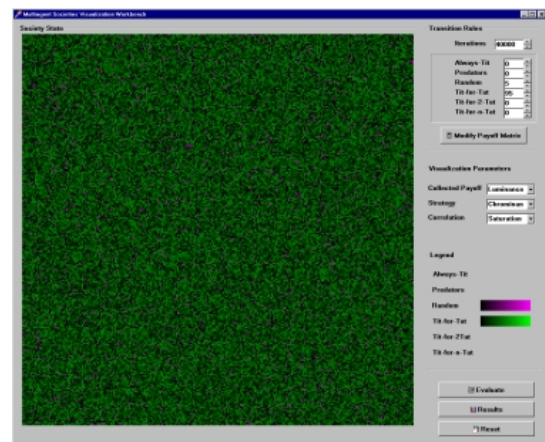


Figura 1: Una sociedad de tit-for-tat con un 5% de irracionales aleatoriamente distribuidos. El puntaje obtenido a lo largo de $2n$ jugadas es indistinguible de una sociedad de agentes irracionales. La metaestrategia se representa por medio del color, y la ganancia obtenida por medio de la intensidad.

Una situación similar sucede cuando en una sociedad de tit-for-tat se incorpora una pequeña proporción de traidores. En este caso los agentes vecinos a un traidor son probablemente tit-for-tat, y por lo tanto luego de la interacción con el traidor, traicionarán en la próxima jugada. Este comportamiento se va extendiendo a los vecinos de los vecinos, etc., formando una reacción en cadena, hasta que llega un punto en el que todos los agentes de la sociedad están traicionando siempre. El puntaje final obtenido se acerca a $2n$ puntos por agente. Una sociedad organizada que obtiene $4n$ puntos esperados, se contamina casi al instante con menos de un 2% de traidores, y el puntaje esperado de cada agente baja a la mitad (ver la Fig. 2). Es importante observar que esta notable inestabilidad en el tit-for-tat se remedia si permitimos que el agente tenga capacidad de lograr, metafóricamente hablando, el perdón o el olvido de ofensas anteriores. El caso extremo es el agente que colabora siempre (tit-for- ∞ -tat o bien always-tit). Como conducta individual es un ideal pragmáticamente desaconsejable no protegerse de las agresiones permanentes, pero desde el punto de vista de una sociedad, es hasta cierto punto necesario que existan agentes tolerantes a la conducta irracional o malintencionada.

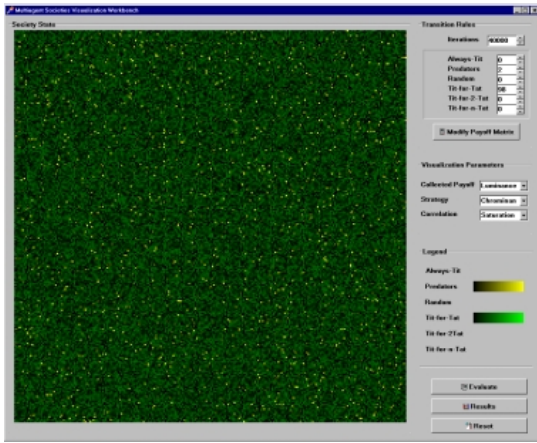


Figura 2: Los puntajes obtenidos en una sociedad de tit-for-tat con un 2% de agentes traidores aleatoriamente distribuidos. El puntaje obtenido a lo largo de $2n$ jugadas es indistinguible de una sociedad de traidores.

Podemos mostrar esto experimentalmente si consideramos una sociedad constituida mayoritariamente por agentes que colaboran siempre (always-tit). La misma es bastante más estable frente a la presencia de agentes irracionales o malintencionados. En la Fig. 3, por ejemplo, vemos el puntaje obtenido por los agentes de una sociedad con 80% de always-tit contaminada con un 10% de traidores y un 10% de irracionales. Si bien el puntaje final de estos últimos se acerca a los $5n$ y $6n$, respectivamente, es decir, el puntaje esperado de un irracional y un depredador en una sociedad de agentes que colaboran, el nivel final alcanzado por los demás agentes es en promedio bastante cercano a los $4n$, el cual es el puntaje final de un agente en una sociedad de colaboradores. Es decir, la sociedad en su conjunto ha mantenido una conducta y un puntaje final adecuados. Esto se logra a costa de los agentes "vecinos" a los depredadores, los cuales han obtenido en promedio $3n$ puntos porque una vez cada cuatro han interactuado con un depredador.

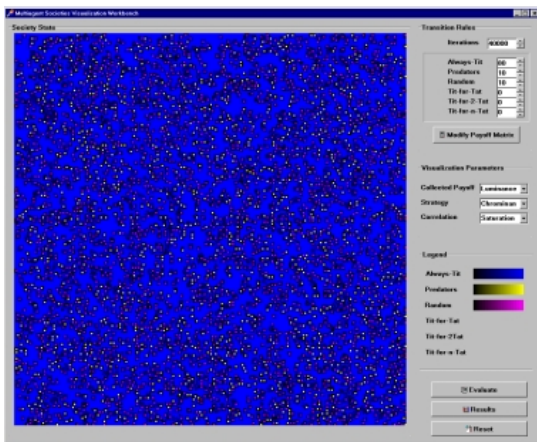


Figura 3: Los puntajes obtenidos en una sociedad de tit-for-∞-tat con un 10% de agentes irracionales y otro 10% de traidores, aleatoriamente distribuidos. El puntaje obtenido a lo largo de $2n$ jugadas es cercano a $4n$ en los tit-for-2-tat, a $5n$ en los irracionales, y a $6n$ en los traidores.

4. Trabajo futuro

El experimento desarrollado aquí puede pensarse como el comienzo de una serie que incluya distribuciones de los agentes de cada metaestrategia de acuerdo a una geografía, la "muerte" de agentes con bajo puntaje, y el "nacimiento" de nuevos agentes a partir de "padres" que hayan superado cierto puntaje. En este último caso podemos pensar en una reproducción "hermafrodita" o de un solo progenitor (donde los hijos heredan la estrategia del único padre) o una reproducción "sexual" con dos padres e intercambio de "material genético". En cualquier caso puede incluirse también la aparición de pequeñas mutaciones aleatorias en la herencia, que determinen la aparición de variantes en los patrones de conducta de la colonia. Otro trabajo futuro de gran importancia consiste en el desarrollo de metáforas visuales adecuadas para la presentación de los resultados y la consecuente elaboración de sistemas que permitan modelar interactivamente tanto los experimentos como su visualización. Algunas de las ideas actualmente exploradas son por ejemplo la representación de la estrategia elegida (para visualizar la evolución de la cooperación), la visualización de determinados puntajes críticos para observar cómo se distribuye la performance de la sociedad, etc.

Un resultado relevante de este trabajo puede predecirse con toda seguridad a la luz de los resultados ya vistos: tit-for-tat no es de ninguna manera una metaestrategia óptima. Una sociedad de tit-for-tat se desorganiza rápidamente cuando aparecen metaestrategias no predispuestas a colaborar. De ese modo, cualquier mutación que se introduzca al material genético de un nacimiento de un nuevo agente en una sociedad de tit-for-tat llevará invariablemente a metaestrategias que no colaboran y por ello obtendrán más puntaje, siendo de ese modo más probable su ulterior reproducción. El resultado final puede preverse con claridad: en poco tiempo la mutación contaminará a la colonia llevándola rápidamente a la extinción. Una colonia de colaboradores tiene, en cambio, mucha mayor "tolerancia" a la aparición de mutaciones perversas.

Referencias

- [1] R. Axelrod. *The Evolution of Cooperation*. Basic Books, New York, 1984.
- [2] John Casti. *Complexification*. Harper, New York, 1995.
- [3] Natalie Gance y Bernardo Huberman. The Dynamics of Social Dilemmas. *Scientific American*, 250(3):76-81, 1994.
- [4] Douglas Hofstadter. The Prisoner's Dilemma: Computer Tournaments and the Evolution of Cooperation. En Douglas Hofstadter, editor, *Metamagical Themas*. Basic Books, New York, 1985.
- [5] John Horgan. From Complexity to Perplexity. *Scientific American*, 251(6):74-79, 1995.
- [6] Robert May, Martin Nowak y Karl Sigmund. The Arithmetics of Mutual Help. *Scientific American*, 251(6):50-55, 1995.
- [7] Douglas North. Nobel Prize Reception Lecture. *Scandinavian Journal of Economics*, 80(1), 1994.