

INSTITUCIONES, ECONOMÍA CLÁSICA Y ECONOMÍA EVOLUTIVA

Elvio Accinelli*

(Recibido: marzo, 2015/Aceptado: septiembre, 2015)

Resumen

En este trabajo se ofrecen consideraciones acerca de la teoría evolutiva y sus posibilidades para complementar la teoría clásica de la maximización del beneficio. En particular, se muestra la imitación como alternativa a la optimización clásica cuando existe racionalidad acotada. Se analiza la evolución del comportamiento corrupto en una sociedad de individuos maximizadores de su bienestar pero que deben tomar decisiones bajo condiciones de información imperfecta.

Palabras clave: economía evolutiva, dinámica del replicador, instituciones, corrupción.

Clasificación JEL: D8, H3.

Abstract

In this paper considerations about evolutionary theory and its possibilities to complement the classical theory of profit maximization are offered. Specifically, imitation is shown as an alternative to classical optimization

* Facultad de Economía de la UASLP. Correo electrónico, elvio.accinelli@eco.uaslp.mx. El autor desea agradecer a Juan Josardón por sus inteligentes comentarios y aportes para mejorar el presente trabajo. Así como a CONACYT por su apoyo a través del proyecto CB-167004.

when there bounded rationality. The evolution of corrupt behavior is analyzed in a society of individuals maximizing their welfare but must make decisions under conditions of imperfect information.

Keywords: evolutionary economics, replicator dynamics, institutions, corruption.

JEL Classification: D8, H3.

1. Introducción

La economía evolutiva tiene como objeto de estudio los procesos económicos en que los tomadores de decisiones actúan bajo racionalidad acotada, sea ésta resultado de la falta de información sobre las variables involucradas, la presión temporal, que imposibilita resolver un prolongado programa de optimización, o bien, por otras limitantes que no permiten dar una respuesta mediante la resolución de este tipo de problemas. Obviamente, la toma de decisiones bajo estas condiciones, puede dar lugar a errores de diversos tipos.

No entendemos a la economía evolutiva como antagónica a la teoría clásica, sino más bien a ambas teorías como complementarias, cuya validez relativa depende del marco teórico bajo el cual se está trabajando. En especial, la economía evolutiva permite considerar una dinámica para los procesos económicos que suponen el aprendizaje y la posibilidad de errores en la toma de decisiones. Mientras que la economía clásica, que basa sus conclusiones en la resolución de programas de optimización, no admite errores y es generalmente estática. Esta última característica parece ser estructural a los modelos clásicos. Más allá de que elaborando algunos supuestos adicionales y consecuentemente restrictivos del campo de aplicación de las conclusiones, pueda considerarse alguna dinámica. En particular, el teorema de Sonnenschein-Mantel-Debreu, evidencia que las funciones de demanda y oferta agregadas, resultantes del modelo de equilibrio general de Arrow y Debreu pueden asumir formas muy generales [10]. Esto refuta las conclusiones de unicidad y estabilidad del equilibrio general así como la posibilidad de obtener una dinámica para los precios del tipo $\dot{p} = kE(p)$, siendo $k > 0$ y $E(p)$ la función exceso de demanda agregada, dado que precisamente el campo vectorial asociado a este sistema dinámico, representado por $E(p)$, prácticamente no tiene restricciones.

Si bien la macroeconomía ha considerado supuestos adicionales para implementar una dinámica, éstos no dejan de ser restrictivos. El subastador walrasiano, uno de los mecanismos comúnmente citado para el ajuste de precios, es sólo en apariencia menos restrictivo y no deja de ser una figura ilustrativa. Teniendo en cuenta el estado del arte en la teoría económica clásica, puede concluirse que aún, suponiendo racionalidad en la elección individual, no es posible, en general, definir una regla de elección agregada que permita determinar la evolución de la sociedad, la economía o las instituciones que los agentes económicos conforman. Esto motiva la búsqueda de una dinámica fuera de los supuestos de la teoría del equilibrio general, sin invalidarla ni mucho menos, por el contrario, ella ha mostrado ser en su rigurosidad, fructífera y capaz de caracterizar a las economías en equilibrio. Por otra parte, ella está en la base tanto de la macroeconomía como de la microeconomía modernas. Es muy amplia la literatura que justifica estas afirmaciones, véase por ejemplo [8], [9], [10].

La economía evolutiva es heterodoxa en sus principios y, en sus orígenes, se inspira en la biología evolutiva. En esta teoría la presión de la selección natural, actúa sobre las poblaciones animales o vegetales, haciendo que aquellos individuos con una composición genética más adecuada tengan también las mayores posibilidades de reproducirse. Entiende que las mutaciones tienden a mantenerse cuando éstas logran una mayor adaptación del portador al medio, y son eliminadas si los efectos obtenidos son los contrarios. Ciertamente, la aparición de mutaciones y los comportamientos que éstas suponen en los individuos que las portan, no son resultados de procesos racionales de optimización. Más bien parecen procesos aleatorios en los que aquellas mutaciones que permiten individuos más aptos, tienden a reproducirse en el tiempo. Esto tiene una gran similitud con los procesos económicos dirigidos por tomadores de decisiones que actúan bajo racionalidad limitada. En este caso los cambios en el comportamiento de estos agentes, y en las decisiones que los definen, pueden provenir de diferentes formas de elegir o razonar, no todas ellas coincidentes, como lo sería, si estos agentes decidieran, resolviendo problemas de optimización bien definidos y disponiendo de toda la información necesaria. Más bien cada uno de ellos actuará en forma diferente, guiándose por su propia experiencia, por un proceso de prueba y error, o por un proceso de imitación de los que consideran más aptos. En un marco competitivo, sólo aquellos cambios que permitan una mejor “adaptación al medio” tienden a mantenerse.

Ahora bien, este proceso adaptativo seguido por tomadores de decisiones en un marco de racionalidad acotada, no sólo nos da posibilidades de analizar la evolución económica de una sociedad entera, como en el caso de [3], sino también la de las instituciones que conforman una economía, véase por ejemplo [4]. En este marco más reducido, los agentes deberán tomar decisiones tales como aceptar o no una determinada regla, o forma de comportamiento. En general, estos agentes no estarán seguros de las recompensas asociadas a cada una de sus decisiones. Con seguridad, dentro de instituciones coexistirán e interactuarán individuos con diferentes comportamientos. En general, los resultados correspondientes al comportamiento seguido por cada uno, se verán afectados por el comportamiento de los demás. Esta situación da lugar a la toma de decisiones de manera estratégica, y consecuentemente abre las puertas a la teoría de juegos y, en particular, a la teoría de juegos evolutivos.

El resto del trabajo se organiza de la siguiente forma. En la sección 2 hacemos una breve introducción de la teoría evolutiva, considerando el caso de poblaciones animales y humanas, similitudes y diferencias. En la sección 3 consideramos una aplicación de la teoría evolutiva a las instituciones y sus repercusiones sobre la sociedad en la que actúa. A continuación, en la sección 4 introducimos la dinámica del replicador. En la sección 5 se consideran los posibles beneficios asociados al comportamiento de los ciudadanos de una sociedad en la que deben elegir entre ser evasores o no. Los castigos y recompensas asociados a cada uno de estos comportamientos son considerados como estrategias puras de un juego repetido. La evolución del comportamiento evasor es analizada en la 6, la que se obtiene como una aplicación de la dinámica del replicador. Presentamos en la sección 7, como forma alternativa al comportamiento racional, seguido por agentes que disponen de información perfecta, el comportamiento imitativo del más exitoso. En la sección 8 se presenta un nuevo ejemplo de corrupción, esta vez considerando guardias y prisioneros en una prisión. Finalmente, en la sección 9 ofrecemos algunas conclusiones.

2. La teoría evolutiva

La teoría evolutiva ha encontrado un riguroso soporte teórico en la teoría de juegos evolutivos. Difiere de la clásica, en que se concentra en la

dinámica de los comportamientos, más que en los equilibrios. A diferencia de la economía clásica que analiza la existencia y unicidad del equilibrio económico, o de la teoría de juegos que analiza la existencia y características principales de los equilibrios de Nash y sus refinamientos, la teoría evolutiva pretende modelar la evolución de los posibles comportamientos sociales. La dinámica más exitosa propuesta por esta teoría es la llamada dinámica del replicador, la que analizaremos más adelante. Esta dinámica fue originalmente aplicada para analizar las repercusiones del cambio mutacional en la evolución de las especies, véase [12] o bien [14], pero hoy tiene importantes aplicaciones en la teoría económica, véase por ejemplo [7].

La teoría evolutiva supone una población de individuos formada por subpoblaciones caracterizadas ellas, por el tipo de comportamiento seguido por sus integrantes. Todos los individuos de una misma población siguen el mismo comportamiento. La distribución de los individuos en estas subpoblaciones puede modificarse, tendiendo a prevalecer aquellas cuyo comportamiento mejor se adaptan al medio ambiente. Dicha teoría considera que cada comportamiento corresponde a una estrategia (preestablecida en el caso de poblaciones animales), o elegida en el caso de poblaciones humanas. Cada estrategia tiene asociado un retorno, pero, éste se ve influenciado por las decisiones de los demás y por el estado de la naturaleza o la sociedad (en el caso de las poblaciones animales, éstos corresponden a la posibilidad de descendientes que pueden lograr aquellos que siguen uno u otro tipo de comportamiento).

Los agentes de la economía evolutiva actúan bajo racionalidad acotada y supone también que, cada cierto tiempo, cada agente debe elegir qué estrategia seguir. Los individuos de cada subpoblación siguen una determinada estrategia pero, al cabo de cierto tiempo, pueden decidir cambiar su estrategia, o lo que es lo mismo la subpoblación a la que se integrarán. Los beneficios que pueden obtener siguiendo una u otra estrategia, dependerá del comportamiento de los demás y del marco social en el que el comportamiento es elegido. De donde se sigue que estas decisiones son consideradas estratégicas, pues cada agente tomará en cuenta la estrategia seguida por los otros, aún cuando no pueda prever de antemano, con absoluta certeza los resultados asociados a cada elección posible.

En el caso de las poblaciones animales, no todos sus integrantes reaccionan a un mismo estímulo de la misma forma. Ciertamente esta reacción no es una elección racional. Su comportamiento depende de la carga genética,

y éste será más o menos exitoso, dependiendo del comportamiento de sus pares y del marco natural en el que actúan. Aquellas subpoblaciones que compartan una carga genética que determina un comportamiento más adecuado al medio, terminarán por predominar, en la medida en que son capaces de reproducirse con mejor suerte.

En las poblaciones humanas los individuos eligen de manera racional, pero la racionalidad puede estar limitada, sea por falta de información, o por la presión de tomar una decisión en un tiempo limitado, el que resulta insuficiente para obtenerla o procesarla de manera adecuada. Esta elección puede o no ser exitosa, dependiendo de la habilidad de cada tomador de decisiones para evaluar el marco social y el comportamiento de su con-géneres. Bajo condiciones de estricta racionalidad, estos tomadores de decisiones elegirán la mejor respuesta, de acuerdo a los resultados obtenidos mediante la resolución de un problema de optimización, en el que todos los datos necesarios para resolverlo, son conocidos.

En resumen, la economía evolutiva considera a los individuos como jugadores de un juego repetido, que actúan con racionalidad acotada, presionados por fuerzas que los obligan a elegir entre un conjunto de comportamientos o estrategias posibles, aun cuando ellos no estén preparados para hacerlo con absoluta certeza, (sea por falta de información, altos costos para obtenerla o escaso tiempo para procesarla). Estos jugadores, o tomadores de decisiones, pueden ser gerentes de firmas que buscan maximizar su tasa de ganancia y que, por lo tanto, deben elegir entre ramas o tecnologías de producción, consumidores que, por diferentes motivos no pueden analizar todas sus opciones de consumo, operarios que deben elegir si calificarse o no para conseguir trabajo, o bien individuos que actúan en instituciones y deben elegir entre seguir o no, determinadas reglas.

Veamos un ejemplo que nos permite considerar la ductilidad de la teoría evolutiva y sus posibilidades de complementar a la teoría clásica de agentes maximizadores de su bienestar.

3. Instituciones y evolución

En Acemoglu *et al.* (2005) se señala que los diseños institucionales constituyen un factor clave para que un país alcance altos niveles de desarrollo económico y social. Ellos influyen decisivamente en la conformación de los

incentivos económicos motivando la acción individual. Por ejemplo, sin instituciones eficientes que determinen los derechos de propiedad, los individuos no tienen incentivos apropiados para invertir en capital físico o humano, o en la investigación y desarrollo de tecnologías avanzadas y eficiente, o no tendrán incentivos para pagar impuestos.

Consideremos una determinada institución integrada por dos tipos de individuos, los que siguen un comportamiento corrupto y los que se mantienen apegados a la ley o no corruptos. Consideremos además, que esta institución debe controlar que los ciudadanos cumplan con una determinada norma, por ejemplo el pago de impuestos. Supongamos también, que dentro de los ciudadanos los hay de dos tipos, los que pagan sus impuestos y los evasores. Los evasores deberán pagar una determinada cantidad de dinero si son auditados por un supervisor corrupto, generalmente menor que la que deberán pagar si son auditados por un supervisor no corrupto, quien impondrá una multa que deberá ser pagada a la autoridad central. Mientras que el auditor corrupto se quedará con el pago ofrecido por el evasor.

¿Con base a qué elementos un ciudadano decide ser evasor o no, y un auditor corrupto o no? Obviamente, la respuesta está en el valor esperado de cada estrategia, y sin duda éste depende del comportamiento de los demás. Si muchos auditores son corruptos, presumiblemente los ciudadanos también lo serán y, recíprocamente. Si cada uno de ellos es capaz de decidir de manera precisa el retorno esperado de cada estrategia, elegirá aquella estrategia o comportamiento que tenga un mayor retorno esperado. Pero esto supone que el tomador de decisiones conoce, o puede conocer, la distribución de los estados futuros de la naturaleza. Si así fuera, este tomador de decisiones actuaría como un optimizador clásico. Pero en general esto no es así, o no es posible conocer la distribución de los estados futuros, o el tiempo requerido para hacerlo no es suficiente, o bien los costos para obtener la información requerida son muy altos. En consecuencia, el tomador de decisiones usará técnicas alternativas, como por ejemplo, analizar la evolución de la sociedad la economía o las características de las instituciones, es decir, necesitará de técnicas diferentes a la optimización clásica. Un ejemplo interesante de este tipo de conductas alternativas, seguidas para la toma de decisiones se presenta en [6].

Veamos como la dinámica del replicador es capaz de modelar estos hechos y dar una trayectoria posible para la evolución del comportamiento social.

4. La dinámica del replicador

El actor central en un sistema evolutivo es el replicador, es decir, una entidad que tiene la capacidad de realizar copias aproximadamente exactas de sí mismo. El replicador puede ser un gen, un organismo, una estrategia en un juego, una creencia, una convención, una forma institucional o cultural o en general una costumbre. Un sistema replicador es un conjunto de replicadores en un entorno ambiental en particular con un modelo estructurado de interacción entre los agentes de forma tal, que el comportamiento de los más exitosos, es el que se replica más rápidamente.

El sistema dinámico del replicador, corresponde a un sistema que tiene la siguiente forma:

$$\dot{x}_i = x_i[f_i(x) - \phi(x)], \phi(x) = \sum_{j=1}^n x_j f_j(x) \quad (1)$$

donde x_i corresponde al porcentaje de individuos que en una población dada actúan de acuerdo a la estrategia i -ésima, siendo $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ el vector de distribución de la población sobre las estrategias posibles. $f_j(x)$ corresponde al retorno asociado a la estrategia $j \in \{1, 2, \dots, n\}$ cuando la distribución poblacional está dada por x . En biología, corresponde a la cantidad esperada de descendientes de un individuo que sigue este comportamiento. $\phi(x)$ representa el retorno promedio de la población. El vector x pertenece al simplex, dado que $\sum_{j=1}^n x_j = 1, x_j \geq 0 \forall j \in \{1, 2, \dots, n\}$.

Obsérvese que la frecuencia de cambio del comportamiento poblacional hacia la estrategia i -ésima aumenta a medida que aumenta la diferencia entre el valor esperado asociado a tal comportamiento y el promedio poblacional.

Veamos la dinámica del replicador a través de un ejemplo, tomado de [4].

5. Comportamientos y beneficios asociados

Supongamos que la distribución de los auditores dentro de la referida institución queda determinada por un vector $g = (g_c, g_{nc})$, se verifica que $g_c + g_{nc} = 1$, donde g_c indica el porcentaje de auditores corruptos y g_{nc} el de auditores no corruptos, existentes en la institución encargada del control del comportamiento ciudadano.

Diremos que un auditor es corrupto cuando está dispuesto a obtener un ingreso adicional mediante actividades no legales, y no corrupto en otro caso.

Los ciudadanos se dividen en dos tipos. los evasores y los no evasores, por extensión diremos que los primeros son corruptos, los segundo no corruptos y los representaremos por c y nc respectivamente.

De esta forma, cada individuo en la sociedad tiene dos posibles estrategias puras a elegir. Representamos al conjunto de estrategias puras por P , esto es $P = \{c, nc\}$.

Suponemos que existe un bien común el cual se distribuye entre los ciudadanos en partes iguales. Si la existencia total de este bien es $S > 0$ cada ciudadano recibe $s = S/N$ unidades del mismo. Donde N corresponde al total de individuos que componen la sociedad. No obstante, no todos los individuos valoran de la misma forma el bien social. Suponemos además, que cada individuo en la sociedad trabaja y recibe un salario, medido en unidades monetarias igual a s .

La función de utilidad individual queda definida entonces por la función $U_i : R \times R \rightarrow R$, $i \in \{c, nc\}$, donde

$$U_i(s, m) = s^\alpha \cdot m^\beta \quad (2)$$

Como habitualmente $0 < \alpha < 1$ mide la utilidad marginal del bien social y análogamente $0 < \beta < 1$ mide la utilidad marginal del salario.

La utilidad asociada a cada asignación individual (m, s) de cada ciudadano se modifica al encontrarse con una auditor corrupto o no corrupto de la siguiente forma:

$$U_{c_g}(s, m) = s^\alpha (m - b_c)^\beta, \quad (3)$$

Corresponde a la utilidad que un ciudadano que eligió ser evasor (o corrupto) y que es auditado por un auditor corrupto. Donde $b_c > 0$ corresponde al pago que el ciudadano debe ofrecer al auditor corrupto para no ser denunciado, en términos populares, la mordida.

Si un ciudadano decide evadir y se enfrenta a un auditor no corrupto su utilidad será

$$U_{c_{g_{nc}}}(s, m) = s^\alpha (m - M_c)^\beta, \quad (4)$$

donde $M_c > 0$ es la multa impuesta por el auditor al ciudadano corrupto. Suponemos que $M_c > b_c$ es decir que un ciudadano corrupto prefiere ser auditado por un auditor corrupto.

Por otra parte, la utilidad correspondiente a un ciudadano que decide no evadir, o no corrupto se ve afectada de la siguiente manera:

$$U_{ncg_{nc}}(s, m) = s^\alpha (m - i)^\beta \quad (5)$$

donde i es lo que un ciudadano paga por impuestos.

La utilidad obtenida por un ciudadano que decide pagar sus impuestos y es auditado por un corrupto, es:

$$U_{ncg_c}(s, m) = s^\alpha (m - i - A_{nc})^\beta \quad (6)$$

donde $A_{nc} > 0$ corresponde al pago que un ciudadano honesto debe realizar a un auditor corrupto para no ser falsamente acusado ante el tribunal superior.

Bajo estos supuestos un ciudadano honesto, prefiere ser auditado por un auditor honesto.

Los valores esperados asociados a cada estrategia son:

$$E(c) = [s^\alpha (m - b_c)^\beta] g_c + [s^\alpha (m - i)^\beta] g_{nc} \quad (7)$$

$$E(nc) = [s^\alpha (m - i - A_{nc})^\beta] g_c + [s^\alpha (m - i)^\beta] g_{nc} \quad (8)$$

de esta forma el ciudadano racional elegirá pagar impuestos si $E(c/g) < E(nc/g)$, es decir si:

$$g_c < \frac{(m - i)^\beta - (m - M_c)^\beta}{(m - i)^\beta - (m - M_c)^\beta + (m - i)^\beta - (m - i - A_{nc})^\beta} = g_{hc} \quad (9)$$

Obsérvese que para que $0 < g_{hc} < 1$ se requiere que: $M_c > i$ es decir que la multa impuesta al corrupto cuando es auditado por un auditor no corrupto sea suficientemente alta.

La elección racional ser no evasor, exige que el porcentaje de auditores corruptos sea menor que el valor umbral g_{ch} . Si $g_c > g_{hc}$ entonces los ciudadanos preferirán evadir. Este valor umbral aumenta a medida que la diferencia $M_c - i$ crece, esto quiere decir que cuando esta diferencia crece los ciudadanos

preferirán seguir cumpliendo sus obligaciones aun cuando el porcentaje de auditores corruptos sea mayor.

6. La dinámica del comportamiento evasor

Veamos a continuación como la dinámica del replicador permite analizar la evolución del comportamiento ciudadano.

Supongamos que en un momento determinado la distribución de los ciudadanos sobre los posibles comportamientos, corresponde al vector $x = (x_c, x_{nc})$ consideramos $x_c > 0$, $x_{nc} > 0$ verificándose además que $x_c + x_{nc} = 1$. Consideremos que la final de cada periodo fiscal, los ciudadanos deben elegir su comportamiento para el siguiente. Si los ciudadanos se comportan como individuos racionales todos ellos elegirán el comportamiento que ofrezca un mayor retorno esperado.

No obstante, es posible que no todos sean capaces de reconocer estos valores, porque por ejemplo, no conocen la verdadera distribución de los auditores. No obstante es posible suponer que habrá un flujo positivo hacia aquel comportamiento cuya utilidad esperada sea mayor.

Considerando que en $t = t_0$ la distribución está dada por el vector $x(t_0) = (x_c(t_0), x_{nc}(t_0))$, y que la distribución de auditores corruptos y no corruptos, la que puede ser desconocida, está dada por $g = (g_c, g_{nc})$.

Entonces la dinámica del replicador para este modelo es la siguiente:

$$\dot{x}_{nc} = [E(nc/g) - E(c/g)](1 - x_{nc})x_{nc} \quad (10)$$

$$\dot{x}_c = -\dot{x}_{nc}$$

Es decir, que la tasa a la que se incrementa el comportamiento no evasor es positiva, si el verdadero retorno esperado de esta estrategia es mayor que el asociado a la estrategia evasiva, aun cuando estos valores no sean conocidos por todos los individuos. Bajo condiciones de estricta racionalidad, todos los ciudadanos elegirán este comportamiento. Claro está, el comportamiento evasor tenderá a crecer si la igualdad opuesta en los valores esperados se verifica.

Esta dinámica posee tres equilibrios dinámicos dos triviales $x^e = (1, 0)$ y $x^e = (0, 1)$ y aquel que se obtiene cuando $E(nc/g) = E(c/g)$, éste corresponde al caso que $g_c < g_{nc}$. Para distribuciones tales que $g_c < g_{nc}$ la evolución dinámica será

hacia una situación en la que todo ciudadano es evasor, es decir $x^e = (0,1)$. Contrariamente en el caso en que $g_c < g_{nc}$, la economía evolucionará hacia una situación ideal en la que todos los ciudadanos cumplen sus obligaciones impositivas.

Ahora bien, el problema que enfrentamos es el de entender cómo, los individuos que no conocen la verdadera distribución g o los verdaderos retornos esperados asociados a sus comportamientos posibles, eligen qué hacer.

El comportamiento imitativo de los más exitosos, suele ser considerado como una posible explicación para estos casos.

7. El comportamiento imitativo

Representamos por $g = (c_c, g_{nc})$ la distribución de auditores entre sus tipos posibles, corruptos y no corruptos y consideremos que ésta está fija. Supongamos que los ciudadanos no tienen información completa acerca de esta distribución y que, por lo tanto, no pueden estimar correctamente los valores $E(c/g)$, $E(nc/g)$ en el momento en el que se requiere tomar una decisión. Lo que sigue se inspira [1].

Definición 1. Decimos que un individuo imita racionalmente, cuando frente a una disyuntiva entre diferentes tipos de comportamientos futuros posibles a seguir, opta por el comportamiento seguido por aquellas personas, que según sus creencias actuales, representa un mayor beneficio esperado.

Sin duda, esta elección individual, se ve influenciada por la apreciación social de estas conductas, en el momento de tomar una decisión.¹

En las secciones anteriores se asumió que las personas conocen los valores esperados asociados a sus posibles conductas, o elecciones estratégicas, sin embargo más realista es considerar que los individuos no tienen información completa sobre los beneficios esperados de sus decisiones. Los valores exactos de los beneficios esperados correspondientes a cada estrategia $E(c/g)$ y $E(nc/g)$, pueden no conocerse, sea porque se desconoce la

¹ Para una profundización en la definición de conducta imitativa racional consúltase a Sanditov, 2006.

distribución g de las instituciones y consecuentemente la probabilidad de ser castigados por el comportamiento corrupto, o porque se desconoce el grado de aceptación o de rechazo de la sociedad al comportamiento corrupto.

Consideraremos, a partir de ahora, que en presencia de información incompleta sobre el beneficio esperado de la conducta futura, los individuos revisores, tienden a decidir imitando el comportamiento de los que los rodean. Según las respuestas a preguntas tales como, ¿a quién imitan? ¿qué imitan? o ¿de qué forma lo hacen? obtendremos procesos evolutivos diferentes para una sociedad dada.

Asumimos que con probabilidad $r_i(x) \in [0, 1]$ en el instante t un individuo del tipo $i \in \{nc, c\}$ se transforma en revisor. Entendiendo por tal a un individuo que se hace así mismo la pregunta sobre si debe o no cambiar su conducta actual. De esta forma el vector de probabilidades $(r_c(x), r_{nc}(x))$ representará la tasa con la cual los individuos revisan su propia conducta según su tipo. Estas probabilidades dependerán, entre otras cosas, del estado de la sociedad, esto es de las distribuciones sobre los tipos de individuos y sobre los tipos de instituciones, así como de los beneficios obtenidos hasta el presente asociados a la conducta actual. Es natural suponer que la probabilidad de que una persona que se haga así misma esta pregunta, dependa inversamente del rendimiento obtenido por su conducta actual. Es decir, que la frecuencia con la que un individuo cuestiona su propia conducta, crece con el nivel de insatisfacción que ella le crea.

Asumiendo un continuo de agentes o individuos y por la ley de los grandes números, se puede modelar estos procesos estocásticos agregados como un flujo determinista. Por lo que la evolución de la población corresponde a la solución del sistema dinámico:

$$\begin{aligned} \dot{x}_{nc} &= r_c(x)P_{nc/c}x_c - r_c(x)p_{c/nc}x_{nc} \\ \dot{x}_c &= -\dot{x}_{nc} \\ x(t_0) &= (x_c(t_0), x_{nc}(t_0)), \end{aligned} \tag{11}$$

Donde p_{ji} representa la probabilidad de que un revisor del tipo i se adopte la conducta j siendo $i \neq j \in \{nc, c\}$. La probabilidad de que un individuo del tipo i se transforme en un individuo del tipo j quedará representada entonces por:

$$P(i \rightarrow j) = r_i p_{j/i}$$

es decir, por el producto de la probabilidad de revisor, por la probabilidad de que un revisor de la clase i devenga j .

El sistema (11) representa la interacción entre los dos grupos (corruptos y no) de las personas que imitan a sus vecinos. El lado derecho de $\dot{x}_{nc}$ es un modelo de entrada-salida: todos los estrategas corruptos convirtiéndose en no corruptos menos todos los no corruptos convirtiéndose en agentes corruptos. La ecuación diferencial (11) se puede escribir como:

$$\dot{x}_{nc} = r_c p_{nc/c} - x_{nc} (r_c p_{nc/c} + r_{nc} p_{c/nc}), \quad (12)$$

etiquetamos por

$$A = r_c p_{nc/c} + r_{nc} p_{c/nc} \text{ y } B = r_c p_{nc/c}.$$

de ahí la siguiente proposición.

Proposición 1. Si asumimos una conducta imitativa como fundamento de la elección del comportamiento individual, la distribución de los individuos sobre las posibles conductas, no corrupta o corrupta, converge a la distribución.

$$x^* = (x_{nc}^*, x_c^*) = \left(\frac{B}{A}, 1 - \frac{B}{A} \right) \gg 0.$$

Sólo hay una situación en la que el comportamiento corrupto desaparece en el largo plazo, es decir en la que y se alcanza el equilibrio $(x_c, x_{nc}) = (0, 1)$, y esto es cuando ningún agente honesto (o no corrupto) es revisor, y todos los corruptos lo son, $r_c = 1$.

Demostración: La solución del sistema (12) es

$$x_{nc}(t) = x_{nc}(t_0) \exp(-At) + \frac{B}{A},$$

donde $x_{nc}(t_0)$ es el porcentaje de individuos no corruptos en el momento inicial $t = t_0$. Se deduce entonces, que tal porcentaje converge a

$$\frac{B}{A} = \frac{r_c p_{nc/c}}{r_c p_{nc/c} + r_{nc} p_{c/nc}}$$

note que $x_{nc}(t) \rightarrow 1$ cuando $r_{nc} p_{c/nc} = 0$ lo que ocurre cuando todos los individuos no corruptos se quedan con su comportamiento actual.

Corolario 1. El porcentaje de individuos que siguen un comportamiento no corrupto, en el largo plazo, se incrementa con la probabilidad de que los individuos corruptos se hacen revisores, mientras que disminuye, si aumenta la probabilidad con la que los individuos de comportamiento honesto lo hacen.

Demostración: Basta considerar al cociente A/B como función de r_c y r_{nc} , se obtendrá entonces que: $\frac{\partial B/A}{\partial r_c} > 0$ mientras que $\frac{\partial B/A}{\partial r_{nc}} < 0$. •

En tanto que en el caso de imitación por insatisfacción estas probabilidades o frecuencias dependen de los resultados obtenidos por las conductas seguidas por los individuos de uno y otro tipo. La frecuencia será mayor en los corruptos que en los no corruptos, cada vez que $E(nc/g) > E(c/g)$; es decir, si $g_c < g_h$. Esto queda resumido en el siguiente corolario:

Corolario 2. Un incremento del valor umbral, g_{ch} trae aparejado un incremento, en el largo plazo, en el porcentaje de individuos que siguen un comportamiento honesto.

La proposición 1 y sus dos corolarios (1 y 2) establecen que, la casi totalidad de las trayectorias evolutivas posibles para la distribución poblacional, llevan en el largo plazo, a un estado mixto, en el que coexistirán los dos tipos de comportamiento. Pero la eficiencia institucional, determinará el predominio de uno u otro tipo de comportamiento. La eficiencia de las instituciones existentes en una sociedad, puede medirse a partir de la probabilidad con la que un individuo corrupto se hace revisor. Cuanto más eficientes, o menor el número de las instituciones corruptas, mayor será la probabilidad de que individuos corruptos se cuestionen su conducta.

Obsérvese que $\frac{B}{A} = \frac{P(c \rightarrow nc)}{P(c \rightarrow nc) + P(nc \rightarrow c)}$ lo que representa el peso relativo de la probabilidad de que un individuo corrupto cambie de clase respecto a la probabilidad de cambio de clase.

8. Guardias y prisioneros

Un ejemplo análogo al de inspectores y evasores, puede ser el del comportamiento de guardias y prisioneros en una cárcel. Los guardias pueden estar o no dispuestos a dejar escapar a los prisioneros, quienes pueden optar por intentar escapar o no de la prisión. Esta situación puede ser representada en forma de un juego normal de dos personas que se repite. La tabla 1 de estrategias y retornos la resume:

Tabla 1
Estrategias y retornos

	c	nc
e	V', s'	V'', s''
ne	$V, \bar{s}$	$V, \bar{s}$

En la tabla 1 se señalan dos tipos de individuos, los prisioneros y los guardias de la prisión, sus estrategias y retornos asociados. Consideraremos dos subpoblaciones de prisioneros, los que intentan escapar y los que no lo intentan. Estas actitudes definen dos estrategias puras: intentar escapar (e) y no intentar escapar (ne). Representamos a este conjunto por $P = \{e, ne\}$. La población de guardias se divide en dos subgrupos, el de los corruptos, dispuestos a dejar escapar a un prisionero a cambio de cierto pago y la de los no corruptos, es decir la de aquellos que cumplen con sus obligaciones. Estos comportamientos corresponden a dos estrategias puras, $G = \{c, nc\}$. Cuando un prisionero dispuesto a escapar, enfrenta a un guardia corrupto, se escapa. Suponemos que en términos de bienestar esto significa V' unidades para el evadido, mientras que el guardia recibe una suma de dinero adicional a su salario, pagado por el prófugo, que corresponde a s unidades de bienestar. Cuando un prisionero que intenta evadirse se enfrenta a un guardia no corrupto, el primero recibirá una pena mayor a la que ya tiene, lo que corresponde a V'' unidades de bienestar, mientras que el guardia obtendrá reconocimiento de sus superiores y un premio monetario, lo que equivale para él a s'' unidades de bienestar. Si un prisionero decide cumplir su condena independientemente de cómo sea el comportamiento del guardia, el recibirá V unidades de bienestar, o cumplirá su condena. El guardia corrupto se sentirá defraudado por lo que recibirá s' unidades de bienestar, mientras que el no corrupto recibirá s unidades de bienestar.

Obsérvese que las preferencias del guardia por seguir uno u otro tipo de conducta, no sólo se definen por las retribuciones monetarias, sino que estarán necesariamente influenciadas por la aceptación social de uno u otro comportamiento. Además, si bien en primera aproximación, podemos suponer que los retornos asociados a cada estrategia son claros y de conocimiento común, no es necesariamente así en la mayoría de las veces, pues estos retornos dependen de los acontecimientos futuros, los que *a priori* son desconocidos, aunque pueden ser intuitivos. Un prisionero evadido y vuelto

a capturar obtendrá una pena mayor que la original, por lo que en el momento de elegir su estrategia deberá tener en cuenta cuan eficiente es el sistema para capturar y castigar a los infractores de la ley. Un guardia que permita una evasión puede perder su empleo, e incluso conducido él mismo a prisión, etcétera. Es decir, que tanto guardias como prisioneros, elegirán sus estrategias en un marco de incertidumbre, guiados por sus propias creencias sobre el futuro. Sin duda, en la elección de las estrategias a seguir, el prestigio y la eficiencia reconocidas del sistema jurídico y policial jugará un papel importante a la hora de decidir qué hacer. Supongamos que la eficiencia del sistema es tal que la posibilidad de recaptura de un delincuente es baja y que la sociedad es indiferente frente a la corrupción. En este caso, la estrategia intentar escapar es dominante, así como lo será la corrupción policial. En este caso el equilibrio de Nash del juego resulta ser (e, c) es decir, los presos intentarán siempre escapar mientras que los guardias serán corruptos.

Ahora bien, si la situación social presiona sobre el comportamiento policial, exigiendo que las normas sean cumplidas, y se castigue a guardias que hayan sido atrapados en actos de connivencia con criminales, existirá un cierto porcentaje positivo de guardias corruptos y no corruptos. El prisionero deberá elegir una u otra estrategia, teniendo en cuenta las probabilidades de enfrentarse a un guardia corrupto o a uno no corrupto. Supongamos que la distribución de la población de guardias en un momento determinado es $g = (g_{nc}, g_c)$, el prisionero elegirá una u otra estrategia de acuerdo a sus valores esperados. Decidirá intentar la fuga si $E(e/g) > E(ne/g)$, no hacerlo si la desigualdad es la contraria y será indiferente si $E(e/g) = E(ne/g)$. Téngase en cuenta que estas desigualdades no dependen sólo de la distribución g sino entre otras cosas de la posibilidad de recaptura y procesamiento posterior, datos que definen los valores de V y V' . Dado que, la dinámica del replicador puede ajustarse a este ejemplo sin mayores dificultades, la evolución posible de los comportamientos, puede analizarse mediante las técnicas ya consideradas en el caso anterior.

Tómese en cuenta que si fijados todos los valores del juego indicados en la tabla que lo define, se verifica que

$$g_c < \frac{V - V''}{V' - V''} \quad (13)$$

entonces $E(ne/g) < E(e/g)$ Es decir, que si el porcentaje de guardias corruptos es menor que el valor umbral

$$g_{ch} = \frac{V - V''}{V' - V''} \quad (14)$$

entonces los prisioneros preferirán no intentar escapar. No obstante, en principio al menos, los prisioneros no conocen esta distribución, por lo que recurrirán a medios alternativos de evaluación de sus oportunidades, antes de tomar cualquier elección.

Por otra parte, es importante destacar que para que el valor umbral sea mayor, es decir que, aun cuando el número de guardias corruptos sea alto, resulte que $E(ne/g) > E(e/g)$, bastará con disminuir V'' , es decir aumentar el castigo impuesto al prófugo. Esto supone también mejorar las posibilidades de recaptura. Esta afirmación es resultado de considerar al valor umbral g_{hc} como función de $g_{hc}(V'')$. Resulta entonces que $g_{hc}(V'')$ es decreciente con V'' . Obsérvese que si $V'' > V$ la derivada del valor umbral con respecto a V'' resulta negativa. Es decir $g'_{hc}(V'') < 0$ si $V'' > V$. Es decir que, aun cuando el porcentaje de guardias corruptos sea relativamente alto, si el castigo que sufre el delincuente que intentó escapar y es capturado es alto, puede resultar que el valor esperando de intentar escapar sea menor que el de no intentar hacerlo.

Una interrogante importante será la de cómo modificar g en un sentido favorable a la legalidad. Sin duda los guardias deberán elegir entre los valores esperados de sus estrategias posibles. A los efectos de que ser no corrupto, sea preferible a ser un guardia corrupto, es necesario aumentar el reconocimiento de este comportamiento, lo que requiere el reconocimientos social y pecuniario, y una mayor reprobación social al comportamiento corrupto, de forma tal que los valores s' y aun s' sean muy bajos, lo que implica un bajo retorno asociado a la estrategia corrupto.

9. Observaciones finales

El trabajo presentado pretende mostrar cómo el marco teórico clásico, en el que los individuos son maximizadores de su bienestar, puede ser complementado con la teoría evolutiva, cuando la racionalidad es limitada. Es natural suponer que un tomador de decisiones, cuando no dispone de información, tiempo o recursos para resolver los problemas de optimización

una decisión, implica que busque alternativas para hacerlo. A la vez que pretende mostrar la posibilidad de construir una dinámica que indique la evolución de la sociedad, a partir del conocimiento de la forma de actuar de los individuos o grupos que la integran.

La imitación del comportamiento de los individuos considerados más exitosos es un recurso ampliamente utilizado. Naturalmente, esto puede dar lugar a errores de diversa índole, algunos basados en mala apreciación por parte del imitador, otros por cuestiones aleatorias, como, por ejemplo, que un estado de la naturaleza favorable haya sido la base sobre la que cierto comportamiento se mostró como exitoso. Este tipo de razonamiento permite mostrar la evolución de una economía en equilibrio, donde los gerentes de las firmas se ven presionados por obtener altas tasas de ganancia, o bien del comportamiento de una institución como en el caso de este trabajo.

Aquí mostramos cómo las características de una institución determinan el comportamiento de los ciudadanos. La institución fue caracterizada por la distribución g . El valor umbral g_{hc} divide el tipo de influencia que esta institución puede tener sobre los ciudadanos. Es a la autoridad central que corresponde modificar la situación vigente cuando la distribución es tal, que el porcentaje de corruptos sobrepasa este valor umbral. En este caso deberá, o bien disminuir la presión tributaria, o bien aumentar el castigo a los evasores. Medidas de este tipo pondrán a la institución en la cuenca de atracción del equilibrio alto en el que todos los ciudadanos preferirían ser no evasores. Un interesante ejemplo que muestra cómo es posible modificar la cuenca de atracción de los equilibrios de la economía se muestra en [3]. Entendiendo aquí, por cuenca de atracción, el conjunto de las dotaciones que hacen que la economía o las instituciones evolucionen hacia un determinado equilibrio de la dinámica del replicador.

En el ejemplo sobre guardias y prisioneros se muestra cómo el ambiente social en el que el juego, que se lleva adelante tiene un peso decisivo. Pues si el comportamiento corrupto de la guardia es mal considerado socialmente, entonces perderá valor seguirlo. Corresponde a la autoridad central diseñar un mecanismo eficiente que incentive el comportamiento acorde a la ley y afirme la creencia de que el corrupto será castigado. Nótese que ante la incertidumbre sobre penas y premios esperados asociados a uno a otro comportamiento, imitar a los considerados más exitosos resulta una buena opción, relativamente fácil y barata de implementar; de ahí que una sociedad con una

justicia ineficiente y corrupta tienda a motivar este tipo de comportamiento, pues serán vistos como exitosos y, por lo tanto, objeto de imitación, aquellos individuos que se desempeñan al margen de la ley.

Referencias

- Accinelli, E. (2010). "Evolución y crisis en un modelo de equilibrio general", *Documento de trabajo* 09. Departamento de Economía de la Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de la República. ISSN:0797-7484.
- Accinelli, E.; S. London, L. Punzo y E. Carrera, "Complementarities Efficiency and Nash Equilibria in the Populations of Firms and Workers". *Journal of Economics and Econometrics*, vol 53, No. 1, pp. 90-110.
- Accinelli, E.; B. Bazzano, F. Robledo y P. Romero (2015). "Nash Equilibrium in Evolutionary Competitive Models of firms and workers", vol. 2, No. 1 *Journal of Dynamics and Games*, pp. 1-32.
- Accinelli, E. y E. Carera "Corruption driven by imitative behavior", *Economics Letters* vol. 117, Mayo 2012, pp. 84-87.
- Accinelli, E.; E. Carrera y L. Policardo, "On the dynamics and effects of corruption on environmental protection". *Modelling, Optimization and BioEconomics*, editors Alberto Pinto (INESC-TEC, University of Porto, Portugal) Marcelo Viana (IMPA, Rio de Janeiro, Brazil). Series: Springer Proceedings in Mathematics & Statistics, vol. 73 Ch. 3, June 2014, pp. 85-120.
- Aumann R. J. y S. Hart (1994). *The theory of general economic equilibrium: A differentiable approach*. vol. 2, Cambridge University Press, Elsevier, Amsterdam, pp. 929-993.
- Foundations of the theory General Equilibrium (1988). Academ. Press, pp. 929-993.
- Debreu, G. (1983). *Mathematical Economics. Econometric Society Monographs*. Cambridge University Press, pp. 230-275.
- Mantel, R. (1974). "On the characterization of aggregate excess demand". *Journal of Economic Theory*. 7: pp. 348-353.
- Maynard Smith, J. y J.R. Price (1973). "The logic of conflict animal", *Nature*, 246: 15-18.
- Sanditov, B. (2006). "Essays on Social Learning and Imitation", Ph.D. thesis, Maastricht University, pp. 145-197.
- Weibull, J. W. (1995). *Evolutionary game theory*, MIT Press, pp. 190-230.