

January 1999

Tendencias recientes en la teorización con fines regulatorios en lo económico y ambiental

Nohra León Rodríguez

Universidad de La Salle, Bogotá, revista_uls@lasalle.edu.co

Follow this and additional works at: <https://ciencia.lasalle.edu.co/ruls>

Citación recomendada

León Rodríguez, N. (1999). Tendencias recientes en la teorización con fines regulatorios en lo económico y ambiental. *Revista de la Universidad de La Salle*, (28), 19-42.

This Artículo de Revista is brought to you for free and open access by the Revistas de divulgación at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in *Revista de la Universidad de La Salle* by an authorized editor of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

Tendencias recientes en la teorización con fines regulatorios en lo económico y ambiental

Nohra León Rodríguez

Magíster en Economía y candidata a Ph.D. en Economía

Profesora Universidad Nacional de Colombia

Benjamín Afanador Vargas

Magíster en Economía y en Estudios Políticos

y de la Escuela Superior de Administración Pública (ESAP)

Profesor Universidad De La Salle

En los últimos años hemos asistido al retorno del interés de los expertos en las disciplinas sociales y particularmente de la economía, por los postulados y luces de los clásicos para tratar de interpretar e incidir eficazmente en las condiciones de cambios acelerados y cada vez más desconcertantes en nuestra estructura social y de esa sociedad con el Estado.

Autores como Adam Smith, T.R. Malthus, C. Marx entre otros, abordaron la economía como una ciencia social en el sentido más amplio posible. La economía política era una investi-

gación sobre el análisis, las instituciones, la política y la formación política. Smith concilia el interés del individuo con el interés de la sociedad. Los individuos y las libertades individuales,

compitiendo entre sí, establecen tanto la disciplina social como un resultado individual y colectivo eficiente.

El principio de la competencia es el principal pilar de la teoría clásica y de la teoría de los mercados. Sus cimientos se encuentran anclados en la premisa del escogimiento racional y la búsqueda por parte de casi todo individuo de su "propio interés".

En la medida en que el conocimiento humano pasa del enciclopedismo a áreas especializadas, la disciplina económica también va focalizando su objeto de investigación hasta llegar a finales del siglo XX, al punto en que algunas instituciones académicas, especialmente de influencia anglosajona, consideran a la economía más como una rama de la matemática aplicada que como una ciencia social. No obstante, como una reacción ante la pérdida de la racionalidad humana en los formalismos cuánticos, un grupo cada vez más amplio e influyente de economistas (V. gr. A. Sen, último premio Nobel de economía), han mostrado interés en la relación entre la política (comportamiento e instituciones políticas) y los motivos de los actores económicos, que en la tradición clásica *están movidos por su propio in-*

El principio de la competencia es el principal pilar de la teoría clásica y de la teoría de los mercados. Sus cimientos se encuentran anclados en la premisa del escogimiento racional y la búsqueda por parte de casi todo individuo de su "propio interés".

terés; pero, en los nuevos enfoques de la investigación económica se trata justamente de indagar hasta qué punto pueden incidir otros factores en la conducta de estos actores económicos para la toma de decisiones ante problemas tan relevantes como lo ambiental y en general en relación con el complejo universo de una economía globalizada.

En este nuevo contexto, la falta de control del mundo en que nos movemos, es considerada como debida a que los demás sujetos que se ven afectados por nuestras decisiones y acciones, reaccionan a nuestro comportamiento, sin limitarse a observar positivamente el desarrollo de los acontecimientos. Hay una interacción continua entre nosotros y los demás, entre unas empresas y otras, entre unos departamentos y otros, entre unos países y otros... (Gómez-Pomar 1998). En consecuencia el comportamiento de los individuos y de la sociedad va a estar influida, y en buena forma explicada, en primer lugar

por la forma en que los distintos agentes prevén que los demás reaccionarán y viceversa.

Como un segundo pilar para la nueva investigación económica está la idea de racionalidad o comportamiento ra-

cional, esto es la forma como los distintos agentes ajustan su conducta a sus preferencias y para elegir aquello que más les satisface.

Luego de una revisión detenida a la literatura especializada y de más reciente divulgación, uno podría clasificar en cuatro grandes grupos las tendencias y enfoques investigativos con fines regulatorios y de orientación medioambiental. En primer lugar se destacan los trabajos que pretenden establecer una teoría general o de contexto para la regulación con preocupaciones especiales por temas medioambientales; en un segundo grupo estarían quienes hacen particular énfasis en el comportamiento de los individuos y pretenden a partir de sus fuerzas motivantes explicar la estrategia de política o acción del Estado; como tercera división, podríamos señalar a las investigaciones que ubican más en las teorías de las firmas y su sensibilidad por el riesgo, como el objeto de su indagación; como cuarto y última gran tendencia, tal vez la de mayor profusión bibliográfica y menor acceso para no iniciados en estas técnicas, están quienes se esfuerzan en el refinamiento de modelos comportamentales, que recogen en conjunto ideas y desarrollos del universo de investigadores sobre formulación y contrastación de modelos y juegos dinámicos y evolucionarios, principalmente.

1. Teorías sobre la Regulación y el Medio Ambiente

En un trabajo de perspectiva sobre economía ambiental, M.L. Cropper y W. Oates¹ presentan en una revisión de la teoría de la regulación, la exploración de los recientes resultados teóricos, observando la elección entre los instrumentos de política para el control de las externalidades: derechos de contaminación y permisos de emisión mercadeables. Su trabajo cubre la teoría de las externalidades con aplicaciones de política, bajo un enfoque sobre la estructuración e implementación de medidas reales para el manejo ambiental; revisan el trabajo de economistas ambientales intentando moverse desde teoremas formales a medida que dirigen la variedad de resultados, a confrontar a un regulador ambiental. Como parte de este tratamiento describen y evalúan rápidamente las experiencias, de los Estados Unidos y Europa, respecto a los incentivos económicos para el control de la polución. Adicionalmente exploran una serie de asuntos de -regulación centralización-descentralización de la autoridad regulatoria-, efectos internacionales de las políticas ambientales nacionales, cuestión sobre la cual los economistas ambientales han expresado algunas opiniones.

Cropper y Oates, dedican un gran esfuerzo para examinar la importancia

¹ Cropper Maureen L. and Wallace Oates. *Environmental Economics: A Survey*. en *Journal of Economic Literature* Vol. XXX: 675-740 (1992).

dada por los especialistas ambientalistas a la valoración de la "vida humana" y la llamada valoración contingente. La primera vinculada a la medición de costos y beneficios de programas ambientales. Esta ha sido particularmente un área de menor problema por dos razones: primero muchos de los beneficios y costos de estos programas involucran elementos por los cuales no se tiene disponible una medida de mercado: los beneficios de salud y mejoramiento estético. Segundo, la política de mercados, tal vez comprensible, ha sido renuente al empleo de medidas monetarias de aspectos tales como "*el valor de la vida humana*" en el cálculo de la política ambiental. Sin embargo, los economistas ambientales, han dado algunos pasos importantes en la evaluación de servicios ambientales no mercadeables y han mostrado, que ellos mismos son capaces de introducir la discusión de estas medidas por caminos más efectivos en la arena de la política.

De otro lado, han sido considerables los progresos en dos frentes: primero, los economistas ambientales han mostrado una considerable ingeniosidad en el desarrollo de técnicas que exploran las relaciones entre calidad ambiental y mercados de bienes. Estos métodos permiten inferir el valor de mejoramiento ambiental desde los precios de mercado de bienes, que se expresan en varios trabajos relacionados. Segundo, los economistas ambientales han tornado a una aproximación considerada históricamente, con sospecha, en nuestra profesión: el cuestionamiento directo de los individuos acerca de su eva-

luación de bienes ambientales, desarrollando una aproximación, con considerable sofisticación, a la así llamada "*valoración contingente*"; ellos han sido capaces de obtener aparentemente respuestas confiables a estas cuestiones, involucrando la valoración de una mejora ambiental.

De esta forma Cropper y Oates entregan un avance al tratamiento de medición de beneficios y costos, con una revisión de casos, donde el análisis costo-beneficio ha sido actualmente usado en el marco de estándares ambientales. Esto provee una oportunidad para una total valoración de esta experiencia y también para algunas opiniones sobre dónde tales análisis son más necesarios. Concluyen la sección VI y última, con algunas reflexiones sobre el estado de la economía ambiental y su potencial contribución a la formulación de políticas públicas.

No obstante y dado el interés del presente ensayo sobre la aproximación a las metodologías regulatorias, a continuación nos referiremos de manera particular a su contribución respecto a *la teoría normativa y la regulación ambiental*. Parten en esta sección de reiterar como fuente de los principios básicos económicos de la política ambiental a *la teoría de las externalidades*; la literatura en este sentido es enorme. Los autores intentan en esta dirección, esbozar en líneas generales lo que ven como el resultado central desde la literatura, con un énfasis sobre sus implicaciones para el diseño de la política ambiental; consideran que la aproximación estándar en la literatura econó-

mica ambiental, caracteriza la polución como un mal público que resulta asociado con la producción de bienes privados. La relación básica es expresada en forma abreviada como:

$$U = U(X, Q) \quad (1)$$

$$X = X(L, E, Q) \quad (2)$$

$$Q = Q(E) \quad (3)$$

Donde los signos asumidos de las derivadas parciales son $U_x > 0$, $U_q < 0$, $X_L > 0$, $X_E > 0$, $X_q < 0$ y $Q_E > 0$. La utilidad de un consumidor representativo en la ecuación (1) depende de un vector de bienes consumidos (X) y del nivel de polución (Q). La polución resultante desde las emisiones de desechos (E) en la producción de X , como indica (2). Nótese que la función de producción en (2) incluye como insumos un vector convencional de insumos (L) como trabajo y capital, la calidad de las descargas de desechos (E) y el nivel de polución (Q). En esta formulación los desechos de emisiones son tratados simplemente como otro factor de producción.

La función de producción también incluye como un argumento el nivel de polución (Q), en el sentido en que la polución puede estar en detrimento de la producción, así como produciendo una desutilidad a los consumidores. El nivel de polución es así mismo alguna función del vector de emisiones (E) de todas las unidades producidas. En el caso muy simple Q sería tomada igual a la suma de las emisiones sobre todos los productores. Luego presentan una extensión del modelo que involucra la introducción explícita de las actividades defensivas sobre las víctimas; ellos

pueden enmendar la función de utilidad:

$$U = U[X, F(L, Q)] \quad (4)$$

E indica que los individuos pueden emplear un vector de insumos (L) a reducir en algún sentido, su exposición a la contaminación. El nivel de polución al cual el individuo está expuesto actualmente (F) dependerá de la extensión de la polución (Q) y sobre el empleo de insumos en la actividad defensiva (L). Obviamente, señalan Maureen y Oates, introduciríamos tales actividades defensivas para buenos productores. Proponen un sencillo ejercicio a maximizar la utilidad de nuestro individuo representativo (o grupo de individuos) sujeto a (2) y (3) como restricciones, junto con una nueva restricción sobre la disponibilidad del recurso. Este ejercicio produce un set de condiciones de primer orden para un resultado Pareto-eficiente; lo de resaltar aquí es la condición que toma la forma:

$$\frac{\partial X}{\partial E} = - \left[\sum \frac{\partial U}{\partial Q} \frac{\partial U}{\partial E} \right] / \frac{\partial U}{\partial X} + \sum \frac{\partial X}{\partial Q} \frac{\partial Q}{\partial E} \quad (5)$$

Esta ecuación indica que las firmas polutantes extenderán sus descargas de desechos, al punto en el cual el producto marginal de estas emisiones igualan a la suma del daño marginal que ellos imponen sobre consumidores y sobre productores; o señala que medir control-polución podría ser seguido por cada agente polutante al punto en el cual el beneficio marginal de reducir la polución iguala el costo marginal de reducción.

Otro de los resultados de las condiciones de primer orden relativas al nivel eficiente de actividades defensivas, expresadas en:

$$\frac{\partial U}{\partial F} \frac{\partial F}{\partial L} = \frac{\partial U}{\partial X} \frac{\partial X}{\partial L} \quad (6)$$

la cual dice simplemente que el valor marginal de cada insumo será equiparable en su uso en la producción y actividades defensivas.

El siguiente paso es la derivación de las condiciones de primer orden caracterizando un mercado competitivo en equilibrio, donde se encuentra que las firmas competitivas con libre acceso a recursos ambientales continuarán ocupándose en actividades polutantes, hasta el retorno marginal igual a cero, es decir donde $\partial X / \partial E = 0$; los autores obtienen así un resultado familiar.

La implicación de política de estos resultados es clara. Los agentes polutantes necesitan ser confrontados con un precio igual al costo marginal externo de sus actividades polutantes e inducen la internalización, al margen de todo el costo social de su actividad. El precio de un incentivo tal, puede tomar la forma de la familiar "*tasa pigoviana*", un impuesto sobre el agente polutante igual al daño marginal social. En la precedente formulación, la tasa sería un set igual a la expresión en la ecuación (5). Asumiendo alguna sustitución entre insumos de producción, *la tasa pigoviana* tomaría la forma de un impuesto por unidad de desecho de emisión en el ambiente. La

derivación de las condiciones de primer orden caracterizando el comportamiento utilidad-maximización por campos individuales resulta de interés. Puesto que las actividades defensivas en el modelo proveen sólo beneficios privados, los autores encontraron que el individuo de comportamiento maximizador satisface las condiciones de primer orden (Pareto eficiente) para tales actividades.

En un ángulo diferente, el esfuerzo realizado por Laffont² por brindar un cubrimiento amplio sobre los desarrollos recientes en la economía regulatoria parte de señalar que la nueva economía de la regulación es una aplicación de la metodología de principal-agente de la relación contractual entre reguladores y firmas reguladas. El principal maximiza su bienestar social bajo restricciones de incentivos que resulta desde la ventaja informacional del agente y su comportamiento estratégico. El problema de la regulación esencialmente es un problema de control bajo información incompleta y el resultado obtenido en la literatura tiene un amplio interés más en la propia regulación, como se intenta enfatizar en los comentarios finales.

El punto de partida del trabajo de Laffont es una crítica de los paradigmas tradicionales de regulación, desde el punto de vista de la economía de la información, señalando de un lado la ausencia de una visión teórica, la cual le puede dar sentido a la práctica del costo del servicio de regulación; de otro lado cualquiera de los objetivos

² Laffont Jean Jacques. The New Economics of Regulation Ten Years After. en *Econometría* Vol. 62 (1994).

de los reguladores son fundamentalmente restringidos por su falta de información sobre las firmas reguladas.

En este contexto, según Laffont el primer paso de la nueva teoría de la regulación ha sido formulado como un problema de regulación de agencia. En los 10 años a partir de 1982 con el trabajo de Baron-Myerson y posteriormente el libro de Tirole (1993), ha sido desarrollada una teoría de incentivos y regulación; tales esfuerzos y desarrollos permiten afirmar que:

1. La innovación teórica expresa el esfuerzo por entender muy concretamente el fenómeno.
2. Ha entregado un set de resultados muy concretos de teoría de contratos que serían usados además en otros campos.
3. A pesar de la falta de alcance comprensivo de todos los asuntos de regulación, ha entregado un marco teórico para estudios empíricos.

En la práctica las reglas regulatorias son objeto de varios cuidados más allá de las restricciones informacionales que refiere el autor en la primera parte de

su paper: Las restricciones políticas y en particular restricciones transaccionales; para lo cual se han diseñado simulaciones sobre modelos calibrados; por ejemplo el trabajo de Wolak, donde utiliza restricciones estructurales derivadas desde la nueva economía de la regulación, entregando así un buen

punto de vista que los procesos regulatorios completos podrían ser modelados en orden a garantizar la consistencia paramétrica de estimación, en razón fundamental a la producción de tecnología.

En sus comentarios finales Laffont sugiere unos posibles caminos de investigación, abordando el ámbito de la nueva economía de la regulación por aplicaciones a cuestiones tales como: regulación ambiental, la economía del desarrollo, protección a los consumidores, estrategias de comercio internacional y regulación, de las actividades financieras.

El esquema de incentivos de regulación ha

sido desarrollado extensamente y separadamente de los procesos de auditaje; y muestran que una mayor integración entre los instrumentos será bienvenida. La integración de la teoría de incentivos y restricciones está progresando lentamente; la economía de

El esquema de incentivos de regulación ha sido desarrollado extensamente y separadamente de los procesos de auditaje; y muestran que una mayor integración entre los instrumentos será bienvenida. La integración de la teoría de incentivos y restricciones está progresando lentamente; la economía de la regulación como alguna otra aplicación de teoría de incentivos requiere mucho más trabajo en esta dirección; mucha de la literatura sobre regulación ha sido desarrollada con poca atención a restricciones financieras.

la regulación como alguna otra aplicación de teoría de incentivos requiere mucho más trabajo en esta dirección; mucha de la literatura sobre regulación ha sido desarrollada con poca atención a restricciones financieras.

Similarmente, desde esta perspectiva global se considera que una política económica más positiva de la regulación requiere una mayor explicación por el carácter no comprensivo de la regulación definida a nivel constitucional. La nueva economía de la regulación es algunas veces criticada por su descripción bayesiana no realista de información asimétrica, a pesar de reconocerse la aproximación teórica que logra, es necesario un primer paso, el cual sería complementado en varias direcciones: ausencia de conocimiento común, manipulación de creencias, robustes, etc.; esta última dirección de investigación claramente gira hacia un mundo más realista de contratación incompleta.

2. Modelos Basados en el Comportamiento de los Individuos

Para la economía neoclásica los agentes económicos son racionales y movidos por su propio interés; pero, ¿qué hacer si los agentes no son racionales?. Las investigaciones empíricas muestran que las personas no son siempre racionales, consistentes, o movidas por su propio interés. Estas

preocupaciones han dado origen a lo que la literatura llama la "Economía del Comportamiento Humano", la cual supone que la racionalidad no es siempre la motivación.

En este orden de ideas y aunque el concepto de equilibrio de Nash³ ha sido usado extensamente en muchos contextos, la teoría de juegos ha sido infructuosa explicando cómo conocen los jugadores que un equilibrio de Nash será jugado. Por otra parte la teoría tradicional es poco elocuente, sobre cómo conocen los jugadores que el equilibrio de Nash es jugado, si un juego tiene un equilibrio múltiple de Nash igualmente plausible. En consecuencia han surgido teorías introspectivas que intentan explicar el equilibrio del juego directamente a la construcción de la decisión individual, suponiendo un nivel informacional impuesto muy fuerte y de este modo estar o ser reconocidos a medida que tienen serias deficiencias en la toma de decisiones.

Como consecuencia, la atención ha cambiado a explicaciones evolucionarias de equilibrio, motivados por el trabajo en teoría de juegos evolucionarios, de biólogos; en particular el trabajo final de Smith (1973) y Price, visto también por Smith (1982). Dos hechos distinguen esta aproximación desde la introspectiva; primero los jugadores no están identificados como racionales, o se asume que no están enterados de cómo los otros jugadores eligen correctamente; segundo: se parte de un proceso dinámico explícito y

³ El equilibrio de Nash o solución competitiva consiste en maximizar la utilidad a tal punto que los otros mantengan su utilidad constante, lo cual da lugar a una solución estable, pero no óptima en el sentido de Pareto

especificado describiendo cómo los jugadores ajustan sus elecciones sobre el tiempo y la forma como ellos aprenden (desde la experiencia) acerca de las elecciones de otros jugadores.

Por lo tanto es posible, esta tentativa aproximada a explicar cómo un equilibrio emerge, basada en el aprendizaje de ensayo-error. La aproximación evolucionaria es reconocida por van Damme (1987) y Mailath (1992); muchos papers han explorado esta aproximación incluyendo Friedman (1991), Fudenberg y Maskin (1990), Nachbar (1990) y Binmore y Samuelson (1992). El trabajo de Nelson y Winter (el cual culminó con su libro (1982)) podría también ser mencionado por su énfasis sobre la importancia de las ideas evolucionarias en la explicación del cambio económico.

La propuesta de este acápite es la extensión de estas ideas -más importantes- y agregar una nueva perspectiva sobre el problema de la elección de equilibrio. Específicamente *KMR*⁴ (como se denominarán de aquí en adelante) siguen el trabajo pionero de Forster y Young (1990), el primero argumenta que en juegos con múltiples estrictos equilibrios de Nash, algunos equilibrios surgen con mayor probabilidad de otros, en la presencia de continuos y pequeños shocks estocásticos.

En este documento, los autores introducen un marco discreto dirigido a este uso y a desarrollar una técnica general para determinar la mayor probabilidad o equilibrio de largo plazo; aplican esta técnica a la clase de juegos simétricos 2x2 y muestran que para juegos de coordinación, el equilibrio de largo plazo coincide con el equilibrio riesgo-dominante. De este modo su marco teórico provee una conexión entre la aproximación evolucionaria y el criterio riesgo-dominante. *KMR*, intentan más una contribución al aumento de la literatura sobre "bounded rationality" (racionalidad restringida) y aprendizaje. Por tanto, la hipótesis que emplean aquí refleja una capacidad limitada a recibir y codificar. Sobre el acto de información, ellos vuelven en el curso de las jugadas o adopción de decisiones.

En particular consideran la situación donde un tipo de jugadas es repetidamente adoptada. En este contexto de análisis plantean las siguientes tres hipótesis:

1. No todos los agentes necesitan reaccionar instantáneamente a su ambiente.
2. Cuando los agentes reaccionan, ellos reaccionan miópicamente.
3. Hay una pequeña probabilidad que los agentes cambien sus estrategias al azar o aleatoriamente; ellos consideran estas descripciones de comportamiento racional restringido y argumentan que ellos también pueden ser justificados como comportamiento racional bajo algunas circunstancias. Primero se colocan

⁴ Kandori Michihiro, Mailath George and Rob Rafael. Learning, Mutation, and Long Run Equilibria in Games. en *Econometrica* Vol. 61 No. 1. 29-56 (1993).

fuera de las motivaciones de las tres hipótesis y luego discuten algunas interpretaciones específicas.

La lógica fundamental de estas hipótesis es como sigue: una estrategia es un juego en general, existe un objeto complicado especificando las acciones que uno podría tomar dadas varias contingencias, o que uno es capaz de observarlo. Sin embargo, las observaciones de los jugadores son imperfectas, sus conocimientos de como los pagos dependen de una estrategia de elección, deben ser tenues y cambiar sus estrategias sería costoso. La presencia de inercia es entonces sugerida por la existencia de tal incertidumbre y lo costoso de los ajustes.

La hipótesis de miopía también captura un segundo aspecto del aprendizaje, el cual consideran importante, a saber: imitación o emulación. Aquí, la idea es que el mundo es un complicado espacio y los agentes no pueden calcular la mejor respuesta a su estado ambiente. La gente aprende que las buenas estrategias por observación han sido trabajadas por otras gentes. La cantidad de supuestos de miopía, expresando que al mismo tiempo los jugadores están aprendiendo; ellos no han tomado en cuenta las implicaciones de su estrategia de elección en el largo plazo; entonces los agentes actúan como si cada estado/juego fuese el último.

La mutación juega un rol central en el análisis. Con alguna pequeña probabilidad cada agente juega una estrategia arbitraria. Una interpretación económica es que un juego existe con al-

guna probabilidad y es reemplazado con un nuevo jugador, quien no conoce nada acerca del juego y su elección una estrategia aleatoria. El modelo admite una variedad de interpretaciones con diferentes tipos de racionalidad restringida. La primera interpretación es que los jugadores aprenden gradualmente la estrategia de distribución en la sociedad. En algún momento dado una pequeña fracción de la población, está exógenamente dando oportunidades de observar la distribución exacta en la sociedad y de tomar la mejor respuesta. Un importante aspecto de la bounded rationality en esta interpretación, es el supuesto que jugadores no informados no cambian sus estrategias de elección, incluso aunque ellos puedan recibir conocimiento parcial de la corriente de distribución de estrategia, durante o a través de jugadas aleatorias. Aunque tales comportamientos cautelosos podrían ser inconsistentes con racionalidad bayesiana, ellos parecen estar inclinados a adoptar aspectos del comportamiento observado.

La segunda interpretación es que los jugadores son completamente ingenuos y no realizan cálculos de optimización. Mas bien los jugadores a veces observan el curso de las realizaciones de otros jugadores y simplemente imitan la mayoría de las estrategias exitosas. Nótese que en la primera interpretación son capaces de calcular mejor la respuesta y aprenden la estrategia de distribución del juego en sociedad. En la segunda interpretación, los jugadores son menos sofisticados en que ellos no conocen cómo el cálculo

lo de mejor respuesta y cómo otros jugadores están usando otras estrategias exitosas, como guías para sus propias elecciones. Aunque el primer aspecto de aprendizaje es ciertamente un aspecto importante de racionalidad restringida; el segundo aspecto es también importante; como ejemplo de la hipótesis central en economía, y según la cual los agentes optimizadores han sido justificados por un llamado a la selección natural (Ver Alchian 1950 y Friedman 1951).

En la tercera interpretación los jugadores son racionales, con perfecta previsión, hay una inercia significativa; por ejemplo una estrategia debe ser la elección de tecnología y si el costo de un nuevo equipo es bastante grande, un jugador(a) cambiará su estrategia solo cuando el deterioro del equipo hace indispensable su reemplazo. Si la oportunidad de cambiar una estrategia es frecuente, una respuesta más miope a la estrategia corriente de distribución debe ser justificada como totalmente racional. Los autores citados presentan un ejemplo de un juego discreto, el cual puede ser interpretado a lo largo de estas líneas. Ellos formalizan estas ideas en un modelo con una población finita, de jugadores, en la cual los jugadores

realizan jugadas repetidas dentro de un período dado y un estado del juego. Los autores entonces, sólo imponen una débil condición de monotonicidad reflejando la inercia e hipótesis de miopía, sobre la dinámica que describe el cambio intertemporal en el número de jugadores para cada estrategia.

Una estrategia debe ser la elección de tecnología y si el costo de un nuevo equipo es bastante grande, un jugador(a) cambiará su estrategia solo cuando el deterioro del equipo hace indispensable su reemplazo. Si la oportunidad de cambiar una estrategia es frecuente, una respuesta más miope a la estrategia corriente de distribución debe ser justificada como totalmente racional.

El comportamiento individual es entonces perturbado por shocks independientes. En esta producción dinámica con un componente estocástico; la novedad de la aproximación viene desde el enfoque sobre el comportamiento del sistema en el largo plazo, donde un número no despreciable de mutaciones puede ocurrir. En contraste la literatura sobre juegos evolucionarios (Maynard Smith y Price (1973), Taylor y Junker (1978) referidos a la estabilidad de equilibrio contra mutaciones, las cuales son pequeñas perturbaciones de equilibrio. Para una tasa dada de muta-

ción, *KMR* notan que hay una única distribución estacionaria sobre el número de jugadores en cada estrategia y que esta distribución es alcanzada en el largo plazo, sin tener en cuenta la condición inicial. Entonces ellos caracterizan el límite de esta distribución como la tasa de mutación que va a cero

en juegos simétricos 2x2. Cuando el juego tiene dos equilibrios simétricos estrictos de Nash, el límite de distribución de una probabilidad dada sobre el equilibrio que satisface el criterio de riesgo-dominancia de Harsanyi y Selten (1988).

En particular si entre las estrategias tienen igual nivel de seguridad el límite de distribución de rangos de probabilidad, sobre el equilibrio Pareto dominante Nash. Este resultado sólo requiere la débil condición de monotonidad y así es independiente de la especificación precisa de la dinámica Darwiniana. Esto será contrastado con Foster y Young (1990), donde el equilibrio estable depende del detalle adicional de la dinámica tal como el ajuste rápido. La principal diferencia en las formulaciones de los dos modelos está en la fuente de la aleatoriedad.

Introducen entonces aleatoriedad a nivel del jugador individual por mutaciones independientes. Foster y Young (1990) de otro lado, aplicando las técnicas de perturbación de sistemas dinámicos en Freidlin y Wentzell (1984), consideran un modelo con una población continua, en la cual una noción Brownian refleja aleatoriedad agregada en la población. Las mutaciones individuales independientes producen un proceso estocástico, que es cualitativamente diferente en Foster y Young, donde el equilibrio de largo plazo depende solo de la probabilidad de grandes saltos alrededor de la base de atracción de la dinámica determinística. Puesto que la probabilidad depende

solo de la estructura de pagos del juego, nuestras predicciones son independientes de los finos detalles de la dinámica determinística. En contraste pequeños movimientos graduales juegan un rol crucial en Foster y Young (1990) y por lo tanto sus resultados no son independientes del ajuste rápido.

Jéhiel⁵ nos muestra cómo dentro de la vertiente de investigadores que han brindado sus aportes a la teoría regulatoria, desde el enfoque del comportamiento individual, algunas aproximaciones a la bounded rationality en juegos repetidos han predominado hasta ahora. Una primera aproximación es la concerniente a la complejidad de las estrategias usadas por los jugadores (Neyman (1985); Rubinstein (1986)), algunos autores sugieren incluir la complejidad concerniente a los objetivos de los jugadores (Rubinstein (1986)). Otras aproximaciones limitan la atención a estrategias con bounded recall. Finalmente algunas literaturas de aprendizaje asumen que los jugadores son míopes incluso aunque ellos actúen en ambientes de largo plazo.

Jéhiel (1995) considera una alternativa aproximada a bounded rationality tomando el punto de vista que cuando el horizonte es también grande, es improbable que los individuos sean capaces de pronosticar correctamente todo su futuro. Ellos subsecuentemente toman sus decisiones sobre la base del limitado horizonte de su pronóstico. Específicamente Jéhiel considera dos jugadores, movimientos alternos en juegos repetidos con espacios de acción

⁵ Jéhiel Philippe. Learning to Play Limited Forecast Equilibria. en Games and Economic Behavior 22, 274-298 (1998).

arbitraria finita A_i , $i = 1, 2$. Cada jugador $i = 1, 2$ repetidamente realiza sus elecciones de acción corriente sobre las bases de su limitado n_i tamaño de pronóstico. El limitado pronóstico de equilibrio es referido como solución (n_1, n_2) y definido como un perfil de estrategia tal que, los jugadores eligen sus acciones así como a maximizar la discontinuidad promedio de los pagos, sobre su horizonte de pronóstico y el limitado horizonte de pronóstico formado por los jugadores son correctos en y fuera del camino del equilibrio. Puede mostrarse que existe siempre una menor solución (n_1, n_2) y que el período t limita el horizonte de pronóstico de alguna solución (n_1, n_2) repetida cíclicamente, como el período del tiempo t varíe. La longitud de un ciclo inducido por alguna solución (n_1, n_2) puede ser bounded de K , donde k depende del tamaño del pronóstico n_i y la cardinalidad del espacio de acción A_i .

El autor sigue a Kalai y Lehrer (1993) en que los procesos de aprendizaje tienen un lugar dentro del juego. Inicialmente cada jugador i tiene una opinión sobre algunas posibles reglas de pronósticos que son secuencias de n_i pronósticos, uno para cada período donde este jugador debe moverse; en cada acción elegida basada en su opinión así como a maximizar la discontinuidad de pago promedio sobre el próximo período n_i , o con una pequeña probabilidad y puede elegir alguna acción con probabilidad positiva. El jugador i subsecuentemente observa las acciones jugadas en los períodos pasados, re-

uniéndolos en grandes corrientes de acciones n_i y compara la última con la predicción asociada a cada una de las posibles reglas de pronóstico; específicamente cuando la predicción de una regla de pronóstico no coincide con la observación, entonces algunos movimientos deben haber ocurrido para explicar la observación con la regla de pronóstico; tal regla de pronóstico favorece una regla relativa menos plausible, de coincidencia entre la predicción y la observación.

Además, cuando el jugador no puede discriminar qué regla-pronóstico es la más plausible, Jéhiel asume que con una probabilidad positiva él debe cambiar su estado de opinión resultando en una posible nueva regla de pronóstico más plausible. Finalmente supone que el soporte de opinión inicial de los jugadores son finitos y contienen todas las reglas de pronóstico cíclicas con una longitud de ciclos menores o iguales a K , que asegura que la regla-pronóstico de una menor solución (n_1, n_2) está contenida en el soporte inicial de cada jugador.

Técnicamente el análisis toma desde el trabajo pionero de Foster y Young (1990) que fue además desarrollado y aplicado por Kandori y otros (1993), Young (1993), Fudenberg y Harris (1992), Noldeke y Samuelson (1993), Kandori y Rob (1995) y otros. Estos trabajos fueron inicialmente aplicados al contexto evolucionario y el ruidoso carácter del proceso fue interpretado como una probabilidad de mutación. Intuitivamente los resultados estocás-

⁶ Aumann Robert J. Rationality and Bounded Rationality. en Games and Economic Behavior 21, 2-14 (1997)

ticamente estables corresponden a los sets absorbentes de los procesos sin movimiento que son difíciles de desestabilizar. En el marco que aquí propone el autor, los absorbentes sets de los procesos sin movimiento corresponden a la autoconfirmación (n_1, n_2) soluciones. La siguiente observación señala que la desestabilización de una solución (n_1, n_2) requiere algunos movimientos no aislados.

Aumann⁶ en su paper de la referencia, inicia señalando algunas objeciones a los complejos modelos de racionalidad estricta, a saber:

1. El empirismo casual o incluso justo, la simple introspección que conduce a la conclusión que en la simple decisión de problemas, la mayoría de los agentes económicos no son en la realidad maximizadores, en el sentido que ellos no escudriñan el set de elección y conscientemente eligen un elemento máximo desde él.
2. Tales maximizaciones son con frecuencia bastante difíciles e incluso, si ellos lo necesitaran o desearan, la mayoría de la gente no podrán llevarlo a la práctica.
3. Los sondeos y experimentos de laboratorio indican que la gente con frecuencia no aprueba conforme a ciertos supuestos básicos de la teoría racional de la decisión.
4. Los experimentos de laboratorio indican que las conclusiones del análisis racional, algunas veces no es consistente, conforme a la reali-

dad. Y finalmente las conclusiones del análisis racional algunas veces parece no razonable incluso sobre las bases de una simple introspección.

Desde el punto de vista de las dos últimas objeciones Aumann considera son más convincentes que las tres primeras; en ciencia es más importante que las mejores conclusiones, que los supuestos sean más que razonables, sanos; así el supuesto de una fuerza gravitacional parece totalmente no razonable a primera vista, sin embargo conduce a conclusiones correctas.

En este contexto, el autor examina varios modelos dirigidos al asunto de arriba; área que fue primero extensamente investigada por Herbert Simón; muchos de sus trabajos fueron conceptuales más que formales; años después de su trabajo inicial, éste reconoció que el área fue de gran importancia, pero la falta de una aproximación formal impidió su progreso. Los componentes particulares de las ideas de Simón tales como satisficing fueron formalizados por algunos otros trabajos, pero nunca condujeron a una extensiva teoría y en realidad no parecen haber tenido implicaciones significativas que fueran más allá de sus propias formulaciones.

De otro lado, desde el punto de vista del volumen de investigaciones en este campo, los años 80s se convirtieron en uno de los períodos de mayor producción; un factor importante que ha hecho posible este proceso ha sido el desarrollo de la computación y otras áreas de investigación que crearon un

clima intelectual conducente al desarrollo de la teoría de la racionalidad restringida, un importante catalizador fue el trabajo experimental de Axelrod (1984), al igual que la idea de un programa de computador para juegos repetidos presagió algunas de las ideas centrales del trabajo posterior.

3. Teorías sobre la Firma y el Riesgo

En su trabajo Laffont y Rochet⁷ extienden el modelo de regulación de *Laffont-Tirole* al caso de las firmas adversas al riesgo. Señalan que la relación *principal-agente* típicamente involucra tres tipos de objetivos:

- El riesgo compartido debe ser organizado.
- El nivel de esfuerzo apropiado debe ser inducido (moral hazard) y
- Debe obtenerse la información veraz (selección adversa).

La literatura en general ha dirigido estos asuntos separadamente, enfatizando en el trade-off entre incentivos para esfuerzo y riesgo compartido. La principal conclusión es que los agentes deben soportar más riesgo como en la teoría del primer mejor, a inducir un razonable nivel de esfuerzo. Holmstrom y Milgrom (1987) mostraron que en el caso de las funciones de utilidad exponencial y situaciones re-

petidas de riesgo moral, los contratos óptimos podrán tornarse lineales. De otro lado, la literatura de selección adversa ha estudiado la forma cómo un principal estructurará una oferta de contratos a un agente privadamente informado, para optimizar su propio objetivo bajo la restricción de participación provisional del agente. El contrato óptimo es en general no lineal: puede ser finalmente caracterizado bajo la llamada *condición Spence-Mirrless*, la cual asegura que solo la restricción incentivo local es obligatoria. Una renta informacional debe ser dada por el principal a todos los tipos excepto el tipo menos eficiente. Por otra parte, todas las acciones de los agentes son inducidas a mitigar la renta informacional, excepto para el tipo más eficiente.

En el caso de agentes neutrales al riesgo, *Laffont y Tirole* (1986) han considerado simultáneamente la selección adversa y el riesgo moral y han caracterizado el contrato óptimo que negocia fuera de estos dos problemas. Los contratos precio-fijo, son buenos para riesgo moral pero malos para selección adversa. Los contratos de mayor costo son buenos para selección adversa y malos para riesgo moral. El contrato óptimo es un contrato no lineal, que puede algunas veces ser implementado por un menú lineal compartiendo reglas, en las cuales una misma selección de tipos es obtenida; más aún el contrato óptimo tiene la misma característi-

⁷ Laffont Jean-Jacques and Rochet Jean-Charles. Regulation of a Risk Averse Firm. en *Games and Economic Behavior*. 25, 149-173 (1998).

ca cualitativa como en el caso de la selección adversa pura.

Lo que está claramente ausente es un tratamiento simultáneo de tres problemas -riesgo compartido, incentivo de esfuerzo, información obtenida- el cual debe ser enfrentado al mismo tiempo en muchas relaciones contractuales. La propuesta del paper en mención, es hacer algunos progresos en este problema; estudiar una situación con ambos factores problemáticos: selección adversa y riesgo moral para un agente adverso al riesgo, en el cual el contrato es ofrecido y señalado antes de conocer el tipo de agente. Desde entonces, el principal es neutral al riesgo y el agente adverso al riesgo, el contrato óptimo involucrará algunos seguros contra el riesgo provisional; por tanto obtienen así una novedosa forma de seguro-incentivo. La principal intención detrás de los resultados, es que la aversión al riesgo conduce al contrato óptimo cercano a un contrato más costoso, con grandes distorsiones y rentas bajas.

Dentro de las conclusiones de este trabajo se puede señalar que con agentes neutrales al riesgo, el ruido en el costo de observación, no previene al regulador desde la implementación de la misma asignación como en ausencia del ruido. El resultado fue generalizado por Caillaud (1992), Demougin (1989) y Melumad y Reichelstein (1989). Sin embargo, cuando la aversión al riesgo es introducida, no hay espera a descubrir una simple caracterización del

contrato óptimo en el caso de la observación de ruido. De lo contrario en el caso de costo de observación no-ruidoso, Laffont y Rochet mostraron que incluso con aversión al riesgo uno puede obtener una caracterización simple y precisa del contrato óptimo. Este resultado puede ser bastante útil cuando el agente es sujeto de otro riesgo, que no interfiera con la observación de su costo.

Luego los autores en mención toman como ejemplo, la actividad de las firmas que genera un riesgo ambiental de costo social E con probabilidad p y suponen más aún que la firma puede afectar esta probabilidad con otro nivel de esfuerzo d , el cual interactúa con e en la desutilidad de esfuerzo cuando $y(e+d)$. Al estudiar el seguro de este riesgo ambiental, la aversión al riesgo es crucial, y los resultados de este paper están construyendo un obstáculo esencial a tales análisis.

En conclusión a juicio de los autores este paper entrega una solución a una clase de problema de *principal-agente*, en el cual, el asunto de la aversión al riesgo y al mismo tiempo entre la selección adversa y el riesgo moral, afectan los resultados observables por el principal. La aversión al riesgo del agente a medida que las expectativas mueven el contrato óptimo hacia contratos más costosos, por ejemplo, él acepta una mayor distribución, la ineficiencia a mitigar la renta informativa, lo hace más costoso por la aver-

⁶ Lohmann Susanne and Hopenhayn Hugo. Delegation and the Regulation Risk. en Games and Economic 23, 222-246 (1998).

sión al riesgo. Como una consecuencia el contrato típicamente óptimo, implica agrupaciones para tipos ineficientes cuando la aversión al riesgo es fuerte. Esto provee una nueva explicación para los costos límite observados en muchos contratos, sin tener que apelar a la forma especial de la tasa moral como en *Laffont y Tirole (1993)*.

Otro enfoque importante es el que ofrecen Lohmann y Hopenhayn⁸, según el cual las agencias reguladoras de los Estados Unidos con frecuencia regulan o prohíben actividades económicas que están asociadas con riesgos menores, mientras la acción demora o no hace cumplir las regulaciones para actividades más peligrosas. La salud ambiental y los estándares de seguridad cambian a través del tiempo y difieren a través de las agencias o incluso a través de los programas controlados por la misma agencia en caminos que parecen sin relación subyacente a los fundamentos científicos. En muchos casos, el patrón de respuesta regulatoria es una sobrerreacción a los accidentes sensacionalistas y desastres.

La tendencia de las agencias regulatorias a un set inconsistente de estándares y la sobrerreacción a incidentes aleatorios es incomprensible. La eficiencia sugiere considerar que más daños y muertes prematuras serán prevenidas si hay estándares regulatorios de fuerza, iguales alrededor de actividades peligrosas. Los accidentes aleatorios o desastres poco frecuentes son aceptados como un inevitable trade offs por producto de economía en la regulación de riesgo.

Una explicación para este misterio es formulada en la bounded rationality. Entre la introspección casual y un gran cuerpo de evidencia experimental sugiere que la gente no es totalmente racional bayesiano. Sus inferencias están sujetas a bases cognitivas que surgen desde el uso subóptimo del riesgo y ellos usan reglas heurísticas en el procesamiento de la nueva información.

En particular, la gente tiende a sobre estimar la frecuencia de los eventos de baja probabilidad y a subestimar la frecuencia de eventos de mayor probabilidad. Ellos también tienen pequeñas apreciaciones para la ley de los grandes números y tienden a generalizar desde pequeñas muestras potencialmente no representativas. Una implicación sería el patrón de comportamiento observado de un lado, la reacción alarmista hacia el riesgo adoptado con poca frecuencia, y de otro lado, la relativa indiferencia hacia el riesgo realizado frecuentemente. Incluso si las políticas públicas especializadas son conscientes de la naturaleza de los procesos cognitivos y pueden deshacer las bases en su propia valoración del riesgo.

El documento responde al interrogante que con frecuencia se plantea respecto a si "sobre y bajo regulación" las actividades riesgosas o peligrosas pueden deberse a algunas características de descuido de los procesos de política. Las actividades de las agencias regulatorias, en una continua moda son típicamente no monitoreadas; en cambio sus principales políticas dependen del flujo de información externa acer-

ca de los riesgos asociados con varias actividades reguladas.

Hasta aquí Lohmann y Hopenhayn describen un nivel de descuido de los procesos de política; la relación principal-agente entre política de mercado libre y agentes regulados; el otro nivel está dado por la relación principal-agente entre votante y sus elegidos representativos.

En este sentido se estudian las implicaciones regulatorias del descuido de los procesos de política, analizando el equilibrio de un juego de regulación; para lo cual se parte de una formulación general en que los agentes eligieron tomar ese juego como simple, como posible en orden a hacer transparente la intuición fundamental de los resultados. De otro lado, se plantea que mientras en el modelo falta riqueza, su naturaleza abstracta permite aislar el rol de simple instrumento de descuido y el basto flujo de información creando predisposiciones regulatorias.

4. Formulación y Contrastación de Modelos sobre Juegos Evolucionarios

La teoría de los juegos nos permiten tomar un problema económico, formularlo como un juego, encontrar su solución teórica y luego replantear el problema y su solución en términos económicos. No obstante, es importan-

te distinguir el aporte de la teoría de los juegos al análisis económico, de la construcción de modelos; la construcción de un modelo implica anticipar heurísticamente su solución y ver como hay consistencia en el proceso.

La teoría de los juegos y particularmente los últimos desarrollos respecto a juegos no cooperativos y evolucionarios se han convertido en un poderoso instrumento para analizar muchas situaciones que se presentan en el mundo real de la economía, tales como la negociación de la negociación de contratos sindicales, acuerdos de comercio, regulación ambiental, compras y ventas, etcétera.

Recientemente, estudios de dinámicas evolucionarias han usado modelos determinísticos y en particular han focalizado sobre la modificación de los procesos de conocimiento como reproducción dinámica, en que una proporción de la población jugando una estrategia pura particular, crece a una tasa proporcional a la diferencia entre la estrategia de pagos corrientes y el promedio de pagos obtenido por la población como un total. Todos los equilibrios de Nash son puntos fijos de estas dinámicas y todos los equilibrios estrictos de Nash, son puntos fijos asintóticamente estables. De este modo el modelo de reproducción determinístico no ayuda en la selección entre equilibrios estrictos.

Fudenberg y Harris⁹ en su documento modifican el usual tiempo con-

⁹ Fudenberg D. and Harris C. Evolutionary Dynamic with Aggregate Shocks. en *Journal of Economic Theory* 57, 420-441 (1992).

tinuo del modelo de reproducción, por suponer que la función de pagos está sujeta a un nivel de población o shocks agregados, que modelan usando los procesos de Wiener; ellos exploran más generalmente este sistema específico estocástico, para hacer un número de puntos que ellos creen se debe aplicar al estudio de modelos evolucionarios estocásticos. Primero, si un modelo evolucionario estocástico tiene una distribución ergódica, depende aparentemente de finos detalles acerca de cuál es la dificultad de tener una muy precisa intuición. Segundo: en orden a identificar cuáles modelos estocásticos son más razonables, es mejor introducir los elementos estocásticos a nivel de las tasas de crecimiento de las poblaciones individuales, con miras a introducir directamente el nivel de dinámicas de porciones de población.

Introducir los shocks estocásticos al más primitivo nivel de las poblaciones individuales, tiene la ventaja de focalizar la atención sobre cómo los shocks son susceptibles a ser interpretados. En un modelo con una gran población, tales shocks son naturalmente más pensados, debido a los efectos de agregación en el tiempo, como los resultados de efectos específicos in-

dividuales que podría ser una ventaja esperada a través de la población. Otro beneficio de introducir los shocks estocásticos a nivel de las poblaciones, es que las implicaciones de estos shocks para el comportamiento de las partes de población pueden ser diferentes.

La teoría de los juegos y particularmente los últimos desarrollos respecto a juegos no cooperativos y evolucionarios se han convertido en un poderoso instrumento para analizar muchas situaciones que se presentan en el mundo real de la economía, tales como la negociación de la negociación de contratos sindicales, acuerdos de comercio, regulación ambiental, compras y ventas, etcétera.

El paper de Fudenberg y Harris sigue el trabajo de Foster y Young y Kandori, Mailath y Rob, los cuales sugieren que puede ser posible discriminar entre el equilibrio estricto de Nash, por consideración de modelos evolucionarios, con shocks estocásticos. Más precisamente los papers consideran modelos estocásticos que tienen distribución - ergódica asintótica, sobre estrategias que son independientes de la posición inicial del sistema y considera los límites de la distribución ergódica sobre estrategias, cuando la varianza del término ruido converge a cero. Aquí identifican entonces una clase de juego 2x2, en el cual el

límite de la distribución está concentrado en un juego dos estricto equilibrio de Nash, al saber el equilibrio y cuál es la dominancia se tiene el riesgo dominante en el sentido de Harsanyi y Selten.

El trabajo de Fudenberg y Harris es bastante cercano a Foster y Young, lo

primero que consideran es un modelo estocástico de ecuación diferencial de dinámica evolucionaria; pero difieren por varias razones: primero, Foster y Young agregan directamente los shocks estocásticos a la reproducción dinámica determinística, para partes de la población; como lo ven ellos en el desarrollo de su trabajo, un efecto estocástico es tomado en cuenta, no es claro que la parte determinística de la evolución del estado agregado, será el mismo como si los efectos estuviesen ausentes. Segundo, Foster y Young sólo determinan el límite de la distribución ergódica para el caso donde la varianza, el proceso estocástico es independiente de las partes de la población; Fudenberg y Harris sugieren que la mayor parte de supuestos neutrales, es que la varianza depende de las partes de la población en un camino particular. Si la varianza es constante, el nivel de crecimiento de las tasas de la población individual, no será constante en el sistema derivado para partes de la población. Tercero, Foster y Young suponen que la restricción de la estrategia simple esta reflejando que ellos justifican como una aproximación de los efectos de inmigración y mutación. Cuarto, el modelo básico no siempre tiene una distribución ergódica y el comportamiento asintótico del sistema, puede depender de estas condiciones iniciales. En particular no es posible elegir entre dos equilibrios estrictos, permitiendo que la varianza del nuevo término tienda a cero, el sentido del límite de la distribución depende de las condiciones iniciales.

En el mismo sentido, dentro de los trabajos de juegos evolucionarios conviene destacar a Sandholm y Pauzner¹⁰ quienes referencian inicialmente el trabajo de Kandori y otros (1993) introducen su modelo de evolución estocástico describiendo dos principales dificultades de teoría de juegos no cooperativos. Primero el equilibrio de Nash requiere una más rigurosa racionalidad y asumiendo el conocimiento que es típicamente natural de asumir, aumentando preguntas acerca de por qué nosotros esperaremos sea jugado un equilibrio de Nash. Segundo, muchos juegos presentan múltiples equilibrios. En tales casos a menos que exista una justificación convincente de cómo los jugadores coordinan sobre un equilibrio específico dado, la predicción que satisface el concepto de equilibrio, es sometido a la duda. El programa de refinamientos de equilibrio no ha superado estas dificultades. En muchos casos, los refinamientos no generan una única predicción. Por otra parte como anota Samuelson (1993) diferentes refinamientos producen diferentes predicciones, transformando el problema de múltiples equilibrios en un problema de múltiples refinamientos.

Trabajos recientes en teoría de juegos evolucionarios ha generado la esperanza direccionando estos asuntos. Los modelos evolucionarios no necesitan asumir que los jugadores son particularmente racionales y son capaces de estudiar si los jugadores bounded rationality pueden aprender a jugar un equilibrio de Nash como un grupo. Más

¹⁰ Sandholm William H. and Pauzner Ady. Evolution, Population Growth, and History Dependence. En Games and Economic Behavior 22, 84-120 (1998).

aún la multiplicidad de equilibrios tiene una interpretación natural como una multiplicidad de predicciones: la unicidad no es requerida para justificar la coordinación, la cual se presenta como una consecuencia de los propios procesos evolucionarios.

Usando sólo la racionalidad débil y asumiendo conocimiento, Kandori, Mailath y Rob (1993) mostraron que las poblaciones de jugadores pueden aprender a jugar equilibrios de Nash y dada una única predicción acerca del equilibrio que será jugado. Una población fija de jugadores es repetidamente aleatoria a jugar un juego simétrico 2×2 . Una dinámica determinística describe el movimiento de la población hacia la selección de estrategias que han realizado bien en el pasado.

Esta dinámica es perturbada por la introducción independiente de pequeñas probabilidades de mutación por cada jugador. La evolución del juego es de este modo representada por una cadena de Markov en el espacio de distribuciones de estrategias de elección de los miembros de la población. Para alguna tasa positiva de mutación, esta cadena de Markov tiene una única distribución estacionaria que es también la distribución ergódica del proceso: la proporción de tiempo de largo plazo pasa en cada estado. KMR consideran el equilibrio de largo plazo del juego, que ellos definen ser el estado que recibe peso positivo en la distribución estacionaria cuando la tasa de mutación es tomada a cero. Su resultado promedio es que en coordinación de juegos, todo equilibrio de largo plazo

supone coordinación en la estrategia riesgo-dominante.

En este trabajo *Sandholm y Pauzner* extendieron el modelo de KMR introduciendo crecimiento estocástico de la población. Mientras la mayor parte del trabajo evolucionario en economía se ha focalizado en el comportamiento de un grupo de agentes fijo, parece bastante natural considerar los efectos de alteraciones en el número de miembros de su propia población. Tales alteraciones juegan un rol central en teoría de juegos evolucionarios en biología. La dinámica reproductiva está manejada por ajuste poblacional: los pagos de los juegos subalternos representan la convivencia reproductiva de las estrategias y las tasas de nacimiento y muerte de los individuos programados a jugar cada estrategia determina el curso de evolución. Los modelos económicos evolucionarios han focalizado sobre los efectos de miopía de las estrategias de ajuste en poblaciones fijas.

En consecuencia, estos enfoques entregan una completa caracterización de los efectos del crecimiento de la población sobre los procesos evolucionarios; bajo lentas y abundantes tasas de crecimiento de la población, la selección de equilibrio resultante de *KMR* es reforzada: la limitante distribución de los procesos evolucionarios coloca todo el peso sobre el equilibrio riesgo-dominante, incluso cuando la tasa de mutación es positiva. Para un pequeño rango intermedio de tasas de crecimiento, este equilibrio de selección es reforzado más aún: con probabilidad uno, la población resuelve el equilibrio

riesgo-dominante, jugando exclusivamente desde un cierto tiempo avanzado. En contraste, bajo tasas rápidas de crecimiento poblacional, los procesos evolucionarios fallan al escoger el equilibrio riesgo dominante. La población eventualmente resuelve sobre un equilibrio y cada equilibrio de estrategia pura, es el límite con probabilidad positiva. Más importante aun, como la tasa de mutación se aproxima a cero, la probabilidad de que la población coordine en todos los períodos sobre el equilibrio, en donde la atracción de jugar comienza a aproximarse a cero. Por lo tanto el comportamiento de largo plazo de los procesos evolucionarios dependen enteramente de sus condiciones iniciales.

El modelo de evolución de *KMR* sugiere que en el largo plazo las condiciones iniciales no importan; en contraste el modelo de Sandholm y Pauzner indica que solo es importante en las condiciones iniciales; para este modo es difícil depender de consideraciones de estrategias subalternas, la evolución de una convención puede frecuentemente ser una consecuencia de un set precedente de un pequeño, pero fundamental progreso obtenido. Una convención no necesita ser óptima e incluso segura contra el riesgo, con frecuencia necesita simplemente ser establecida primero.

En este contexto, los resultados formales de los modelos evolucionarios estocásticos, describen un comportamiento de la población en un horizonte de tiempo infinito. La aplicación de estos modelos en economía, el lapso

de tiempo relevante es restringido (bounded); los limitantes resultados serían interpretados como una caracterización aproximada después de algún lapso de tiempo finito. En el modelo de crecimiento poblacional de *Sandholm y Pauzner*, tanto el lapso de tiempo y el tamaño de la población son no restringidos; de nuevo los resultados serán interpretados como una caracterización aproximada a un modelo bounded.

De otra parte, fijando una tasa positiva de mutación, muestran que para algún lapso de tiempo finito, el tamaño de la población requerido para garantizar virtualmente la dependencia de la historia, es logarítmico en la longitud del lapso de tiempo. A menos que el horizonte de tiempo sea excepcionalmente largo, estos requerimientos sobre el tamaño de la población son bastante débiles. Durante estos descubrimientos los autores presentan sus logros y también las implicaciones de una rigurosa y necesaria condición de equilibrio de selección para poblaciones fijas en *KMR*, resulta ser aplicable sobre períodos finitos de tiempo: a menos que el lapso de tiempo de interés sea más exponencialmente grande que el tamaño de la población; por tanto la dependencia de la historia será evidente.

Igualmente, se debe señalar que en trabajos similares pero independientes, Robles (1995) obtienen similares resultados a los presentados aquí, por permitir disminución en tasas de mutación. En el modelo original de *KMR*, las distribuciones estacionarias son

determinadas por cada tasa fija de mutación, y el concepto de equilibrio usado concierne al límite de la distribución estacionaria como la tasa de mutación tiende a cero. En contraste, Robles (1995) admite la disminución de la tasa de mutación como la tendencia del tiempo al infinito. Las condiciones necesarias y suficientes son dadas por una limitante distribución de los procesos evolucionarios que es independiente del estado inicial. Este análisis es similar al de Sandholm y Pauzner, cuyas aproximaciones entre set de resultados conducen a tasas decrecientes de probabilidad de mutación de tamaño de población.

Finalmente debemos anotar que los autores referidos ven sus propios modelos como un esfuerzo para generar predicciones más reales del comportamiento de grandes poblaciones. *KMR* y gran parte de la literatura, focalizan modelos evolucionarios que producen una única predicción. Es natural esperar que la evolución del comportamiento de grandes grupos de jugadores con frecuencias dependerán de condiciones históricas. Esto necesariamente implica predicciones no únicas, diferentes condiciones iniciales pueden generar diferentes resultados. Por lo tanto, permitiendo la posibilidad de múltiples equilibrios, aunque menos satisfactorio desde la perspectiva del análisis económico tradicional, puede con frecuencia proveer un análisis más real del comportamiento de grandes poblaciones.

Esperamos que con esta visión de perspectiva logremos nuestro propó-

sito de contribuir en la generación de inquietudes en un campo de la investigación que como la regulación medioambiental está tan desprovisto de producción académica en nuestro medio, no obstante, ser tan urgente su abordaje dadas las características de la economía colombiana. ♦

Bibliografía

- Asheim G. And Dufwenberg. Asmissibility and common knowledge. 1996
- Bernheim Douglas. Rationalizable strategic behavior. *Econométrica* Vol. 52 No. 4. 1984
- Dasgupta and Chiu. On implementation via demand commitment gantes *Internacional Journal of Game Theory*. 27: 161-189. 1998
- De Wolf O. And Forges F. Rational choice in strategic enviromments. Further observations. *En Scand. J. Of Economics*. 100 (2), 259-535. 1998
- Fine Ben. On the relationship between true preference and actual choice. *En: social choice and welfare*. 12:353-361. 1995.
- Friedman Daniel. Evolutionary games in economics. *Econométrica*. Vol. 59. No. 3. 637-666. 1991
- Hausman D. And McPherson. Taking ethics seriously: economics and Contemporary moral philosophy. *Journal of Economic Literature*. Vol. XXXI. 671-731. 1993
- Hvide Hans. Self-awareness, uncertainty and Learning. *Work in progress Norwegian School of economics and business administration*. 1997
- Hodson Geoffrey. The ubiquity of habits and rules. *En Cambridge Journal of Economics*. 21: 663-684. 1997
- Huang Chung - Huang. Effectiveness of environmental regulations under Imperfect enforcement and the firm's avoidance

- behavior. *Environmental and Resource Economics* 8: 183-204. 1996
- Johnson, Levine and Pesendorfer. Evolution and information in a prisio Ner's Dilemma game. En *Conference on Economic Models of Evolutionary Dynamics and Interacting Agents*. 1998
- Laffont J.J. and Martomort. Collusion under asymmetric information. *Econométrica*. Vol. 65. No. 4. 875-911. 1997
- Mailath George. Symposium on evolutionary game theory. *Journal of Economic theory*. 57. 259-277. 1992
- Nachbar John. Prediction, optimization, and learning in repeated games. *Econométrica*. Vol. 65. No. 2. 275-09. 1997
- Nehring Klaus. Rational choice andrevealed preference without Binariness. En *social choice and welfare*. 14: 403-425. 1997
- Palmer K., Oates W. And Portney P. Tightening environmental Standars: the benefit-cost or the no-cost paradigm? *Journal of Economic Perspectives*. Vol. 0. No. 4. 119-132. 1995
- Pearce David. Rationalizable strategic behavior and the problem of Perfection. *Econométrica*. Vol. 52. No. 4. 1984
- Ritzberger K. And Weibull J. Evolutionary selection in normal - Form games. *Econoétrica* Vol. 63. No. 6: 1371-1399. 1995
- Saari Donald. Connecting and resolving Sen's and Arrow's therems. En: *social choice and welfare*. 15: 239-261. 1998
- Strausz Roland. Delegation of monitoring in a principal-agent Relationships. *Review of economic studies*. 64: 337-357. 1997
- Swinkels Jeroen. Evolution and strategic stability: from Maynard Smith To Kohlberg and Mertens. *Journal of economic theory*. 57, 333-342. 1992
- Thomas L.C. *Games, Theory and Applications*. Ellis Horwood series in Mathematics and its applications. Editor: B.W. Conolly Chelsea College University of London. 1984
- Canals J. And Vega-Redondo F. Multi-level evolution in population Games. *International Journal of Theory*. 27: 21-35. 1998
- Handbook of game theory. Games theory and evolutionoary biology*. 1992
- Varoufakis Y. Modelling rational conflict: the limits of game theroy. En: *Economie Appliquée*. Tome XLV. No. 1. 53-78. 1992
- Warneryd Karl. Communication, complexity, and evolutionary stability. *International Journal of game theory*. 27: 599-609. 1998