

Complejidad y Gobierno de los Bienes Comunes

Coordinadores
Arturo Lara Rivero
Ma. De Lourdes Amaya
Bruno Gandlgruber



CONACYT

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología



Casa abierta al tiempo



PECCI

Complejidad y Gobierno de los Bienes Comunes



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

Eduardo Abel Peñalosa Castro

Rector general

José Antonio De Los Reyes Heredia

Secretario general

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

UNIDAD XOCHIMILCO

Fernando De León González

Rector de unidad

Claudia Mónica Salazar Villalva

Secretaria de unidad

Angélica Buendía Espinosa

Jefa del Departamento de Producción Económica

Carlos Andrés Rodríguez Wallenius

Presidente del Comité Editorial

Departamento de Producción Económica

Complejidad y Gobierno de los Bienes Comunes / Arturo Lara Rivero, Ma. de Lourdes Amaya, Bruno Gandlgruber, coordinadores – Ciudad de México : Universidad Autónoma Metropolitana 2019

323 p; 23 cm.

ISBN: 978-607-28-1623-7

1. Bienes comunes - 2. Sistemas complejos - 3. Instituciones - I. Lara Rivero, Arturo; Amaya, Ma. de Lourdes; Gandlgruber, Bruno; coordinadores

LCHB135-147; LCHM826

DEWEY 330.9

Esta edición de la División de Ciencias Sociales y Humanidades de la UAM Xochimilco, fue dictaminada por pares académicos en el tema.

Los derechos exclusivos de la edición quedan reservados para todos los países de habla hispana. Prohibida la reproducción parcial o total, por cualquier medio conocido o por conocerse, sin el consentimiento por escrito de su legítimo titular de derechos.

Complejidad y Gobierno de los Bienes Comunes

Arturo Lara Rivero, Ma. de Lourdes Amaya, Bruno Gandlgruber, coordinadores

D.R. © Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco

Calzada de Hueso 1100, Colonia Villa Quietud, Coyoacán, Ciudad de México. C.P. 04960

ISBN: 978-607-28-1623-7

Diseño de portada y formación: Mónica Zavala

Hecho en México

Complejidad y Gobierno de los Bienes Comunes

Coordinadores
Arturo Lara Rivero
Ma. de Lourdes Amaya
Bruno Gandlgruber



Índice general

Sección I Racionalidad e instituciones

1. Elinor Ostrom: Una optimista racional. 8
Arturo Lara
Ma. de Lourdes Amaya
Bruno Gandlgruber
2. Una perspectiva institucional del intercambio económico: toma de decisiones, dilemas sociales e incertidumbre. 18
Luis E. Segoviano
Alberto Morales

Sección II Modelos basados en agentes para representar la complejidad institucional

3. Co-evolución de las normas y la cooperación en Elinor Ostrom: Un modelo basado en agentes. 47
Fernando Jiménez
Arturo Lara
4. Identidad y cooperación en los recursos de uso común. 84
Artemio Chávez
Arturo Lara
5. Bienes de uso común e interacción estratégica: El legado de Elinor Ostrom. 115
Óscar A. Benavides
Andrés E. Salamanca

Sección III

Complejidad y la tragedia de los anticomunes

6. Propiedad intelectual, anti-comunes y evolución de la naturaleza compleja de los vehículos eléctricos. 158

Artemio Chávez

Arturo Lara

7. La tragedia de los anti-comunes en la construcción del conocimiento del genoma humano. 200

Helder Osorio

Arturo Lara

Sección IV

Gobierno de bienes comunes: el caso del agua

8. Las ideas y el proceso político en las estrategias para hacer frente a la crisis del agua: Dos casos mexicanos. 233

Alex R. Caldera

9. Gobernanza de los recursos de uso común: tareas pendientes del diseño institucional para la gestión del agua en México. 290

Ma. de Lourdes Amaya

RACIONALIDAD E INSTITUCIONES

Elinor Ostrom: Una Optimista Racional

*Arturo Lara
Ma. de Lourdes Amaya
Bruno Gandlgruber*

Elinor Ostrom estaba muy preocupada en construir un programa teórico que tuviera las mayores posibilidades de acumular conocimiento científico. Ello no era posible sin contar, previamente, con una sintaxis y una gramática que nos permita comunicarnos y resolver problemas de manera conjunta. El propósito de este breve capítulo es conectar el esfuerzo teórico de Ostrom con cada uno de los capítulos de este libro. Como se podrá apreciar el eje teórico de toda esta obra se relaciona con la teoría del agente y los dilemas sociales que implica la cooperación.

Descubrir la estructura oculta detrás de la estructura

Durante más de 50 años, desde una perspectiva multidisciplinaria, Elinor Ostrom combinó teoría, estudios de campo y experimentos de laboratorio para explicar cómo los individuos se organizan para administrar recursos comunes. Para Ostrom, la tesis de que existen únicamente dos modos de gobierno asociados al Mercado

y al Estado resultaba demasiado simples (Ostrom, 1990). A partir del trabajo de campo en cinco continentes, Ostrom logró identificar comunidades e individuos que lograron superar los dilemas de la acción colectiva, pero también aquellas que colapsaron. Su teoría, como a ella le gustaba enfatizar, no era una panacea, indicaba un horizonte de posibilidades de transformación, ya sea de sobre-explotación y agotamiento de los recursos naturales o de cooperación robusta y sustentable (Ostrom, Janssen y Anderies, 2007). Era necesario repensar el problema del orden social y en particular la naturaleza del agente. Se requería enriquecer la teoría representando al individuo como un agente dotado de: capacidades, imaginación, voluntad y sobre todo de un enorme potencial de aprendizaje y adaptación (Ostrom, 1990, 1998, 2003).

Todo esto fue posible por las cualidades de Ostrom de trabajar en equipo, de conversar con campesinos en Nepal, México o la India; de intercambiar ideas con matemáticos y especialistas en teoría de juegos, filósofos de la moral, antropólogos, ecólogos, economistas, entre otros. Ostrom estuvo involucrada en numerosos estudios de caso, en investigaciones de campo comparativos y colaborativos, en meta-análisis de la literatura, en experimentos de laboratorio y de campo, construyendo modelos de simulación basados en agente. El propósito de este esfuerzo, a través del progreso conceptual, explicativo, instrumental, metodológico, es el de construir múltiples modelos del agente con base empírica (Ostrom, 2005).

Toda esta experiencia llevó a Ostrom a escribir, entre otros, el libro “Trabajar Juntos: Acción Colectiva, Bienes Comunes y Múltiples Métodos en la Práctica” (2012). En este, su último libro, escrito conjuntamente con Pottete y Jenssen, Ostrom reflexionó sobre las dificultades de la acción académica colectiva y de la necesidad de contar con múltiples métodos y teorías

para abordar el estudio de los sistemas complejos. Para lograr esta convergencia, Ostrom y colegas desarrollaron y aplicaron el marco de Análisis y Desarrollo Institucional (ADI). Marco que contribuye a la integración del esfuerzo académico desplegado por expertos en una diversidad amplia de disciplinas científicas. Este marco persigue identificar, tomando como base la teoría de juegos y la teoría de la elección racional, los bloques universales de la estructura profunda de la sociedad (Ostrom, 2005, 2007). Un componente clave del marco de trabajo es la “gramática de las instituciones” (Crawfor y Ostrom, 1995). Gramática que tiene como una de sus metas una necesaria y urgente claridad conceptual, es decir una vía para salir de la torre de Babel terminológica y conceptual en la que se encuentran las ciencias sociales.

En el contexto actual, caracterizado por la globalización económica, el reconocimiento del fenómeno del cambio climático y el predominio de las tecnologías de información y comunicación, las interdependencias se vuelven cada vez más palpables, demandando la concurrencia de disciplinas y la aplicación de marcos teórico-conceptuales que permitan abordar los problemas de gobernanza, acción colectiva, regulación, diseño institucional y comunicación que resultan de dichas interdependencias.

La riqueza del marco conceptual desarrollado por Ostrom en torno al gobierno de los recursos de uso común ha permitido que su marco analítico evolucione continuamente para abarcar temas que son más específicos y a la vez más amplios con aplicaciones a problemáticas diversas. Consideramos que este progreso científico se debe explicar por un conjunto amplio de razones, motivos, compromisos e intereses. Su compromiso con una explicación profunda, compleja, con múltiples niveles de análisis, que permitiera reconstruir la estructura detrás de la estructura. Y para lograr avanzar en esta dirección Ostrom identifica los

“bloques constructivos universales”, organizados en muchas capas que permiten explicar de manera realista cómo los seres humanos toman decisiones en una diversidad de situaciones (Ostrom, 2005; Ostrom y Hess, 2006; Hess y Ostrom, 2003). Desde esta perspectiva, se puede señalar que la arquitectura teórica de Ostrom está pensada no sólo para explicar los dilemas asociados a los bienes comunes tradicionales (agua, bosques, medio ambiente, etc.) sino a todas las situaciones que implican a las instituciones. Ostrom considera que esta teoría puede ser utilizada para estudiar tanto el gobierno de los bienes comunes, como las situaciones competitivas del intercambio de bienes privados. Por ello Ostrom (2005) denomina a sus bloques de construcción como bloques “universales”.

Por todo lo anterior, desde diferentes ángulos analíticos cada uno de los trabajos de este libro busca contribuir al progreso conceptual y explicativo de la economía institucional estrechamente vinculada con el programa de Elinor Ostrom. El libro está dividido en cuatro secciones. El primero, integrado por dos capítulos, reflexiona sobre diferentes conceptos claves del programa teórico y metodológico de Ostrom. Luego, la segunda sección, busca identificar nuevas formas de estudiar la cooperación a partir de la construcción de modelos de simulación basados en agentes y de la teoría de redes. En la tercera y cuarta sección se presentan diferentes estudios de casos relacionados con la tragedia de los anti-comunes y el gobierno de los bienes comunes.

Racionalidad e Instituciones

Con el objetivo de lograr la “síntesis creativa”, en distintos niveles analíticos, Ostrom acepta, rechaza y mejora críticamente los logros de la teoría de la elección racional (Ostrom, 2007). Ostrom construye una sintaxis y una gramática de las instituciones;

elabora un concepto de racionalidad más amplia e integra esta teoría al interior de una concepción realista de los individuos y de las estructuras sociales (Ostrom, 1998).

Luis Segoviano y Alberto Morales señalan por su parte, en el capítulo *“Análisis cognitivo-institucional del intercambio económico, toma de decisiones, incertidumbre y modelos mentales”* que la investigación de toma de decisiones en la teoría económica se ha centrado predominantemente en desarrollar modelos formales basados en la teoría de la utilidad esperada. No obstante, existe numerosa evidencia experimental que señalan que la mayor parte de nuestras decisiones en intercambio económico se realizan en contextos de incertidumbre en los que resultan inaplicables los modelos estándar de utilidad esperada (Ostrom, 2005). Este capítulo estudia la complejidad del proceso de decisiones. En particular interesa comprender cómo los individuos construyen reglas para lidiar con los problemas asociados a la incertidumbre social.

Modelos Basados en Agentes, cooperación y bienes comunes

En la segunda sección, el capítulo de Fernando Jiménez y Arturo Lara “Co-evolución de las normas y la cooperación en Elinor Ostrom” busca, a partir de la agenda de Ostrom, representar la evolución de las reglas. Las instituciones juegan un papel relevante no sólo porque modulan las interacciones sociales sino porque además son una fuente para crear diversidad de reglas en el sistema. El aprendizaje por parte de los agentes juega un papel determinante en la búsqueda de reglas de decisión que promueven y mantienen la cooperación en un sistema complejo adaptable. Aun cuando los cambios institucionales y del ambiente biofísico pueden cambiar la estructura del juego, es posible en muchos casos diseñar reglas de decisión que permitan que

los agentes obtengan resultados conjuntos cercanos al del desempeño óptimo del sistema.

A partir de un modelo basado en agentes y para el caso de los recursos de uso común, el capítulo, “Identidad y Cooperación en los Recursos de Uso Común”, de Artemio Chávez y Arturo Lara, buscan representar cómo la identidad ayuda a explicar la cooperación. Describen las características generales del agente de la economía neoclásica, para luego y con base en los trabajos de Akerlof (2010), Sen (2006), Axelrod (2004) y Ostrom (2005) examinan las implicaciones y los desafíos que se derivan de incorporar la identidad en un modelo basado en agentes. En particular la existencia de múltiples identidades.

En “Bienes de Uso Común e Interacción Estratégica: El Legado de Elinor Ostrom”, Oscar Benavides y Andrés Salamanca, después de revisar la literatura sobre los recursos de uso común, en este capítulo, proponen un modelo de simulación. Primero desde la teoría de juegos, se representa el problema de la acción colectiva. Posteriormente, se plantea un modelo de redes sociales que permite concluir que la comunicación promueve el mejoramiento del bienestar económico agregado y la sostenibilidad de los recursos de uso común. Esta mejora depende, señalan los autores, del grado de conectividad de los agentes, de la topología de sus relaciones sociales y de los costos.

Complejidad y la Tragedia de los Anticomunes

En la tercera sección, Artemio Chávez y Arturo Lara, en “Propiedad intelectual, anti-comunes y la evolución de la naturaleza compleja de los vehículos eléctricos” identifican la existencia de patentes traslapadas (patents thcikets) en el diseño y desarrollo de los vehículos eléctricos. En este capítulo se propone, integrando la

teoría de Ostrom y la teoría de los sistemas complejos, una forma de representar la evolución del conocimiento tecnológico. A partir de la información que brindan las patentes se reconstruye cómo el conocimiento tecnológico evoluciona adquiriendo formas cada vez más complejas. Estos procesos evolutivos contribuyen a explicar la existencia de la tragedia de los anti-comunes en el sector automotriz.

Por su parte Helder Osorio y Arturo Lara, en el capítulo “La Tragedia de los anti-comunes en la construcción del conocimiento del genoma Humano”, describen y estudian cómo los agentes involucrados con el estudio del genoma humano, enfrentan la fragmentación en la propiedad intelectual, asociado a la existencia de patentes traslapadas. A partir de la idea de la tragedia de los anticomunes, los autores reconstruyen las distintas posibilidades de cooperación entre los actores que participan en el estudio del genoma humano. Al igual que en el texto anterior, en este estudio resulta de fundamental relevancia el concepto de agente.

Gobierno de los bienes comunes

La sección “*Gobierno de los bienes comunes en México: El caso del agua*” está integrada por dos capítulos que tienen como objeto estudiar problemas complejos y multidimensionales relacionados con el agua. “Las Ideas y el Proceso Político en las Estrategias para hacer Frente a la Crisis del Agua” de Alex Caldera ejemplifica con dos casos de estudio de qué manera se enfrenta la crisis de gobernanza que caracteriza a la gestión del agua en México. Es un trabajo comparativo sobre el manejo del agua en los acuíferos del Valle de Aguascalientes y del Valle de León. Combina la distinción de tres niveles de reglas, propuestas por Ostrom, con un análisis propio del institucionalismo discursivo. Para Alex Caldera, los problemas fundamentales de la gestión del agua tienen que ver no solamente con limitaciones técnicas

sino con relaciones de poder, las cuales se perciben no sólo en la pugna concreta entre los participantes, sino también en la competencia entre los diferentes discursos. El autor, siguiendo a Ostrom (1990) destaca que pueden identificarse discursos diferenciados en cada uno de los tres niveles: constitucional, de elección colectiva y operacional. El análisis de la manera en que un discurso logra imponerse aporta elementos útiles para identificar el origen de las soluciones que se han propuesto para el problema del agua en México.

Lourdes Amaya en el último capítulo “Gobernanza de los Recursos de Uso Común” discute la posibilidad de aplicar los principios de diseño institucional al manejo del agua en México. Retomando los problemas que implica el manejo de los recursos de uso común y los principios de diseño delineados por Ostrom (1990), la autora analiza la política de descentralización, su propensión a facilitar u obstaculizar las posibilidades de generar un diseño institucional que favorezca la colaboración de actores y, en consecuencia, el uso sustentable del recurso. La aplicación del marco analítico de los recursos de uso común permite sustentar la hipótesis de que el proceso de descentralización del agua en México ha sido incompleto, que su diseño institucional tiene aún muchas tareas pendientes y que tendría que incluir medidas que permitan la adopción de modelos de autogestión para el gobierno del uso del agua.

Como puede apreciarse, la aplicación del análisis de los bienes comunes a una amplia diversidad de casos, comprueban su solidez como marco analítico. Aunque la propia Ostrom reconocía que sus reflexiones no perseguían el descubrimiento de leyes susceptibles de generalización a todos los fenómenos de acción colectiva, su análisis y los conceptos en los que se fundamenta si han mostrado la suficiente solidez y flexibilidad

para ser aplicables al análisis de algunos de los fenómenos más relevantes que afectan las sociedades contemporáneas.

Finalmente quisiéramos señalar que, en las conferencias “Economic Governance and Institutional Design” que impartió en la Universidad Autónoma Metropolitana, los días 8 y 9 de mayo de 2012, días antes de fallecer, Ostrom se mostró apasionada, humilde, abierta al diálogo. Nos quedamos, con el recuerdo de una mujer de ciencia, generosa, incansable trabajadora que nos ayudó a representar al ser humano no como una maquina egoísta y calculadora, sino como un ser vulnerable, que necesita de los demás. Ostrom nos ayudó a construir una imagen de nosotros y del futuro de una manera optimista y racional: es posible vivir con la naturaleza y trabajar juntos.

Bibliografía

- Akerlof George A. & Rachel E. Kranton (2010), *Identity Economics. How our Identities Shape Our Work, Wages, and Well-being*, New Jersey, Princeton University Press.
- Axelrod R. (2004), *The Complexity of Cooperation: Agent-Based Models of Competition and Collaboration*, Princeton, New Jersey, Princeton University Press.
- Crawford, S. y E. Ostrom (1995), “A Grammar of Institutions”, *The American Political Science Review*, vol. 89, núm. 3, pp. 582-600.
- Hess C. y E. Ostrom (2006), *Understanding Knowledge as a Commons: From Theory to Practice*, Cambridge, The MIT Press.
- _____(2003), *Ideas, Artifacts, and Facilities: Information as a Common-Pool Resource*, *66 Law and Contemporary Problems*, pp. 111-146.
- Ostrom, E., M.A. Janssen and J.M. Anderies (2007) *Going beyond Panaceas*, *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 104: 15176-15217

- Ostrom, E., M.A. Janssen and J.M. Anderies (2007) Going beyond Panaceas, *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 104: 15176-15217
- Ostrom, E. (2007), "Complexity of Coupled Human and Natural Systems" (with Jianguo Liu, Thomas Dietz, Stephen Carpenter, Marina Alberti, Carl Folke, *et al.*). *Science*, vol. 317, núm. 5844, pp. 1513–16.
- _____(2005), *Understanding Institutional Diversity*, Princeton, New Jersey, Princeton University Press.
- _____(2003), *The Commons in the New Millennium: Challenges and Adaptations*, edited with Nives Dolšak, Cambridge, MIT Press.
- _____(1998), "The Institutional Analysis and Development Approach." In *Designing Institutions for Environmental and Resource Management*, ed. Edna Tusak Loehman and D. Marc Kilgour, 68–90. Cheltenham, UK, Edward Elgar.
- _____(1990), *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*, New York, Cambridge University Press.
- Poteete, A., M. Janssen y E. Ostrom (2012), *Trabajar juntos. Acción Colectiva, Bienes Comunes y Múltiples Métodos en la Práctica*, Mexico, FCE.
- Sen, A. (2006), *Identity and Violence. The illusion of destiny*, NY, Norton.

2

Una perspectiva institucional del intercambio económico: toma de decisiones, dilemas sociales e incertidumbre

*Luis Segoviano
Alberto Morales*

Introducción

¿Qué implica tomar una buena decisión? ¿Cuáles son los factores que determinan un espacio disponible de alternativas? ¿Cuáles son los parámetros que permiten medir el desempeño de nuestras decisiones? La mayor parte de los procedimientos y métodos de respuesta que agentes humanos –y no humanos– emplean en la resolución de tareas adaptativas son el producto del aprendizaje y la persistencia de decisiones exitosas. El vasto manejo y control de un innumerable conjunto de problemas y dificultades, tanto a nivel individual como grupal, es muestra de que entendemos e integramos las capacidades necesarias para llevar a cabo buenas decisiones. Si algo caracteriza a los seres humanos en términos adaptativos es, justamente, una *toma de decisiones* exitosa. Desde esta perspectiva, la toma de decisiones es el estudio de las condiciones y los procesos cognitivo-conductuales mediante los cuales se explica cómo

y por qué un agente decisor asume un curso de acción en una situación determinada y cuáles son los factores involucrados en la resolución exitosa de un problema (Ranyard, Crozier y Svenson, 1997; Payne, Bettman y Johnson, 1993).

La investigación predominante en toma de decisiones en áreas como la Economía y Psicología Social se ha centrado en desarrollar modelos formales basados en la teoría de la utilidad esperada (Hastie y Dawes, 2010; Plous, 1993). La perspectiva tradicional plantea una visión del agente racional que toma decisiones a partir de una estimación probabilística de las consecuencias que se derivan de un conjunto fijo de preferencias basado en el principio de la utilidad esperada. Se ha definido tal concepción del agente cuyas decisiones convienen al actor racional que intenta maximizar su utilidad esperada con la denominación de *Homo Economicus* (Anderson, 2000). No obstante, existe bastante evidencia experimental que muestra que la mayor parte de nuestras decisiones se realizan en contextos de incertidumbre en los que resultan inaplicables los modelos estándar de utilidad esperada, y de que las personas violan sistemáticamente los axiomas que definen la elección racional (Stein, 1996; Kahneman, Slovic y Tversky, 1982).

El objetivo de este trabajo es estudiar la toma de decisiones en el intercambio económico como un proceso dinámico y adaptativo en que los individuos desarrollan reglas de comportamiento para cooperar en situaciones de incertidumbre social. Presentamos una perspectiva institucional del intercambio económico que tome en consideración el conjunto de constricciones de información y de tiempo que caracterizan el comportamiento humano y cómo las personas, a pesar de ello, logran tomar decisiones exitosas mediante sistemas de reglas que generan un ambiente estable para la interacción social. Vamos a estudiar una parte de la teoría de la gramática institucional de Elinor Ostrom (2003, 2005) para enfatizar la relación entre los problemas de acción colectiva y la

incertidumbre social. En la primera parte, exponemos cómo se ha estudiado la toma de decisiones en la teoría económica a partir del modelo de utilidad esperada que ha permitido establecer el marco normativo de la elección racional. En la segunda parte, desarrollamos un enfoque cognitivo de la toma de decisiones que considere el tipo de constricciones que enfrentan los agentes en el intercambio económico en situación de incertidumbre. En la última parte, presentamos un análisis institucional sobre la toma de decisiones a partir de la teoría de Ostrom sobre la gramática de las instituciones para entender cómo se resuelven problemas de acción colectiva a través de la existencia de reglas y normas, las cuales modifican y orientan el comportamiento social.

El modelo estándar de decisión en Economía

La investigación en toma de decisiones en Economía y Psicología –y también en áreas como Inteligencia Artificial y Biología Evolutiva– se ha centrado en el análisis formal de los criterios normativos que constituyen la elección racional (Plous, 1993; Arthur, 1992; Glimcher, 2001; Clark, 1997). El ejemplo más acabado de esta vertiente de estudio es la teoría de la *utilidad esperada*.¹⁶¹ De acuerdo con esta teoría, la elección racional requiere cuantificar procesos de decisión en términos de probabilidades numéricas que representan parámetros de valoración a un conjunto dado de alternativas (Hastie y Dawes, 2010; Ove Hansson, 2005). Se

¹ El impulso más reciente del desarrollo de la teoría de la elección racional ocurrió a partir de la publicación del libro *Theory of Games and Economic Behavior* de John Von Neumann y Oskar Morgenstern en 1947. Aquí se propone una teoría de la decisión racional de acuerdo al principio de maximización de la utilidad esperada. Aunque la invención de la moderna teoría de la decisión data de la Italia renacentista –particularmente, con Girolamo Cardano (1501-1576)-, la paradoja de San Petersburgo de Bernoulli (1687-1759), y del establecimiento de los fundamentos matemáticos de la inferencia probabilística –Thomas Bayes (1702-1761); fue a partir del trabajo que Von Neumann y Morgenstern (1947) que se alcanzó un desarrollo teórico basado en el concepto de utilidad general en contraste con los estudios precedentes que sólo versaban sobre resultados monetarios.

emplea el término “utilidad” para identificar una representación numérica de los valores que un agente asigna a cada alternativa para establecer una medida estándar en el grado de deseabilidad hacia los resultados posibles en un problema de decisión.

A partir de esta representación formal, se deriva un criterio de elección racional que dicta *maximizar* la utilidad esperada –es decir, elegir aquella alternativa con el valor más alto (Ove Hansson, 2005). Una característica de esta teoría es que se centra en establecer los criterios analíticos que permiten que un agente tenga una representación nítida de sus alternativas y haga una elección acorde a las consecuencias posibles que enmarcan su problema de decisión. Desde este punto de vista, la toma de decisiones se encuentra esencialmente condicionada a la forma en que el agente identifica sus preferencias y jerarquiza sus opciones basado en la probabilidad que le asigna a cada una de ellas. Por esta razón, el análisis formal identifica la *toma de decisiones* como un problema sobre la manera en que el agente representa el problema y cuál es el examen evaluativo que lleva a cabo para resolver un curso de acción entre varias alternativas posibles. Hastie y Dawes (2010) sintetizan este método analítico en cuatro puntos básicos:

1. “Se comienza por asumir que las elecciones de un agente decisor entre las alternativas y sus consecuencias probabilísticas “satisfacen los axiomas” que definen la elección racional
2. Entonces es posible asociar un número real a cada consecuencia que puede ser denominado la *utilidad* de esa consecuencia para el agente decisor
3. La *utilidad esperada* de una alternativa en particular es la esperanza de esos números, es decir, la suma de los números asociada con cada consecuencia posible multiplicada por la probabilidad de que cada consecuencia ocurra

4. La conclusión es que el agente decisor preferirá el resultado X al resultado Y si y sólo si la utilidad esperada (numérica) asociada con X es mayor a la asociada con Y” (Hastie y Dawes, 2010: 243)

De acuerdo con Hastie y Dawes (2010), el modelo de utilidad esperada es una representación formal de un conjunto de variables –probabilidad de ocurrencia y preferencia- implicadas en la toma de decisiones que presupone una correspondencia con una serie de axiomas que definen el comportamiento racional (Plous, 1993).¹⁶² Este modelo establece parámetros de evaluación a las posibles alternativas de decisión de un agente, calculados a partir de sus preferencias y de las expectativas de ocurrencia que le asigna a cada una de ellas. Si las elecciones de un agente satisfacen los axiomas, entonces es posible derivar una función de utilidad que permite asignar un valor numérico a la correlación entre preferencias y consecuencias probabilísticas de cada una de las alternativas. Ese valor numérico representa lo que se denomina *utilidad esperada*.¹⁶³ Una vez que se calcula de esta manera la utilidad esperada de cada una de las alternativas, se demuestra que el grado de preferencia de un resultado *x* sobre uno *y*, será determinado por el valor más alto de su utilidad esperada. De acuerdo con este principio –denominado *maximización* de la utilidad esperada–, el agente tomará una decisión con base en aquella alternativa cuyo valor de utilidad sea el más alto –o cualquier otra alternativa con el mismo valor de utilidad– para resolver un problema.

Desde mediados del siglo XX se ha realizado una extensa investigación experimental cuyos resultados han demostrado que las personas violan sistemáticamente los axiomas del

¹⁶² El conjunto de axiomas a los que se hacen referencia son: ordenamiento de alternativas, dominancia, cancelación, transitividad, continuidad, e invarianza.

¹⁶³ Véase Hastie y Dawes (2010:245).

modelo de utilidad esperada (Gigerenzer y Selten, 2001; Payne, Bettman y Johnson, 1993). Se ha descubierto, por ejemplo, que en muchas situaciones las personas no muestran transitividad en sus preferencias (Lichtenstein y Slovic, 1971). O que al momento de evaluar un problema, los individuos no sólo consideran las alternativas a futuro, sino que también evalúan los costos “hundidos” (*sunk costs*) de sus acciones.¹⁶⁴ Este creciente cúmulo de investigaciones experimentales ha resaltado la enorme plasticidad que los seres humanos tenemos en el uso de procedimientos y estrategias de decisión al afrontar diversas tareas que responden a las variaciones en que se formulan los problemas y las circunstancias del entorno cambiante (Kahneman, Slovic y Tversky, 1982; Kahneman, 2012). Dichas investigaciones se han concentrado en probar empíricamente los supuestos en los que está basada la teoría económica para contrastar bajo qué condiciones las personas ajustan sus decisiones de acuerdo a los principios del comportamiento racional.¹⁶⁵

Durante las últimas décadas, se han acumulado evidencias y resultados experimentales relacionados con la toma de decisiones que prueba las anomalías y limitaciones del modelo estándar de elección (Ostrom, 2005; Kahneman, 2012; Smith, 2008). Contrario a los supuestos de los modelos iniciales de utilidad esperada, cada vez es más aceptado que las personas no cuentan con un conjunto fijo de preferencias y que una evaluación probabilística de un problema simplifica enormemente el carácter descriptivo con el que los individuos toman decisiones. Asimismo, se ha puesto de manifiesto que la toma de decisiones de los seres humanos emplean estrategias rápidas y frugales para resolver problemas importantes que los modelos de elección racional no

¹⁶⁴ Véase el análisis que presentan Hastie y Dawes (2010:34-40).

¹⁶⁵ En el ámbito experimental, se elaboran pruebas en que los que los factores normativos son extraídos de las leyes del Cálculo de Probabilidades y la lógica. A partir de eso, se mide el desempeño de las personas donde sus procedimientos de decisión se corresponden o no con tales parámetros normativos. Un trabajo interesante que resume algunos de estos experimentos es Stein (1996).

permiten describir (Todd y Gigerenzer, 2007). Una consecuencia importante en esta discusión, ha sido considerar de manera más precisa la naturaleza altamente sensible de las formas humanas de decisión y una mayor comprensión del extenso repertorio de habilidades involucradas en un comportamiento adaptativo (véase Simon, 1990). Por lo tanto, ha ocurrido un viraje en la forma de conceptualizar e investigar experimentalmente la toma de decisiones económica. A continuación se exploran algunas de estas opciones.

Intercambio económico en situación de incertidumbre

El término *incertidumbre* se usa para describir una situación en la que resulta imposible hacer una predicción sobre un estado futuro en términos de las consecuencias probabilísticas de un conjunto de alternativas a una tarea de decisión (Gigerenzer, 2008). En contraste con problemas muy simples o cuya estructura sea muy específica, la mayor parte de los problemas en contextos de intercambio económico se caracterizan por no propiciar una representación exhaustiva de todas las alternativas de solución (Arthur, 2000, 1992; North, 2005). De acuerdo con Gigerenzer (2001; 2008), los modelos formales de decisión asumen una visión del agente que no corresponde con la toma de decisiones real, en la cual existen diversos factores que juegan un rol fundamental y no son captados en tales modelos. Esos factores son las limitaciones de tiempo, información y, en general, de recursos que son escasos y cuya relevancia cambia la manera de entender el procesos de resolución de problemas.¹⁶⁶ Comúnmente, enfrentamos problemas mal definidos, con

¹⁶⁶ De acuerdo con Gigerenzer, hay una diferencia radical entre lo que presuponen tales modelos y las capacidades reales de las personas con sus restricciones del ambiente social y ecológico: "Tanto los seres humanos como los animales hacen inferencias sobre características desconocidas de su mundo bajo constricciones de tiempo, conocimiento, y capacidades computacionales limitadas. Los modelos de elección racional en economía, psicología, biología, y otros campos, en contraste, tienden a ignorar esas constricciones y tratan a la mente como una Superinteligencia Laplaceana equipada como recursos ilimitados de tiempo, información, y poder computacional." (Gigerenzer, 2001:37).

información incompleta que impiden inferir las consecuencias probabilísticas, o problemas con presiones de tiempo y bajo influencia de factores del contexto de decisión (Simon, 1969; Gigerenzer, 2001; Plous, 1993). Desde este punto de vista, los agentes decisores se encuentran constantemente condicionados por restricciones de tiempo e información por lo que resulta sumamente difícil realizar una evaluación racional del entorno del conjunto de posibilidades. Uno de los requerimientos necesarios para alcanzar un tratamiento matemático (formal) de la toma de decisiones es la delimitación de un número específico de variables que permitan establecer correlaciones bien definidas para la obtención de valores en los resultados. Pero ese grado de precisión analítica con que se representan las preferencias y sus respectivos valores de utilidad, resultan completamente implausibles en procesos reales de toma de decisiones.

La mayor parte de los problemas de decisión no pueden representarse de manera nítida o precisa, es decir, de una forma que permita realizar una evaluación probabilística del conjunto de las alternativas y definir la opción que proporcione una maximización de la utilidad. Desde los problemas más simples como elegir la ropa que se utiliza cada día, hasta los más complicados como encontrar trabajo o atender problemas sociales, no parece en absoluto claro que puedan ser reformulados en términos de maximización de la utilidad para poder ser resueltos de manera más adecuada. En el intercambio económico ocurren problemas altamente complejos que requieren el desarrollo de otra clase habilidades cognitivas y estrategias de decisión para resolverlos manera exitosa. North (2005) señala que la historia del comportamiento económico puede interpretarse como una lucha constante del ser humano por hacer más previsible su medio ambiente. En los albores de la especie humana las fuentes de incertidumbre radicaban en

los fenómenos del mundo físico y natural, los cuales ejercieron una presión mayor en las actividades de organización para la protección y sobrevivencia. Como resultado, la complejidad del ambiente sociocultural fue creciendo con una también creciente incertidumbre inherente.¹⁶⁷

En este sentido, para tener una comprensión mayor de los procesos de toma de decisiones se debe avanzar más allá de los modelos axiomáticos. Es necesario reemplazar la visión estática de la toma de decisiones por una que introduzca explícitamente el tipo de restricciones cognitivas y ambientales que determinan la manera de utilizar la información en situaciones complejas y variables. Resulta pertinente señalar que, si bien los seres humanos en la mayoría de los casos no ajustan sus decisiones a los criterios formales de modelos de elección racional, ello no implica que no cuenten con otras capacidades que permitan resolver problemas de manera exitosa (véase el trabajo de Arturo Lara en este mismo volumen). Para la propuesta que aquí presentamos, hay dos características que son fundamentales al proceso de toma de decisiones, a saber:

- i) El comportamiento como producto de la interrelación de un agente con su ambiente.
- ii) Las instituciones como sistemas de reglas que reducen la incertidumbre y orientan la acción colectiva.

¹⁶⁷ “Una característica general de la historia humana ha sido la reducción sistemática de la incertidumbre percibida y asociada con el medio ambiente físico y, por lo tanto, una reducción de las fuentes de incertidumbre que deben explicarse a través de las creencias encarnadas en la hechicería, la magia y las religiones. Pero si la incertidumbre vinculada al medio ambiente físico ha declinado, una consecuencia de ello ha sido el surgimiento de un medio ambiente humano enormemente complejo” (North, 2005:35).

Comportamiento adaptativo: interrelación de un agente y su ambiente

La primera característica que nos interesa señalar es que todo proceso de toma de decisiones debe ubicarse como una interrelación de un agente con su ambiente específico (Gigerenzer, Todd y ABC Group, 1999; Simon, 1969). Una de las omisiones cruciales en el aparato conceptual del modelo estándar es que la toma de decisiones no se sitúa en un contexto de recursos y alternativas del problema que enfrenta, sino que tales características están dadas *a priori* en la representación formal del problema.

En su discurso de recepción del premio Nobel, Herbert Simon (1979:510) señala:

El comportamiento humano, aún el comportamiento racional, no se explica por unos cuantos (principios) invariables. Ciertamente, tampoco se explica al asumir una adaptación perfecta al ambiente. Sus mecanismos básicos pueden ser relativamente simples, y en particular yo creo que lo son, pero esa simplicidad opera en interacción con condiciones límites extremadamente complejas impuestas por el ambiente y por los hechos mismos de la memoria humana de largo plazo y la capacidad de los seres humanos de aprender, individual y colectivamente.

En este pasaje, Simon expresa la idea de que el comportamiento adaptativo requiere un estudio de la interrelación entre las capacidades de aprendizaje del agente y las condiciones de su ambiente, el cual restringe las opciones y las alternativas de elección para la resolución de una determinada tarea. Aunque los mecanismos cognitivos pueden ser muy simples, el éxito adaptativo de un organismo está determinado por su funcionamiento dentro de la estructura ambiental en que se

desenvuelve. En un artículo posterior, Simon (1990) pone como ejemplo a la trayectoria recorrida por una hormiga a través de la arena. Aunque la trayectoria puede ser altamente compleja debido a las irregularidades y obstáculos en la superficie, no se requiere asumir que toda la información necesaria para sortear estas dificultades forma parte del sistema cognitivo de la hormiga. En vez de ello, los mecanismos que conducen al comportamiento de la hormiga pueden ser muy sencillos, pero se adecúan a los factores específicos de su entorno y le permiten tomar pautas de conducta dependiendo del tipo de obstáculos que va encontrando en su camino.

Aplicando la misma perspectiva, podemos estudiar el comportamiento humano como el producto de la interacción de un agente con su ambiente. Por una parte, el comportamiento humano no puede considerarse sólo como mera consecuencia de los mecanismos internos del agente y, por otra parte, tampoco únicamente como efecto unilateral del ambiente. Este tipo de adaptación requiere investigar cómo se lleva a cabo esta adecuación entre las habilidades del organismo y el tipo de factores ambientales que lo confrontan a tareas específicas. Asimismo, también es necesario considerar por qué un organismo, a pesar de estar limitado por las características de su entorno, puede resolver con éxito un número incalculable de tareas. Como en el caso de la hormiga, la información relevante a lo largo de su trayectoria emerge en su recorrido sin que requiera una representación completa previa del espacio por el que transcurre.

En este aspecto, podemos señalar un punto de contraste con el enfoque económico tradicional. El modelo estándar de decisión está situado principalmente en los parámetros subjetivos que el agente emplea para estimar las consecuencias de sus decisiones. Desde este punto de vista, la toma de decisiones

se encuentra esencialmente condicionada a la forma en que el agente identifica sus preferencias y jerarquiza sus opciones con base en la probabilidad asignada a cada una de ellas. El análisis de toma de decisiones en esta tradición, ha versado en clarificar la manera en que el agente representa el problema de decisión y en la evaluación que lleva a cabo para resolver un curso de acción entre varias alternativas posibles. En esta perspectiva, el ambiente se representa como un parámetro fijo de valores numéricos asignados a los posibles estados del mundo. Por lo tanto el ambiente queda reducido a la distribución probabilística de utilidad de los escenarios posibles que el agente puede confrontar dependiendo de las elecciones que realice.

Parte de una resolución adaptativa de los problemas versa en identificar por qué ciertas reglas de decisión resultan más exitosas que otras y para ello es necesario reconocer las características del ambiente en el que fueron seleccionadas. Es preciso establecer una concepción más específica de la interrelación entre el agente y su ambiente con la que se construya en una visión dinámica de los procesos de aprendizaje y estabilidad ecológica. La perspectiva de toma de decisiones que se propone en este trabajo está basada en la idea de que el éxito adaptativo requiere capacidades cognitivas que permitan una exploración selectiva de información que permita enfrentar situaciones de incertidumbre. Desde este punto de vista, los seres humanos tenemos la habilidad de explotar la información escasa disponible en el ambiente para solucionar problemas específicos.

En concordancia con lo anterior puede afirmarse que las habilidades de decisión son especializaciones funcionales a la estructura del problema y del ambiente en que se encuentra el agente, de tal manera que los resultados también dependerán del contexto de aplicación y podrían producir o no ventajas

adaptativas. Uno de los aspectos esenciales de los problemas en situación de incertidumbre es la variabilidad de escenarios (Cosmides y Tooby, 1994; Tooby y Cosmides, 1992). Por ejemplo, un problema de intercambio social como la provisión de servicios cambia en función de la estipulación de diversos contratos, lo cual difiere sustancialmente de una asignación por juego de subasta (Smith, 2008). La diversidad de problemas de intercambio económico que las personas enfrentan genera dificultades con respecto a las estrategias y reglas de decisión que las conduce a resultados favorables en cada caso. Las estrategias que han funcionado bien para un problema, podrían no hacerlo en otros casos. Esto es prueba de que no existe una estrategia óptima para resolver problemas económicos (Arthur, 1992, 2000). Aquí tenemos un segundo punto de contraste con el modelo racional de decisión. La idea misma de maximización de la utilidad presupone un solo mecanismo y un solo objetivo que puede aplicarse a cualquier toma de decisiones. Desde la teoría de la utilidad esperada es posible establecer criterios universales para todos los problemas económicos.

Los individuos deben utilizar un extenso repertorio de estrategias y reglas de decisión para actuar en cada escenario y, a partir de ello, corregir o extender su uso para nuevos problemas. La complejidad del ambiente social ha ejercido presión sobre la búsqueda de información de manera que los seres humanos hemos tenido que aplicar mecanismos especializados para solucionar tareas específicas (Richerson y Boyd, 2005; Ayala, 1970). Un comportamiento adaptativo varía de un dominio a otro, así, las reglas que han sido exitosas para la búsqueda de alimento en una sociedad de cazadores-recolectores, no tendrán el mismo éxito adaptativo aplicado a las sociedades modernas. Un organismo que utilice un mecanismo especializado para cada tarea tendrá mejores resultados adaptativos en la medida

en que cada uno explota características específicas de la estructura de cada problema.

En consecuencia, el proceso de aprendizaje también depende del contexto y una trayectoria de decisión exitosa no puede ser inferida a partir de criterios generales, sino que resulta de las características contingentes del ambiente y del comportamiento de los individuos involucrados así como del desarrollo cultural y tecnológico del que disponen (Richerson y Boyd, 2005; Arthur, 2009). Muchos de los factores claves del aprendizaje requiere de la colaboración intergeneracional de muchos agentes, así como de su retención y transmisión, por lo que cada generación puede agregar mejoras en las practicas colectivas (véase Boyd y Richerson, 2008; Tomasello, 1999). La misma variabilidad en las tareas adaptativas de los seres humanos requiere que las capacidades de decisión sean sumamente plásticas para ajustarse a los cambios y circunstancias de escenarios complejos y cambiantes. Esto permite que nuestros criterios de éxito o error también dependan del dominio de aplicación y no haya parámetros de evaluación a-contextuales o universales capaces de ofrecer una fórmula general que garantice una ventaja adaptativa (Carruthers, 2006). Hemos señalado que la mayor parte de los problemas adaptativos que los seres humanos enfrentamos ocurren en situación de incertidumbre. Tareas adaptativas como la formación de coaliciones, selección de pareja, o la producción y distribución de recursos escasos, son problemas que hemos afrontado bajo circunstancias en las que las presiones de tiempo o las restricciones de información nos impiden formar una representación completa de todas las variables inmersas en las distintas situaciones (Alvard, 2003). En estos escenarios, resulta completamente inútil comprender un problema a través de las consecuencias probabilísticas de nuestras alternativas, o pretender optimizar bajo una función dada, ya que las presiones

evolutivas vuelven inaplicable un proceso de toma de decisiones que funcione de ese modo (véase Cosmides y Tooby, 1994). De acuerdo con lo anterior, la especialización funcional es el proceso a nivel biológico y social –en términos de división de trabajo, por ejemplo – que nos ha dotado de herramientas y habilidades para afrontar la incertidumbre inherente en la resolución de problemas económicos. Si atendemos a ese proceso de especialización se obtiene la clave para explicar las características y condiciones que determinan esas capacidades de toma de decisiones.

En la siguiente sección, vamos a establecer que la especialización funcional en el ámbito social se realiza a través de un marco normativo de *instituciones* que regulan el proceso de intercambio económico y favorecen el surgimiento de reglas que generan expectativas compartidas (Schmid, 2004; Martens, 2004; North, 1991). Desde nuestro punto de vista, las instituciones generan una ecología social para la toma de decisiones. Cuando un agente se enfrenta a un problema, su marco de alternativas de decisión está dado dentro del sistema institucional al que pertenece. Por instituciones, como veremos más adelante, entenderemos los sistemas de reglas que asignan determinados derechos y atributos sobre el uso de los recursos y que juegan un papel esencial en las actividades de coordinación económica. En cualquier caso, el punto importante consiste en explicar cuáles son las características de las instituciones que promueven la toma de decisiones adaptativa de intercambio recíproco.

Un enfoque Institucional de la Toma de Decisiones

Hasta este punto de la exposición, hemos establecido un marco alternativo para entender la toma de decisiones como un proceso adaptativo. No obstante, falta entender cómo los seres humanos transformamos nuestro ambiente para confrontar diversos

problemas relacionados con el intercambio de recursos a través de la construcción de expectativas compartidas. En los últimos años, Ostrom y sus colaboradores (Ostrom y Walker, 2003) han ido desarrollando una teoría institucional del intercambio económico que sirve de metodología para abordar un número considerable de casos de acción colectiva. En esta sección, vamos a desarrollar algunos puntos importantes de este trabajo para vincular a nuestra propuesta de toma de decisiones que integre las condiciones planteadas arriba de incertidumbre y estrategias heurísticas. Dada la enorme variabilidad de los escenarios en los que los individuos toman decisiones para la solución de problemas de acción colectiva, es necesario reducir la incertidumbre inherente al intercambio económico mediante la construcción de estructuras colectivas que faciliten la toma de decisiones y fomenten el proceso de aprendizaje, estas estructuras se conocen como instituciones.

Las instituciones son entendidas como reglas en uso utilizadas para asignar derechos y atributos sobre la utilización de determinados recursos colectivos, dichas reglas determinan el derecho a tomar ciertas decisiones en determinadas áreas; las acciones permitidas o prohibidas en diversos contextos; las normas o códigos de afiliación a ciertos grupos sociales; los procedimientos que guían el comportamiento ante eventuales circunstancias, el intercambio de información; así como las atribuciones que se asignan a los individuos en función de sus acciones (Ostrom, 1986).¹⁶⁸ Las instituciones, por tanto, se convierten en estructuras sociales que, al modificar la acción colectiva, influyen en la toma de decisiones individuales.

¹⁶⁸ Otros autores también definen a las instituciones como las reglas que determinan la acción colectiva, es decir, se conciben como ciertos patrones de interacción que gobiernan y restringen las acciones de los individuos (véase: North, 1990; North, Wallis y Weingast, 2009, Aoki 2001 y 2010).

Ostrom (2005; 2008) define a las instituciones como las reglas que los individuos emplean en una amplia variedad de situaciones repetidas y estructuradas. Dichas reglas tienden a emerger a partir de la interacción colectiva recurrente. Existen tres tipos de instituciones de acuerdo con Ostrom (2005): reglas, normas y estrategias compartidas. Las reglas se definen como un tipo de instituciones compuestas por: a) determinados participantes, b) enunciados que describen las acciones que están permitidas y las que no, c) una descripción del proceso en el que aplican las reglas, d) una serie de condiciones que especifican en qué espacio y momento aplican, y e) las consecuencias asociadas al no cumplimiento. Las normas son un tipo de institución que contienen los cuatro primeros componentes que integran las reglas, pero no especifican las consecuencias de su cumplimiento o incumplimiento. Mientras que las estrategias compartidas solo especifican quienes son los participantes, proporcionan una descripción del proceso de interacción y las condiciones de espacio y tiempo para su aplicación. Esta taxonomía es útil porque permite analizar diversas acciones colectivas y establecer en qué medida pertenece a un marco institucional específico.

Tomando en cuenta la gramática institucional propuesta por Ostrom, puede afirmarse que la relación entre instituciones y toma de decisiones implica una cuestión fundamental: que las reglas de acción surgen como resultado de las decisiones interconectadas que toman los individuos en determinados contextos o arenas de acción (Ostrom, 1990, 2005), ya sea que estos participen en su construcción de manera personal o dentro de organizaciones específicas. En todo caso la acción cotidiana de los individuos implica un proceso de toma de decisiones y conformación de determinadas características conductuales relacionadas con la misma (recopilación y procesamiento de información, establecimiento de preferencias, formación de estrategias cooperativas o de confrontación, etc.). Al

mismo tiempo las instituciones, una vez establecidas como reglas que asignan determinados derechos y atributos, ejercen una influencia importante sobre la acción de los individuos, acotando y direccionando la toma de decisiones individual hacia causas esperados por los otros miembros de la comunidad. Por tanto, en términos generales, la agenda de investigación institucional se centra principalmente en determinar por un lado, como surgen las reglas de acción colectiva a partir de las decisiones individuales interrelacionadas, y por el otro, como estas reglas influyen en la toma de decisión individual.

Re-alimentación entre Instituciones y Toma de Decisiones

El argumento anterior implica considerar que uno de los resultados de la interacción individual es la conformación y establecimiento de reglas que impliquen la solución de dilemas colectivos. En un dilema social, hay un número grande de agentes interactuando para producir o distribuir un determinado recurso en un contexto donde resulta altamente costoso implementar reglas o estrategias de decisión para administrar el uso del recurso mismo (Ostrom, 1998). Los dilemas sociales captan de manera precisa muchos conflictos económicos en la interacción humana. La obtención de dichas reglas y estrategias implica un proceso en el que los individuos con base en la información que poseen, sus preferencias, intereses, etc., estructuran un marco de acción social para obtener ciertos resultados. No obstante, por lo general, la teoría económica no profundiza en la naturaleza de dicho proceso deliberativo, ni los mecanismos cognitivos con base en los cuales los individuos deciden entrar en un proceso de cooperación que determine la construcción de reglas colectivas. Planteándolo de otro modo, se asume que la

solución cooperativa a los problemas de acción colectiva ocurre como resultado natural. Sin embargo, una de las cuestiones que se desea enfatizar aquí es que la construcción de instituciones debe afrontar problemas relacionados con la creación y ejecución de decisiones individuales denominadas estrategias de acción (oportunismo, *free rider*, estrategias no cooperativas, etc.), por lo que resulta crucial comprender como se establecen dichas estrategias.

El hecho de que las reglas influyen en la conducta individual puede ser fácilmente corroborado en la actividad cotidiana. Por ejemplo, una regla explícita o formal de naturaleza coercitiva como el castigo de ciertos delitos, puede inhibir la recurrencia de los mismos. De igual manera, una regla informal o implícita como la reciprocidad, la reputación y la confianza en las transacciones estimula el intercambio y establece determinados patrones recurrentes de conducta (Ostrom, 2003; Aoki, 2001). Al respecto es importante notar que la influencia de las reglas institucionales sobre la conducta de los individuos no ocurre de manera inmediata, es decir, la promulgación de una nueva ley o la emergencia de una nueva norma social no necesariamente implican el acatamiento por parte de los individuos. Las reglas solo influyen en el comportamiento en la medida en que existe un grado importante de asimilación e internalización de las mismas, de tal manera que el individuo juzga conveniente seguirlas; o cuando existen mecanismos de coerción generalizados que aseguran su cumplimiento.

Como establece Ostrom (2005) existen costos externos e internos asociados con el cumplimiento de las reglas. La existencia de costos externos implica la posibilidad de que algún agente denominado *monitor* (que puede ser un individuo u organización especializada, como agencias de regulación, etc., o los mismos

miembros de una comunidad), tenga la facultad para detectar conductas no cooperativas y sancionarlas de algún modo (véase Axelrod, 1986). El sancionar cualquier tipo de conducta puede generar costos importantes dependiendo de las características de la comunidad y de su modo de organización. Así, por ejemplo, el sancionar a cada automovilista que no respeta las señales de tránsito en una ciudad grande y congestionada, implica un gran costo ya que es necesario contar con una gran cantidad de personal o tecnología de vigilancia. Por tal motivo, para que una regla institucional influya de manera importante en la toma de decisiones individual es imprescindible que exista cierto grado de internalización, de ahí la importancia de la existencia de costos internos (remordimiento, sanciones morales, insatisfacción, etc.), los cuales influyen en la conducta aún en ausencia de monitores externos.

Independientemente del hecho de que las instituciones influyen en la conducta individual por la coerción externa de un tercero o por cierto grado de internalización, aquí enfatizamos que su influencia implica un proceso de aprendizaje adaptativo individual en un ambiente determinado. En el caso de la posibilidad de una sanción externa, es claro que existe un proceso deliberativo porque el individuo debe evaluar de algún modo la posibilidad de ser descubierto al incurrir en una violación de las reglas. Éste puede decidir no seguir las reglas si considera que es difícil que el monitor no lo descubra y que los beneficios por infringirlas son mayores que los costos.

En el caso de la existencia de costos internos (Ostrom, 2005), la influencia de la toma de decisiones en la conducta de los individuos parece no ser tan evidente como en el caso anterior, porque dichos costos podrían inhibir de manera automática cualquier conducta contraria a los principios que los sustentan.

No obstante, puede plantearse que las circunstancias variantes del entorno a las que se enfrentan los individuos implican una evaluación constante de los fundamentos de los que se derivan los costos internos. Por ejemplo, una norma explícita en diversas religiones respecto a la prohibición bajo cualquier circunstancia de abortar incluso en las primeras semanas de concepción, supone enormes costos internos para las mujeres que se encuentran en el dilema de hacerlo, por lo que es probable que en comunidades altamente religiosas no se requiera monitoreo externo para hacer cumplir esta regla. A pesar de ello, circunstancias específicas (enfermedad, riesgo de muerte, etc.) pueden llevar a contrastar los fundamentos morales a pesar de los enormes costos internos que para estas personas implica realizar dicha acción, lo cual abre un proceso evidente de deliberación.

Como puede apreciarse, la creación y permanencia de reglas explícitas o implícitas se encuentra estrechamente relacionada con el proceso de deliberación individual. Si bien es cierto que las instituciones en su forma de reglas sociales influyen en la conducta de los individuos, este proceso no excluye (por el contrario presupone) la acción constante de las decisiones individuales.

Desde una perspectiva institucional, proponemos una dinámica más compleja en el proceso de toma de decisiones como fundamento de la acción individual. Como se ha mencionado anteriormente, aunque se acepta que los individuos pueden actuar de manera racional en contextos bien estructurados (Ostrom, 2003), se establece que en realidad enfrentan diversas elecciones para las cuales, debido a su naturaleza novedosa, única o compleja, resulta muy complicado obtener toda la información disponible que asegure un desempeño óptimo. Por el contrario, los individuos toman decisiones bajo condiciones de gran incertidumbre respecto de las consecuencias futuras de

sus acciones. Resulta muy complicado entonces que el individuo sea capaz de identificar la mejor alternativa posible para resolver los problemas de elección que enfrenta. En consecuencia, los supuestos conductuales de la teoría económica estándar no contribuyen a la explicación de la mayoría de los fenómenos de la acción colectiva.

En este sentido el trabajo de Ostrom (Ostrom, 2005; Ostrom y Walker, 2003) presenta grandes avances en el análisis de la solución de problemas colectivos entre individuos heterogéneos. Partiendo del marco analítico de la racionalidad limitada propuesto por Simon, se plantea que en arenas de acción complejas, la cantidad de información excede la capacidad de procesamiento de los individuos, por lo que su acción no puede basarse en un análisis completo de su entorno. En tales circunstancias, los individuos generan modelos mentales o representaciones de las distintas situaciones que enfrentan, para comprenderlas de mejor manera y actuar en consecuencia. En la medida en que los individuos actúan repetidamente dentro de una arena de acción específica, estos reciben cada vez más información sobre la estructura del ambiente y sobre las acciones recurrentes de los demás individuos, obteniendo de esta manera información valiosa para su propia acción estratégica. Ostrom plantea que los individuos inicialmente utilizan los modelos mentales previos para crear expectativas acerca del contexto institucional en el que se encuentran y sobre los resultados de las diversas acciones. Si los resultados obtenidos coinciden con las expectativas que se han formado entonces detienen la búsqueda de información. En caso contrario modificarán sus modelos mentales para formular nuevas expectativas.

Debido a que los seres humanos somos “cooperadores condicionales”, la toma de decisiones individual depende en gran medida de nuestra capacidad de “leer la mente” de los

demás (Ostrom y Walker, 2003), es decir en formar expectativas certeras de cuál es el comportamiento esperado de los otros individuos en determinados contextos. No obstante, debido a que existe una gran variedad de escenarios de interacción y recursos para el intercambio, las instituciones juegan un papel fundamental en el establecimiento de patrones de confianza que permiten la cooperación (Hardin, 2003). Por lo tanto, las reglas en uso funcionan principalmente como un mecanismo que ahorran recursos cognitivos porque posibilita que los individuos discriminen automáticamente múltiples alternativas de comportamiento mediante el mecanismo del aprendizaje, concentrándose sólo en aquellas que han demostrado ser efectivas.

Conclusiones

El objetivo de este capítulo fue desarrollar una perspectiva institucional de la toma de decisiones para entender el proceso de intercambio económico. Hemos enfatizado que la toma de decisiones de los seres humanos se ve afectada por restricciones de información y contextuales que, en muchos casos, hace imposible aplicar formalizaciones basadas en criterios lógicos o probabilísticos. Desde este punto de vista institucional, nos ha interesado comprender cómo la toma de decisiones requiere un tipo de capacidades y habilidades que los seres humanos hemos desarrollado a través de un largo periodo evolutivo para hacer frente con dichas restricciones y poder enfrentar situaciones de incertidumbre en problemas de recursos escasos a nivel estratégico. Por tales razones es factible plantear que sustentar el comportamiento humano en una sola estrategia de decisión, como propone la teoría de utilidad esperada, puede ser sumamente costoso en términos adaptivos.

Si bien, desde la perspectiva institucional no se descarta la racionalidad en la toma de decisiones, se plantea que esta sólo puede ocurrir en arenas de acción altamente estructuradas y poco cambiantes en las que la incertidumbre es reducida. No obstante, como las acciones de intercambio económico relacionadas con este tipo de ambientes son la excepción más que la norma, el comportamiento racional no puede sustentarse como única o principal regla de decisión para la solución de dilemas sociales. Por lo tanto hemos elaborado nuestra propuesta a partir de la teoría de la gramática institucional de Elinor Ostrom que pone de relieve la importancia de las instituciones como sistemas de reglas en uso que generan marcos de decisión para la interacción social y cómo posibilitan la generación de expectativas compartidas entre un grupo de agentes, de tal manera que hacen previsible su propia interacción y sus mecanismos de respuesta.

Aún faltan por explorar muchas vertientes del comportamiento humano para entender con mayor precisión las condiciones en que llevamos a cabo una toma de decisiones exitosa. No obstante, este trabajo ha sido una propuesta para avanzar hacia una visión integral sobre el aprendizaje y la dinámica social en las intrincadas y altamente variables condiciones del intercambio económico.

Bibliografía

- Alvard, Michael (2003), "The adaptive nature of culture" *Evolutionary Anthropology* 12, pp. 136-149
- Anderson, E. (2000), "Beyond Homo Economicus: New Developments in Theories of Social Norms", *Philosophy and Public Affairs*, vol. 29, núm. 2, pp. 170-200.

- Aoki, Masahiko (2010) Corporation in Evolving Diversity. *Cognition, Governance, and Institutions*. Nueva York: Oxford University Press.
- _____(2001) *Toward a Comparative Institutional Analysis*. Lóndres: The MIT Press.
- Arthur, B. (2009), *The Nature of Technology: What it is and How it Evolves*, New York, Penguin Group.
- _____(2000), "Cognition: The Black Box in Economy", en David Colander (ed.), *The Complexity Vision and the teaching of Economics*, Northampton, Edward Elgar Publishers, pp. 19-28.
- _____(1992), "On Learning and Adaptation in Economy", working paper from the Santa Fe Institute Economics Research Program.
- Axelrod, Robert. (1986), "An Evolutionary Approach to Norms", *The American Political Science Review*, vol. 80, núm. 4, pp. 1095-1111.
- Ayala, Francisco. (1970), "Teleological Explanations in Evolutionary Biology", *Philosophy of Science*, vol. 37, núm. 1, pp. 1-15.
- Boyd, Robert y Peter. Richerson (2008), "Gen-Culture Coevolution and Evolution of Social Institutions", en Christoph Engel y Wolf Singer (eds.), *Better than Conscious? Decision Making, the Human Mind and Implications for Institutions*. Cambridge, MIT Press, pp. 305-324.
- Carruthers, Peter. (2006), "The Case for Massively Modular Models of Mind", en *Contemporary Debates in Cognitive Science*. R. J. Stainton (ed.), Oxford: Blackwell Publishing.
- Clark, Andy (1997) "Economic Reason: the interplay between individual learning and external structure". Drobak and Nye (eds). *The Frontiers of New Institutional Economics*. San Diego: Academic Press
- Commons, J. (1931), "Institutional Economics", *American Economic Review*, vol. 21, núm. 4, pp. 648-657.
- Cosmides, L. y J. Tooby (1994), "Origins of Domain Specificity: The Evolution of Functional Organization", en Lawrence Hirschfeld y Susan Gelman (eds.) *Mapping the Mind: Domain Specificity in Cognition and Culture*, New York, Cambridge University Press.
- Gigerenzer, G. (2008), *Rationality for Mortals. How People Cope with Uncertainty*. Oxford, Oxford University Press.

- ___(2001), "The Adaptive Toolbox", en Gigerenzer Gerd y Reinhart Selten (eds.) *Bounded Rationality: The Adaptive Toolbox*, Cambridge, MIT Press, pp. 37-50.
- ___(2000), *Adaptive Thinking*. Oxford, Oxford University Press.
- Gigerenzer, G., P. Todd y ABC Research Group (1999), *Simple Heuristics that Make Us Smart*, Oxford, Oxford UP.
- Gigerenzer, G. y R. Selten (2001), "Rethinking Rationality" en Gerd Gigerenzer y Reinhart Selten (eds.), *Bounded Rationality: The Adaptive Toolbox*, Cambridge, MIT Press, pp. 1-12.
- Glimcher, Paul (2003), *Decisions, Uncertainty, and the Brain. The Science of Neuroeconomics*. Bradford Books
- Hardin, Russell (2003) "Gamin Trust" En: Elionor Ostrom y James Walker (edit.) *Trust and Reciprocity. Interdisciplinary Lessons from Experimental Research*, Nueva York: Russell Sage Foundation, pp.80-101.
- Hastie, R. y J. Dawes (2010), *Rational Choice in an Uncertain World: The Psychology of Judgment and Decision Making*, California, Sage.
- Kahneman, Daniel (2012), *Pensar rápido, Pensar Despacio*. Cd. de México: Random House Mondadori-Debate
- Kahneman, D., P. Slovic y A. Tversky (eds.) (1982), *Judgment Under Uncertainty: Heuristics and Biases*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Lichtenstein, S. y P. Slovic (1971), "Reversals Preference Between Bids and Choices in Gambling Decisions", *Journal of Experimental Psychology*, vol. 89, núm. 1, pp. 46-55.
- Martens, B. (2004), *The Cognitive Mechanism of Economic Development and Institutional Change*, London and New York, Routledge.
- North, Douglass. (2005), *Understanding the Process of Economic Change*, Princeton, Princeton University Press, 2007.
- ___(1994), "Economic Performance through Time", *The American Economic Review*, Vol. 84, núm. 3, pp. 359-368.
- ___(1991), "Institutions", *The Journal of Economic Perspectives*, vol. 5, núm. 1, pp. 97-112.

- ___(1990), *Instituciones, Cambio Institucional y Desempeño Económico*, México, Fondo de Cultura Económica, 2006.
- ___(1981), *Structure and Change in Economic History*. Nueva York, WW Norton.
- North, D., J. J. Wallis y B. R. Weingast (2009), *Violence and Social Order. A Conceptual Framework for Interpreting Recorded Human History*, New York, Cambridge University Press.
- Ostrom, Elinor. (1998), "A behavioral Approach to the Rational Choice Theory of Collective Action: Presidential Address; American Political Science Association". *The American Political Science Review*, Vol. 92, No. 1 (marzo), pp. 1-22.
- ___(2005), *Understanding Institutional Diversity*, New Jersey, Princeton University Press.
- ___(2003) "Toward a Behavioral Theory Linking Trust, Reciprocity and Reputation." En: Elinor Ostrom y James Walker (edit.) *Trust and Reciprocity. Interdisciplinary Lessons from Experimental Research*, Nueva York: Russell Sage Foundation, pp. 19-79.
- ___(1990), *El Gobierno de los Comunes. La Evolución de las Instituciones de Acción Colectiva*, México, FCE-UNAM-CRIM-IIS.
- ___(1986) "An Agenda for the Study of Institutions." *Public Choice*, vol. 49, pp. 3-25.
- Ostrom, Elinor y James Walker (2003/2005) "Trust and Reciprocity. Introduction". En: Elinor Ostrom y James Walker (edit.) *Trust and Reciprocity. Interdisciplinary Lessons from Experimental Research*, Nueva York: Russell Sage Foundation, pp. 3-18.
- Ove Hansson, S. (2005), *Decision Theory. A Brief Introduction*. Stockholm: Royal Institute of Technology, URL: <http://home.abe.kth.se/~soh/decisiontheory.pdf>
- Payne, J., J. Bettman y E. Johnson (1993), *The Adaptive Decision Maker*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Ranyard, Rob, W. R. Crozier y O. Svenson (1997), *Decision Making: Cognitive Models and Explanations*, New York, Routledge.

- Richerson, Peter y Robert Boyd (2005), *Not by Genes Alone. How Culture Transformed Human Evolution*, Chicago, The University of Chicago Press.
- Plous, Scott. (1993), *The Psychology of Judgment and Decision Making*, New York, McGraw-Hill.
- Schmid, Allan (2004), *Conflict and Cooperation. Institutional and Behavioral Economics*, Oxford, Blackwell Publishing.
- Simon, Herbert. (1990), "Invariants of Human Behavior", *Annual Review of Psychology*, vol. 41, núm. 1, pp. 1-20.
- _____(1979), "Rational Decision Making in Business Organizations", *The American Economic Review*, vol. 69, núm. 4, pp. 493-513.
- _____(1969), "A Behavioral Model of Rational Choice", *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 1, núm.1, pp. 99-118.
- Smith, Vernon. (2008), *Rationality in Economics. Constructivist and Ecological Forms*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Stein, Edward. (1996), *Without Good Reason. The Rationality Debate in Philosophy and Cognitive Science*, Oxford, Clarendon Press.
- Todd, Peter, and Gerd Gigerenzer (2002), "Environments that Make Us Smart. Ecological rationality" *Current Directions in Psychological Science* 16 (3) pp. 167-171
- Tomasello, Michael. (1999), *The Cultural Origins of Human Cognition*, Cambridge, Harvard University Press.
- Tooby, J. y L. Cosmides (1992), "The Psychological Foundations of Culture", en Barkow, Jerome H., Leda Cosmides, y John Tooby (eds.), *The Adapted Mind: Evolutionary Psychology and the Generation of Culture*, New York, Oxford University Press, pp. 19-136.
- Von Neumann, J. y O. Morgenstern (1947), *Theory of Games and Economic Behavior*. Princeton, Princeton University Press.

MODELOS BASADOS EN AGENTES PARA REPRESENTAR
LA COMPLEJIDAD INSTITUCIONAL

Co-evolución de las normas y la cooperación en Elinor Ostrom: Un modelo basado en agentes

*Fernando Jiménez Tovar
Arturo A. Lara Rivero*

Introducción

Durante la última década los modelos basados en agentes han contribuido en gran medida a explicar las condiciones que permiten la evolución y la estabilidad de la cooperación. En la mayoría de los casos los modelos incluyen una estructura institucional fija o un proceso de evolución de reglas basado en un mecanismo de selección en función de la aptitud de dichas reglas, pero no se explica el origen de estas estructuras institucionales.

A partir de la gramática ADICO propuesta por Elinor Ostrom (2005) y de los modelos basados en agentes (autómata celular), el objetivo de este artículo es el de examinar cómo una estrategia compartida puede evolucionar hasta convertirse en una norma y de esta manera examinar su influencia en los niveles de cooperación.

La estructura del trabajo es la siguiente. En la primera parte se sintetizan los principales problemas examinados por los modelos basados en agentes relacionados con el programa teórico de Elinor Ostrom (1). Luego se describen las características y los parámetros del autómata celular (2) y los componentes o bloques de construcción de la gramática institucional (3). A continuación se examina la evolución de la cooperación integrando el modelo de autómata celular con la gramática institucional. Posteriormente finalizamos con un apartado de conclusiones.

Los modelos basados en agentes: Los problemas y las áreas de interés

Como parte de su interés por los problemas que requieren soluciones cooperativas, Elinor Ostrom¹⁶¹ criticó y estudió las contribuciones más relevantes de los modelos basados en agentes que pueden contribuir a la construcción de la teoría de la elección colectiva y del manejo de los Recursos de Uso Común (RUC). En esta sección nos interesa sintetizar aquellos modelos basados en agentes relacionados con el problema de la cooperación y con los dilemas de la acción colectiva. Los presentamos de acuerdo a los siguientes cinco temas: i) el desarrollo de estrategias de cooperación en juegos repetidos del dilema del prisionero; ii) la influencia de los patrones espaciales en interacciones de acción colectiva; iii) el efecto de la reciprocidad indirecta en la evolución de estrategias de cooperación, iv) las condiciones que permiten la evolución del castigo costoso y v) la evolución de las normas y metanormas sociales.

¹⁶¹ Elinor Ostrom fue galardonada con el Premio Nobel de Economía en 2009.

▪ El desarrollo de estrategias de cooperación en juegos repetidos del dilema del prisionero

Uno de los estudios clásicos que propició el uso de modelos basados en agentes es atribuido a Robert Axelrod (1984). Las estrategias de los agentes representadas por algoritmos de computadora se enfrentaron en un torneo virtual del juego del dilema del prisionero. En el torneo original y otro organizado posteriormente la estrategia ganadora fue también la más sencilla Tit For Tat. En una etapa posterior, Axelrod utilizó algoritmos genéticos para simular la evolución de estrategias en juegos repetidos del dilema del prisionero (Axelrod, 1997; Mitchel, 1998). Las estrategias encontradas por Axelrod tienen algunas de las características de Tit For Tat como: nunca desertar primero, corresponder a la cooperación, castigar la desertión y ser indulgente (Axelrod, 1997). Pronto se demostró, sin embargo, que Tit For Tat no es la mejor estrategia posible en juegos repetidos y finitos del dilema del prisionero. La estrategia de Axelrod permite explicar solamente la cooperación de grupos pequeños, puesto que la cooperación de grupos grandes es complicada para un individuo identificar y recordar los patrones de interacción previos. Además es costoso castigar a los polisones u oportunistas (Ostrom, 2005).

A pesar de estas limitaciones, a lo largo de más de tres décadas Ostrom encuentra una rica y extensa evidencia de que el juego del dilema del prisionero puede emplearse en una gran variedad de situaciones sociales que incluyen la explotación de recursos de uso común (Dasgupta y Heal, 1979; Ridley, 1998; D. Richards, 2001; Pottete, Janssen y Ostrom, 2012).

▪ La influencia de los patrones espaciales en interacciones de acción colectiva

Un modelo simple desarrollado por Martin Nowak y Robert May (1992) demuestra la importancia de la distribución espacial¹⁶² de agentes que juegan un juego repetido del dilema del prisionero con sus vecinos (Nowak y Highfield, 2012; Alexander, 2007). En este tipo de juegos espaciales la forma en que los agentes actualizan su estado resulta también determinante en la evolución del sistema (Nowak, Bonhoeffer y May 1994; Huberman y Glance, 1993).

Otros estudios ponen en evidencia que las estructuras de redes, diferentes de las estructuras regulares como el autómata celular, pueden favorecer la cooperación bajo ciertas condiciones (Ohtsuki *et al*, 2006; Santos y Pacheco, 2005). Otra serie de estudios se basan en la posibilidad de la selección de grupos (Janssen y Goldstone, 2006; Boyd *et al*, 2003; D. Wilson, 1983; M. Wade, 1977 y 1978; Wright, 1945) y en la movilidad demográfica (Killingback, Bieri y Flatt, 2006; Wright, 1945) como determinantes del comportamiento altruista. En juegos de bienes públicos que toman en cuenta la estructura espacial se ha observado que cuando los agentes tienen la posibilidad de abandonar voluntariamente el juego pueden coexistir cooperadores, desertores y no participantes (Brandt, Hauert y Sigmund, 2003; Hauert *et al*, 2002); asimismo la geometría de las interacciones tiene consecuencias en el nivel de cooperación observado (Hauert y Szabo, 2003).

▪ El efecto de la reciprocidad indirecta en la evolución de estrategias de cooperación

Los modelos de inflexión derivados de los trabajos de Schelling (1960 y 1978) predicen niveles de comportamiento cooperativo entre agentes que no tienen una historia de interacción previa.

¹⁶² Nowak y May utilizaron un autómata celular de dos dimensiones, donde cada agente interactúa con sus vecinos en una vecindad de Moore.

La explicación de los estudios de reciprocidad indirecta coincide con los resultados de los modelos desarrollados por Poteete, Janssen y Ostrom (2012).

En otros modelos, los agentes hacen uso de marbetes o etiquetas (Holland, 2004) lo que les permite detectar y producir elevados niveles de cooperación (Janssen, 2008; Hales, 2001; Riolo, Cohen y Axelrod, 2001; Nowak y Sigmund, 1998; Lindgren y Nordahl, 1994; Frank, 1987). También se han realizado estudios sobre el uso de la reputación para decidir cooperar o seleccionar con quién jugar (Schluessler, 1989; Ashlock *et al.*, 1996; Stanley, Ashlock y Tesfatsion, 1994; Vanberg y Congelton, 1992). Otra serie de estudios muestra que cuando los agentes tienen preferencias que toman en cuenta a otros se puede favorecer la cooperación en la población (Janssen, 2008; Bester y Güth, 1998; Ahn, Janssen y Ostrom, 2004).

▪ Las condiciones que permiten la evolución del castigo costoso

Numerosos estudios experimentales han sugerido que el castigo costoso es un factor importante para la evolución de la cooperación (Fehr y Gächter, 2002; Ostrom, Walker y Gardner, 1992). La teoría de juegos ofrece en algunos casos una explicación de los equilibrios posibles y las condiciones necesarias cuando existe un castigo (Ostrom, 2005; Boyd y Richerson, 1992; Hirshleifer y Rasmusen, 1989; Fudenberg y Maskin, 1986). La extensión de estas explicaciones usando los modelos basados en agentes ha permitido incluir procesos culturales de selección de grupo (Boyd *et al.*, 2003) que muestran que si el castigo se permite, pueden surgir altos niveles de cooperación en grupos pequeños (Hauert *et al.*, 2007; Boyd *et al.*, 2003).

▪ La evolución de las normas y metanormas sociales

Axelrod (1986) estudia bajo qué condiciones podían perdurar las normas que sostienen las estrategias de cooperación en una

población. El juego propuesto por Axelrod supone la existencia de normas de castigo y meta-normas que apoyan a las normas de cooperación.¹⁶³ La teoría de Axelrod ha mostrado ser consistente con la evidencia de campo, con base en esta teoría se han desarrollado modelos evolutivos que exploran la viabilidad de una estrategia común compartida que coopera en el proceso de adquisición de recursos e impone sanciones a quienes no participan (Kameda, Takezawa y Hastle, 2003).

La mayoría de los trabajos señalados más arriba describen el efecto de estructuras institucionales específicas en la evolución de la cooperación, sin embargo no existe una explicación de cómo se origina dicha estructura institucional. Por ello existe un gran interés en comprender los procesos de evolución de reglas formales para la solución de dilemas complejos (Poteete, Janssen y Ostrom, 2012).

Desde esta perspectiva, Janssen (2005) modela la evolución de reglas institucionales a partir de la creación de bibliotecas de cada uno de los componentes de la gramática ADICO de Ostrom (2005). La construcción de reglas se realiza seleccionando un componente de cada biblioteca y combinándolos para crear una regla institucional que incluye los cinco componentes de la gramática. Las reglas así construidas pueden usarse para solucionar algunos problemas de acción colectiva.

Posteriormente Janssen y Ostrom (2006) reportan modelos en los que un grupo de agentes provistos de un conjunto de reglas, acuerdan aceptar una regla que disminuye sus rendimientos individuales en el corto plazo pero que aumentasus rendimientos de largo plazo. A partir de estos resultados Ostrom y colaboradores señalan que el siguiente paso debe ser el

¹⁶³ En el juego propuesto por Axelrod no se explica cómo evolucionan las normas de castigo y las metanormas, sino su efecto en las estrategias de cooperación.

estudio de la evolución de las propias reglas institucionales (Poteete, Janssen y Ostrom, 2012).

Tradicionalmente, el análisis institucional se ha enfocado en las reglas por dos razones: en primer lugar, porque se requiere analizar el impacto de un cambio en las reglas, ya sea que el cambio sea propuesto o haya realmente ocurrido. En segundo lugar, los analistas institucionales reconocen que “los cambios en las reglas pueden ser más fáciles o más estables que intentar cambiar la situación a través de cambios en el mundo biofísico o en los atributos de la comunidad” (Ostrom, 2005:138).

Si bien es cierto que el uso de reglas puede justificarse para disuadir ciertas conductas en los individuos que puedan perjudicar a otros, debemos tener presente que el uso de reglas puede presentar una desventaja importante en el nivel de desempeño global del sistema, debido a que se consumen recursos en el monitoreo y sanción determinados por la regla. Por esta razón, aunque resulta más complejo, siempre es deseable que los individuos inmersos en un dilema social desarrollen e internalicen normas y que las reglas tengan un papel secundario dentro de la estructura institucional para modificar la conducta de los individuos.

El problema de la evolución institucional no sólo se refiere a la creación y clasificación de estrategias compartidas, normas y reglas y el estudio de sus procesos de evolución como conjuntos separados, sino que además debe abordar los procesos mediante los cuales un tipo de enunciado institucional puede transformarse en otro tipo y las consecuencias derivadas de este proceso.

En este artículo abordaremos este último aspecto de la evolución institucional que a nuestro parecer es fundamental

para explicar la evolución de la cooperación en una población inmersa en una situación de dilema social.

Autómata celular

Una característica importante de la acción colectiva es que ocurre de manera repetida (Alexander, 2007). Un enfoque útil para estudiar esta característica de recurrencia es la teoría de juegos evolutivos que analiza los modelos de juegos repetidos con agentes de racionalidad limitada. Los modelos evolutivos especifican las leyes dinámicas que provocan los cambios en la población y proporcionan en todo momento una representación del estado de la población.

Para representar a la población, podemos recurrir a un modelo de tipo continuo o uno de tipo discreto. En un modelo continuo, como el replicador dinámico, todas las particularidades y diferencias entre individuos se pierden al usar datos agregados o estadísticas globales que representan algún estado de la población. Por lo tanto, los modelos agregados “no pueden representar la estructura de la sociedad y las interacciones sociales” (Alexander, 2007: 26).

Los modelos discretos llamados también modelos basados en agentes mantienen la identidad de cada individuo de la población. La identidad de cada individuo puede incluir información sobre su ubicación y papel en la población y sobre otras propiedades adicionales relevantes.

La inclusión de estructura espacial en los modelos de la teoría de juegos evolutivos hace una diferencia real en el comportamiento a largo plazo de los modelos (Alexander, 2007; Nowak y Highfield, 2012). La “incorporación de estructura en los modelos basados en agentes nos permite modelar situaciones

cuya convergencia de largo plazo se comporta de manera muy aproximada a la encontrada en poblaciones humanas reales” (Alexander, 2007: 27).

Un autómata celular consiste en un arreglo rectangular de agentes interrelacionados con los vecinos que los rodean como se muestra en el **Cuadro 1**.

Un autómata celular es un tipo particular de modelo basado en agentes. La importancia de este autómata radica en que puede utilizarse como una versión idealizada de un sistema complejo en el que la estructura espacial juega un papel relevante.¹⁶⁴

CUADRO 1
AGENTE A EN UNA VECINDAD DE VON NEUMANN

$A_{1,1}$	$A_{1,2}$		...	...	...	...	...		$A_{1,N}$
$A_{2,1}$	$A_{2,2}$		...	...	...	...	...		$A_{2,N}$
					V_1				
				V_4	A	V_2			
					V_3				
$A_{N,1}$	$A_{N,2}$		...	...	...	...	...		$A_{N,N}$

Fuente: Elaboración propia.

¹⁶⁴ El trabajo de Elinor Ostrom (1990) incluye la investigación de sistemas de riego, de explotación forestal, agrícola, etc., que dependen en gran medida de una estructura espacial fija en donde los agentes pueden moverse eventualmente de un lugar a otro. La posición espacial dentro del sistema puede tomar mayor importancia si el recurso fluye en una dirección determinada, como en los canales de un sistema de riego.

Para que en este arreglo bidimensional cada agente tenga sus cuatro vecinos correspondientes se recurre a una solución sencilla. El renglón superior se pega con el renglón inferior formando un cilindro y entonces se pegan los dos extremos del cilindro formando un toroide.

De esta forma un agente como $A_{1,1}$ tiene como vecinos a $AN_{1,1}$ (arriba), $A_{2,1}$ (abajo), $A_{1,N}$ (izquierda) y $A_{1,2}$ (derecha).

Para generar la evolución del sistema, el autómata celular actualizará su estado mediante una regla de decisión determinista que sigue cada uno de los agentes que componen al autómata celular (Miller y Page, 2007). Cada agente elegirá su estado para el siguiente periodo con base en su estado actual y el de sus vecinos, de esta forma la evolución del autómata celular se basa en las decisiones tomadas en cada periodo de tiempo por cada uno de los agentes que lo componen.

Dependiendo del contexto específico, los agentes pueden usar alguna de las posibles reglas de actualización que pueden definirse. Alexander (2007) menciona cuatro tipos de reglas: tres basadas en imitación y una basada en una versión de mejor respuesta adaptada a individuos racionales. Estas reglas pueden describirse de la siguiente manera:

1. Imitar al mejor vecino. En cada generación cada agente revisa los pagos obtenidos por todos sus vecinos y adopta la estrategia del vecino que obtiene el mayor pago. El agente no cambiará su estrategia si no tiene incentivos para hacerlo, es decir, si su pago es mayor o igual que el de sus vecinos. En caso de empate si dos o más vecinos obtienen el pago mayor es necesario definir una regla de desempate, de tal forma que el agente copie la estrategia de uno de sus vecinos.

2. Imitar con probabilidad proporcional al éxito. Cada agente compara su pago con el de sus vecinos y copia la estrategia del que obtuvo el mayor pago. Si otros vecinos obtuvieron un pago mejor que dicho agente pero no el máximo, el agente copiará su estrategia con una probabilidad proporcional a su éxito relativo.
3. Imitar el mejor pago promedio. Cada agente calcula el pago promedio de cada estrategia en su vecindad y copia la que obtiene el mayor pago. Los agentes evalúan con base en el desempeño del grupo que usa una determinada estrategia.
4. Mejor respuesta. Los agentes adoptan la estrategia que les dará el mayor pago posible en la siguiente generación, bajo la suposición de que ninguno de sus vecinos cambiará su estrategia para la siguiente generación.

En el modelo de Nowak y May (Alexander, 2007) se considera que en cada periodo de tiempo, cada agente interactúa con cada uno de sus cuatro vecinos en un juego del dilema del prisionero.

El pago total T_{ij} que recibe cada agente es la suma de los pagos obtenidos al jugar el juego del dilema del prisionero con cada uno de sus vecinos. La dinámica del modelo proviene de una regla de imitación (RI) simple, la regla de imitar al mejor vecino. Al iniciar el juego, en $t=0$, cada agente elige una acción (C o D) y para el siguiente periodo, $t=1$, el agente actualiza su estado mediante esta regla de imitación. Este proceso se realiza una y otra vez generando la evolución temporal del autómata celular.

Para medir el desempeño global del sistema, podemos pensar en la ganancia total del sistema en cada periodo de tiempo como la suma de las ganancias totales de los agentes que componen el sistema, es decir:

$$GT = \sum_{i,j} T_{ij} \quad (1)$$

El conjunto de estos parámetros nos permitirá integrar la gramática institucional ADICO de Ostrom.

Gramática Institucional ADICO

La sintaxis de la gramática institucional propuesta por Ostrom (2005) incluye cinco componentes a partir de los cuales puede construirse cualquier enunciado institucional.

El ATRIBUTO [A] es una variable que establece el conjunto de participantes a quienes se aplica un enunciado particular.

La DEONTICA [D] indica una prescripción a las acciones y resultados a través de las frases operativas “puede” (Permitido), “debe” (Obligado) ó “no debe” (Prohibido). La introducción del componente Deóntico en un enunciado institucional se hace de manera formal a través de la inclusión de parámetros delta en la matriz de pagos del juego que es analizado. La existencia del componente Deóntico “implica la presencia de información adicional que los individuos usan al desarrollar sus expectativas sobre el comportamiento de otros y sus propias mejores respuestas” (Ostrom, 2005:147).

Los parámetros delta se definen de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \delta^o &= \delta^{oi} + \delta^{oe} \\ \delta^b &= \delta^{bi} + \delta^{be} \\ \Delta &= \delta^o + \delta^b \end{aligned}$$

y representan la recompensa y el costo percibido de obedecer (δ^o) y romper (δ^b) una prescripción; el superíndice i denota que

un cambio en la valoración de los pagos proviene de fuentes internas¹⁶⁵ y e denota que el cambio en la valoración proviene de fuentes externas.¹⁶⁶

El componente AIM [I] es una descripción del funcionamiento (trabajo a realizar) en una situación de acción a la cual se refiere el enunciado institucional. En este caso “La descripción puede incluir información sobre un proceso o una fórmula” (Ostrom 2005:148).

Las CONDICIONES [C] “indican el conjunto de variables que definen cuándo y dónde se aplica un enunciado institucional” (Ostrom 2005:149).

El componente OR ELSE [O] “es la consecuencia que un enunciado institucional asigna al detectar un incumplimiento de los otros componentes del enunciado. En algunos casos el OR ELSE especifica un rango de posibles castigos si no se sigue una regla” (Ostrom, 2005:149).

El concepto de “enunciado institucional” (Ostrom, 2005) comprende tres tipos de enunciados que pueden describirse en base a los componentes de la gramática ADICO de la siguiente forma:

1. Estrategias compartidas. Una estrategia compartida es un tipo de enunciado institucional que contiene tres componentes: [A][I][C]

Por ejemplo:

¹⁶⁵ Las fuentes internas incluyen, por ejemplo, la culpa o la vergüenza al romper una regla; en el caso de obediencia de una regla podemos pensar en la satisfacción propia o la sensación de ser un buen ciudadano.

¹⁶⁶ Las fuentes externas se asocian principalmente con la aprobación o desaprobación social y la reputación.

[A1 y A2][Cooperan][Siempre]

2. Normas. Una norma es un enunciado institucional que incluye cuatro componentes: [A][D][I][C]

Por ejemplo:

[A1 y A2][Deben][Cooperar][Siempre]

Resulta útil la reflexión de Ostrom en torno a las normas: “Podemos pensar en las normas como heurísticas que los individuos adoptan desde una perspectiva moral en el sentido de que son los tipos de acciones que desean seguir en sus vidas. Cuando algunos miembros de la población adquieren normas de comportamiento, la presencia de estas normas afecta las expectativas de los otros individuos. Además, una vez que las normas son compartidas de manera general en una población, las expectativas pueden converger a puntos focales”(Ostrom y Walker, 2003:41).

3. Reglas. Una regla es un enunciado institucional que incluye los cinco componentes: [A][D][I][C][O]

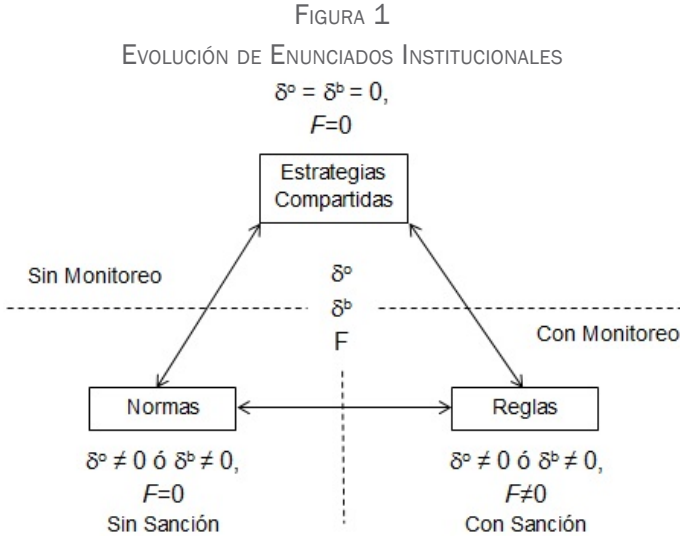
Por ejemplo:

[A1 y A2][Deben][Cooperar][Siempre][O de lo contrario tendrán una sanción F]

La evolución de los enunciados institucionales no tiene por qué seguir necesariamente la trayectoria

$$[A][I][C] \leftrightarrow [A][D][I][C] \leftrightarrow [A][D][I][C][O]$$

en la cual se introduce un componente a la vez, como menciona Ostrom (2005). Más bien, podemos pensar que la evolución de los enunciados institucionales puede darse en la forma mostrada en la **Figura 1**.



Fuente: Elaboración Propia.

El componente [D] se introduce en la forma de parámetros δ^o y δ^b en la matriz de pagos que percibe el agente, mientras que el componente [O] se introduce en la forma de una sanción F sobre el pago objetivo.¹⁶⁷ En términos de la gramática ADICO de Ostrom, la Regla de Imitación¹⁶⁸ (RI) tiene la estructura de una Estrategia Compartida [A][I][C] que puede describirse de la siguiente manera:

¹⁶⁷ En la gramática institucional de Ostrom los parámetros delta y las sanciones se agregan en forma aditiva a los pagos, por ejemplo en la forma $T-\delta^b \cdot F$. Esto genera un problema importante para definir las unidades con que se comparan los pagos en la matriz de pagos resultante pues los parámetros delta que son valoraciones subjetivas deben sumarse con pagos objetivos. Sin embargo, si la información es ponderada, es posible que los parámetros delta entren en forma multiplicativa al modelo evitando la ambigüedad en la definición de las unidades en las que se mide el pago $T\delta^b \cdot F$. En esta forma el parámetro δ^b sirve como unidad adimensional de escala para el pago objetivo T .

¹⁶⁸ En general las reglas de actualización de estado en un autómata celular corresponden a Estrategias Compartidas y no son Reglas en el sentido de la gramática ADICO de Ostrom.

Estrategia Compartida (RI)

[Cada Agente][Coopera][El Agente o alguno de sus vecinos
Coopera y obtiene el pago máximo en el encuentro anterior]

[Cada Agente][Deserta][El Agente o alguno de sus vecinos
Deserta y obtiene el pago máximo en el encuentro anterior]

Es fácil observar que la estructura $[A][I][C]$ de una Estrategia Compartida puede escribirse en la forma $[A][D=0][I][C]$. Esta Estrategia Compartida se convertirá en una Norma cuando exista algún mecanismo que permita la evolución de los parámetros delta (internos o externos) y por lo tanto los agentes adopten la estructura $[A][D \neq 0][I][C]$, es decir:

$$[A][D_{(t=0)} = 0][I][C] \xrightarrow{t} [A][D_{(t>0)} \neq 0][I][C]$$

Con todas estas características especificadas ahora nos toca desarrollar el modelo.

Desarrollo del Modelo de autómatas celulares con la gramática institucional

Para observar el impacto de la evolución de normas en la evolución de la cooperación partiremos de condiciones iniciales específicas y observaremos las distintas trayectorias de evolución del sistema.

Por condiciones iniciales no referimos a las siguientes:

1. Usaremos la misma matriz de pagos (objetivos) del juego base del dilema del prisionero.

		A_2	
		C	D
A_1	C	(16 ; 16) (4 ; 20)	
	D	(20 ; 4) (8 ; 8)	

Al momento de agregar los parámetros delta, los agentes evaluarán también los pagos subjetivos, por lo tanto estarán modificando la matriz de pagos objetivos de la siguiente forma:

		A_2	
		C	D
A_1	C	(16 + δ^{oi} + δ^{oe} ; 16 + δ^{oi} + δ^{oe}) (4 + δ^{oi} + δ^{oe} ; 20 + δ^{bi} + δ^{be})	
	D	(20 + δ^{bi} + δ^{be} ; 4 + δ^{oi} + δ^{oe}) (8 + δ^{bi} + δ^{be} ; 8 + δ^{bi} + δ^{be})	

2. Se usa la misma regla de imitación (RI) (con o sin los parámetros delta correspondientes).
3. Para cada serie de simulaciones se usará una misma configuración inicial de autómatas celulares.

Parámetros delta externos

Debido a que cada agente tiene interacción directa con sus vecinos, supondremos que se da el monitoreo y cada agente tiene la presión social de los 4 vecinos que le rodean, generando

valores para los parámetros delta externos (δ^{oe} y δ^{be}). Los parámetros delta externos que representan la presión social pueden tener valores relativamente estables en una pequeña población en algún intervalo de tiempo (Ostrom, 2005) y cambian más lentamente que los valores delta internos.

¿Cuál es el efecto de los parámetros delta externos? Los parámetros delta externos modifican la estructura de pagos que perciben los agentes y pueden cambiar la estructura del juego base del dilema del prisionero produciendo otro juego con equilibrios distintos a los del juego base original. Los deltas externos tienen un alcance limitado para modificar la dinámica del sistema, debido a que producen un único juego para todos los agentes del sistema que se mantiene sin cambio hasta que se modifican nuevamente estos deltas externos. La evidencia experimental y de campo demuestran que aún bajo la acción del monitoreo y la presión social las motivaciones internas pueden ser más fuertes para modificar la conducta de los individuos (Ostrom, 2005).

Comenzaremos con el modelo más sencillo de evolución de la cooperación utilizando la regla de imitar al vecino que obtiene el mejor desempeño (RI).¹⁶⁹ En este caso, los agentes evalúan solo su beneficio objetivo y no consideran el peso de la presión social.

Usaremos la configuración inicial del autómatas celular mostrado en el **Cuadro 2**.

¹⁶⁹ Esto corresponde al caso $\delta^{oe} = 0$ y $\delta^{be} = 0$.

CUADRO 2

CONFIGURACIÓN INICIAL DE AUTÓMATA CELULAR, $t=0$.

D	D	C	C	D	D	C	C	C	C
D	C	D	C	C	D	D	D	D	D
C	D	D	D	C	D	C	C	D	C
C	D	D	D	D	C	D	D	D	C
C	D	D	D	C	D	C	D	C	D
D	D	C	C	C	D	C	C	C	C

Fuente: Elaboración Propia.

Para introducir el efecto de la presión social debida al monitoreo supondremos que en conjunto los cuatro vecinos de un agente influyen en sus valoraciones a través de los parámetros δ^{oe} y δ^{be} (RI + de = Regla de Imitación + deltas externos).

En la **Figura 2** se muestran los resultados correspondientes a las siguientes condiciones:

$$RI + (\delta^{oe}=0.0, \delta^{be}= -0.0)$$

$$RI + (\delta^{oe}=0.5, \delta^{be}= -0.5)$$

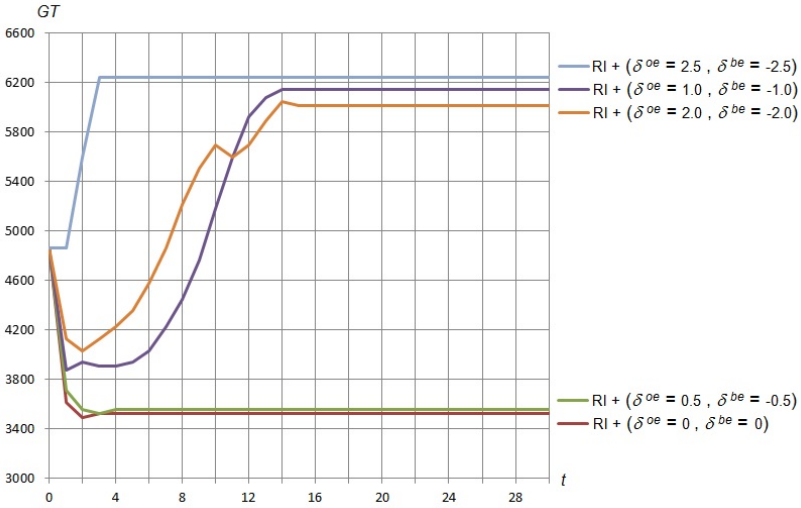
$$RI + (\delta^{oe}=1.0, \delta^{be}= -1.0)$$

$$RI + (\delta^{oe}=2.0, \delta^{be}= -2.0)$$

$$RI + (\delta^{oe}=2.5, \delta^{be}= -2.5)$$

FIGURA 2

EFFECTO DE LOS PARÁMETROS DELTA EXTERNOS EN LA EVOLUCIÓN DE LA COOPERACIÓN MEDIDA EN TÉRMINOS DEL DESEMPEÑO GT DEL SISTEMA



Fuente: Elaboración Propia.

La teoría de juegos clásica predice que en el juego del dilema del prisionero la estrategia dominante y el equilibrio de Nash es (D,D) , sin embargo se observa que con el juego base el sistema no alcanza la condición de deserción generalizada $ALL D$. Por lo tanto aún si conocemos los equilibrios de un juego, la teoría de juegos no es adecuada para describir un modelo dinámico.

En los casos $(\delta^{oe} = 0.5, \delta^{be} = -0.5)$ y $(\delta^{oe} = 1.0, \delta^{be} = -1.0)$ se mantiene la estructura del juego del dilema del prisionero, con estrategia dominante y equilibrio de Nash (D,D) . Sin embargo, podemos observar que en la evolución del sistema se incrementa el nivel de cooperación debido a la introducción de estos factores delta externos.

Los casos ($\delta^{oe} = 2.0$, $\delta^{be} = -2.0$) y ($\delta^{oe} = 2.5$, $\delta^{be} = -2.5$) no mantienen la estructura del juego del dilema del prisionero. En el primer caso el juego no tiene estrategia dominante ni equilibrio de Nash.¹⁷⁰ En el segundo caso la estrategia dominante y el equilibrio de Nash es (C,C), sin embargo en el sistema no se alcanza el estado de cooperación generalizado ALL C, por lo que nuevamente conocer el equilibrio de Nash del juego no es suficiente para describir la evolución del sistema.

Las normas sociales generadas por el monitoreo no siempre son suficientes para cambiar los resultados en un juego del dilema del prisionero (Ostrom, 2005) e incluso puede ocurrir que no sean socialmente benéficas debido al costo de generación de los parámetros delta externos a través del monitoreo. La alternativa para mejorar el nivel de cooperación es generar normas internas que no generen costos de monitoreo.

Parámetros delta internos

Denotaremos por δ_t^{oi} y δ_t^{bi} los valores de los parámetros delta internos al tiempo t . Suponemos que al tiempo $t=0$, cada agente comienza con valores delta internos iguales a cero ($\delta_0^{oi} = 0$ y $\delta_0^{bi} = 0$) y en cada periodo modifica estos valores de acuerdo a la historia personal de interacción con sus vecinos. Utilizaremos los esquemas de evolución de los parámetros delta internos de los agentes que se muestran a continuación:

- Esquema O

Si un agente copia una estrategia C entonces:

$$\delta_{t+1}^{oi} = \delta_t^{oi} \text{ y } \delta_{t+1}^{bi} = \delta_t^{bi}$$

Si un agente copia una estrategia D entonces:

$$\delta_{t+1}^{oi} = \delta_t^{oi} \text{ y } \delta_{t+1}^{bi} = \delta_t^{bi}$$

¹⁷⁰ El juego no tiene Equilibrio de Nash de estrategias puras, pero de acuerdo a la teoría tendrá Equilibrio de Nash de estrategias mixtas.

• Esquema 1

Si un agente copia una estrategia *C* entonces:

$$\delta_{t+1}^{oi} = \delta_t^{oi} + 1 \text{ y } \delta_{t+1}^{bi} = \delta_t^{bi}$$

Si un agente copia una estrategia *D* entonces:

$$\delta_{t+1}^{oi} = \delta_t^{oi} \text{ y } \delta_{t+1}^{bi} = \delta_t^{bi} + 1$$

• Esquema 2

Si un agente copia una estrategia *C* entonces:

$$\delta_{t+1}^{oi} = \delta_t^{oi} + 1 \text{ y } \delta_{t+1}^{bi} = \delta_t^{bi} - 0.5$$

Si un agente copia una estrategia *D* entonces:

$$\delta_{t+1}^{oi} = \delta_t^{oi} - 0.5 \text{ y } \delta_{t+1}^{bi} = \delta_t^{bi} + 1$$

• Esquema 3

Si un agente copia una estrategia *C* entonces:

$$\delta_{t+1}^{oi} = \delta_t^{oi} + 1 \text{ y } \delta_{t+1}^{bi} = \delta_t^{bi} - 1$$

Si un agente copia una estrategia *D* entonces:

$$\delta_{t+1}^{oi} = \delta_t^{oi} - 1 \text{ y } \delta_{t+1}^{bi} = \delta_t^{bi} + 1$$

• Esquema 4

Si un agente copia una estrategia *C* entonces:

$$\delta_{t+1}^{oi} = \delta_t^{oi} + 1 \text{ y } \delta_{t+1}^{bi} = \delta_t^{bi} - 0.5$$

Si un agente copia una estrategia *D* entonces:

$$\delta_{t+1}^{oi} = \delta_t^{oi} - 0.25 \text{ y } \delta_{t+1}^{bi} = \delta_t^{bi} + 0.5$$

Estos esquemas muestran cómo se valora y se refuerza la conducta de los agentes a través de los parámetros delta internos correspondientes. El esquema 0 corresponde a un agente racional egoísta, que no desarrolla valores delta internos, sus cálculos se basan estrictamente en el beneficio objetivo. En el esquema 1, por ejemplo, si se copia una estrategia *C* se refuerza el valor δ^{oi} incrementando su valor una unidad para el siguiente periodo y no cambia el valor δ^{bi} . Pero si se copia una estrategia *D* entonces se refuerza este comportamiento y se incrementa el valor δ^{bi} en

una unidad para el siguiente periodo y se mantiene sin cambio el valor δ^{oi} . Los esquemas 1-3 representan situaciones en las que las valoraciones de la elección de una estrategia *C* o *D* presentan simetría con respecto a los parámetros delta. En el esquema 4 se muestra una situación en la que los parámetros delta son asimétricos ante la correspondiente elección de una estrategia *C* o *D*. En este esquema, como en los anteriores se refuerza la estrategia que reporta el mayor beneficio, pero este refuerzo es mayor para el caso de la estrategia *C* que para la estrategia *D*.

Los agentes evalúan sus resultados y el de sus vecinos con base tanto en el beneficio objetivo como en los factores subjetivos reflejados en los parámetros delta. Como cada agente conoce la historia de acciones de sus vecinos, suponemos que puede inferir el tipo de normas (parámetros delta) que sus vecinos están desarrollando y entonces puede usar esta información para construir la matriz de pagos correspondiente. De esta manera, los valores de los parámetros delta internos pueden ser usados como una medida de la reputación de los agentes.

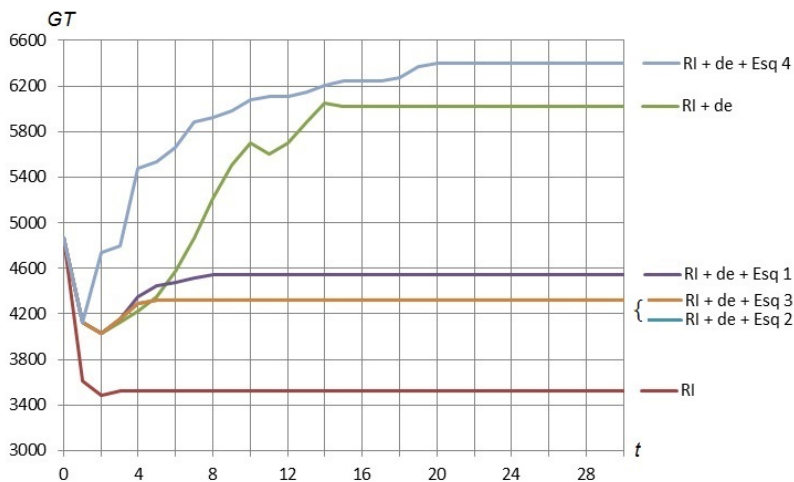
De ahora en adelante consideraremos el efecto de la presión social con los parámetros fijos $\delta^{oe} = 2.0$ y $\delta^{be} = -2.0$. Para introducir el efecto de los parámetros delta internos al modelo usaremos los esquemas 1 al 4 de evolución de parámetros delta internos (RI + de + Esq x = Regla de Imitación + deltas externos + Esquema x). A continuación mostramos los resultados de 4 casos de análisis, correspondientes a 4 configuraciones iniciales de un autómata celular de tamaño 10×10 . Con base en la matriz de pagos y el tamaño del autómata celular empleados, es de esperarse que el valor *GT* que mide el desempeño global del sistema varíe entre 3200 (*ALL D*) y 6400 (*ALL C*). Cualquier valor intermedio corresponde a alguna configuración en la que coexisten estrategias *C* y *D* en el sistema.

• CASO 1

En la **Figura 3** se muestran los resultados de las simulaciones con las distintas condiciones de parámetros delta.

FIGURA 3

CASO 1. CO-EVOLUCIÓN DE NORMAS Y COOPERACIÓN, MEDIDA EN TÉRMINOS DE *GT*.



Fuente: Elaboración Propia.

En este caso podemos observar que:

1. Al emplear solo la regla de imitación (RI), el nivel de cooperación en el sistema decae rápidamente aunque no alcanza el estado *ALL D*.
2. Al agregar los parámetros delta externos (RI + de), el nivel de cooperación decae ligeramente y después comienza a incrementarse considerablemente hasta alcanzar un valor estable y cercano al estado *ALL C*.
3. Al agregar los esquemas de evolución de parámetros delta internos (RI + de + Esq *x*) notamos dos tipos de

comportamiento bastante definidos. Primero, los esquemas 1-3 producen niveles de cooperación y de desempeño GT similares pero inferiores al del estado inicial del sistema en $t=0$. De hecho, los esquemas 2 y 3 producen resultados idénticos en todo momento. Segundo, el esquema 4 muestra un pequeño descenso, seguido de un rápido crecimiento en el nivel de cooperación hasta alcanzar el estado *ALL C*.

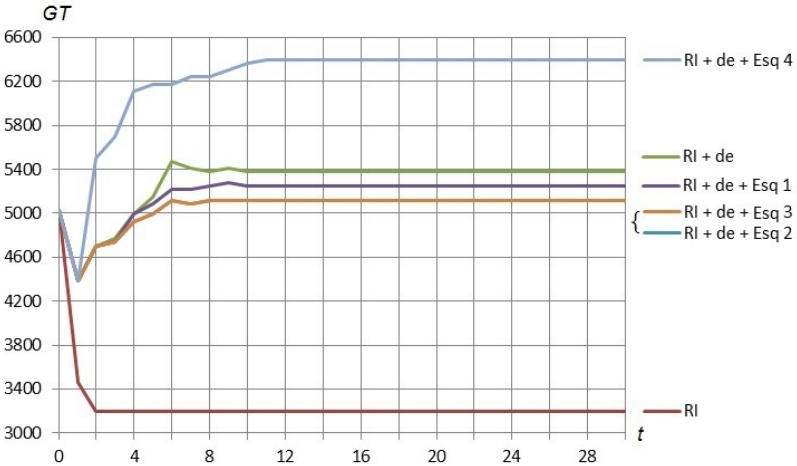
4. En las 6 trayectorias de evolución del sistema se alcanzan configuraciones estáticas en el autómata celular, en términos de los estados *C* o *D* de cada agente, aunque los parámetros delta internos de los agentes se modifican en todo momento de acuerdo al esquema correspondiente.

• CASO 2

En la **Figura 4** se muestran los resultados de las simulaciones con las distintas condiciones de parámetros delta.

FIGURA 4

CASO 2. CO-EVOLUCIÓN DE NORMAS Y COOPERACIÓN, MEDIDA EN TÉRMINOS DE *GT*.



Fuente: Elaboración Propia.

En este caso observamos que:

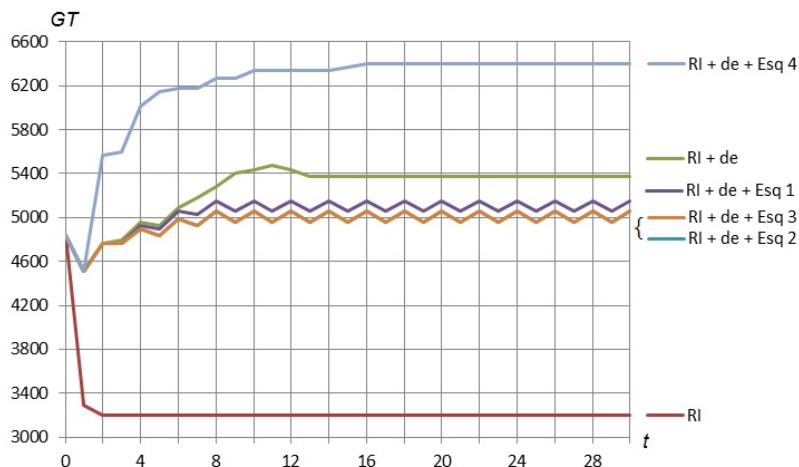
1. El uso exclusivo de la regla de imitación (RI), provoca que el nivel de cooperación en el sistema decaiga rápidamente hasta alcanzar el estado *ALL D* a partir de $t=2$.
2. Al agregar los parámetros delta externos (RI + de), el nivel de cooperación decae ligeramente y después comienza a incrementarse hasta alcanzar un valor *GT* ligeramente superior al del estado inicial del sistema.
3. Al agregar los esquemas de evolución de parámetros delta internos (RI + de + Esq x) notamos dos tipos de comportamiento bastante definidos. En primer lugar, los esquemas 1-3 producen niveles de cooperación y de desempeño *GT* similares pero ligeramente superiores al del estado inicial del sistema en $t=0$. De hecho, los esquemas 2 y 3 producen resultados idénticos en todo momento. En segundo lugar, el esquema 4 muestra un pequeño descenso, seguido de un rápido crecimiento en el nivel de cooperación hasta alcanzar el estado *ALL C*.
4. La trayectoria RI + de + Esq 2 (= RI + de + Esq 3) que alcanza un valor constante de *GT* a partir de $t=8$ no mantiene una configuración estática, sino que oscila alternando entre dos configuraciones del autómata celular.
5. En el resto de las trayectorias de evolución del sistema se alcanzan configuraciones estáticas en el autómata celular, en términos de los estados *C* o *D* de cada agente, aunque los parámetros delta internos de los agentes se modifican en todo momento de acuerdo al Esquema correspondiente.

• CASO 3

En la **Figura 5** se muestran los resultados de las simulaciones con las distintas condiciones de parámetros delta.

FIGURA 5

CASO 3. CO-EVOLUCIÓN DE NORMAS Y COOPERACIÓN, MEDIDA EN TÉRMINOS DE GT.



Fuente: Elaboración Propia.

Podemos observar que:

1. En el caso de emplear solo la regla de imitación (RI), el nivel de cooperación en el sistema decae rápidamente hasta alcanzar el estado *ALL D* a partir de $t=2$.
2. Al agregar los parámetros delta externos (RI + de), el nivel de cooperación decae ligeramente y después comienza a incrementarse hasta alcanzar un valor *GT* ligeramente superior al del estado inicial del sistema. En esta trayectoria se alcanza una configuración estática en el autómata celular a partir de $t=13$.
3. Al agregar los esquemas de evolución de parámetros delta internos (RI + de + Esq x) notamos que los esquemas 1-3 producen niveles de cooperación y de desempeño *GT* similares pero ligeramente superiores al del estado inicial del sistema en $t=0$. De hecho, los esquemas 2 y 3 producen resultados idénticos en todo momento.

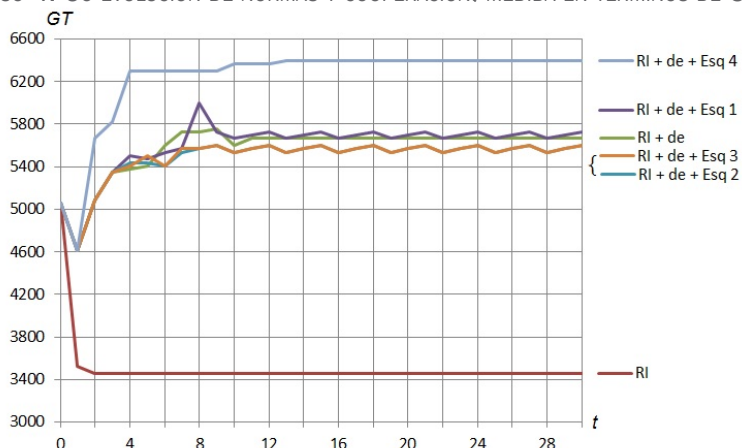
4. La trayectoria RI + de + Esq 1 oscila alternando entre dos configuraciones del autómata celular.
5. La trayectoria RI + de + Esq 2 (= RI + de + Esq 3) también oscila alternando entre dos configuraciones del autómata celular.
6. La combinación RI + de + Esq 4 muestra un pequeño descenso, seguido de un rápido crecimiento en el nivel de cooperación hasta alcanzar el estado *ALL C* a partir de $t=16$. En el intervalo de $t=10$ a $t=14$ el valor *GT* se mantiene en un nivel constante y de igual manera se mantiene una configuración estática del autómata celular, sin embargo en todo momento los parámetros delta internos siguen cambiando de acuerdo al esquema 4 y esto provoca los cambios en $t=15$ y $t=16$ que llevan la configuración final al estado *ALL C*.

• CASO 4

En la **Figura 6** se muestran los resultados de las simulaciones con las distintas condiciones de parámetros delta.

FIGURA 6

CASO 4. CO-EVOLUCIÓN DE NORMAS Y COOPERACIÓN. MEDIDA EN TÉRMINOS DE *GT*.



Fuente: Elaboración propia.

En este caso notamos que:

1. Al emplear solo la regla de imitación (RI), el nivel de cooperación en el sistema decae rápidamente aunque no se alcanza el estado *ALL D*.
2. Al agregar los parámetros delta externos (RI + de), el nivel de cooperación decae ligeramente y a continuación comienza a incrementarse hasta alcanzar un valor *GT* ligeramente superior al del estado inicial del sistema. En esta trayectoria se alcanza una configuración estática en el autómata celular a partir de $t=11$.
3. Al agregar los esquemas de evolución de parámetros delta internos (RI + de + Esq x) notamos que los esquemas 1-3 producen niveles de cooperación y de desempeño *GT* similares a la configuración RI + de. De hecho, los esquemas 2 y 3 producen resultados idénticos excepto en el intervalo comprendido entre $t=3$ y $t=8$.
4. Las trayectorias RI + de + Esq x ($x=1, 2, 3$) oscilan alternando entre tres configuraciones del autómata celular.
5. La combinación RI + de + Esq 4 muestra un pequeño descenso, seguido de un rápido crecimiento en el nivel de cooperación hasta alcanzar el estado *ALL C* a partir de $t=13$. En el intervalo de $t=4$ a $t=9$ se mantiene una configuración estática del autómata celular y el valor *GT* se mantiene en un nivel constante, sin embargo en todo momento los parámetros delta internos siguen cambiando de acuerdo al Esquema 4 y esto provoca un cambio en la configuración del autómata celular en $t=10$. En el intervalo de $t=10$ a $t=12$ también se mantiene una configuración estática del autómata celular y es la evolución de los parámetros delta internos lo que provoca el cambio en $t=13$ en donde se alcanza finalmente el estado *ALL C*.

A continuación presentamos las conclusiones que se pueden derivar del conjunto de los casos examinados.

Conclusiones

Los casos 1 al 4 presentados anteriormente son una muestra de la posible gama de resultados que pueden obtenerse en la co-evolución de las normas (a partir de estrategias compartidas) y de la cooperación. En los cuatro casos se muestra consistentemente que la regla de imitación (RI) produce resultados subóptimos, aunque no necesariamente se llega al estado *ALL D*.

La introducción de parámetros delta externos (RI + de) hace una gran diferencia con respecto al uso de la regla de imitación (RI), pero es difícil anticipar con certeza el nivel de desempeño *GT* que se alcanzará. En el caso 1 por ejemplo, se alcanza un nivel bastante cercano al óptimo mientras que en el resto de los casos se alcanzan niveles ligeramente superiores que los que se tienen al inicio. En general podemos observar que hay un comportamiento decreciente al inicio seguido de intervalos en los que se observa un comportamiento creciente y decreciente hasta alcanzar un nivel estable.

La adición de los esquemas de evolución de parámetros delta internos (RI + de + Esq x) también muestra una diferencia con respecto a la combinación RI + de. De manera consistente se observa que con la combinación RI + de + Esq 4 se alcanza el estado *ALL C* y por tanto el valor óptimo de *GT*.

Las combinaciones RI + de + Esq x ($x=1,2,3$) producen resultados más diversos. En los casos 1 al 3 estas combinaciones producen resultados inferiores a los obtenidos con RI + de (en el caso 1 la diferencia es bastante grande), sin embargo en el caso 4 se observa que RI + de + Esq 1 se encuentra por arriba de RI + de en distintos instantes de tiempo.

En los cuatro casos se emplean los mismos esquemas de evolución de parámetros delta internos pero se observan diferencias en términos de los estados de equilibrio a los que se llega.

- En el caso 1 se produce un equilibrio estático tanto en la configuración del autómata celular como en nivel de desempeño global del sistema *GT*.
- En el caso 2, al usar la combinación RI + de + Esq 2 (= RI + de + Esq 3) se produce una oscilación en dos estados del autómata celular, pero se mantiene constante el desempeño del sistema *GT*.
- En el caso 3, las combinaciones RI + de + Esq x ($x=1,2,3$) oscilan en dos estados y provocan también una oscilación de *GT* en dos valores.
- En el caso 4, las combinaciones RI + de + Esq x ($x=1,2,3$) provocan oscilaciones en tres estados del autómata celular, con las correspondientes oscilaciones de *GT*.

En los casos 3 y 4 La combinación RI + de + Esq 4 nos permite observar que la configuración del autómata celular puede mantenerse estática en un intervalo de tiempo y que la evolución de los parámetros delta internos puede alcanzar un valor que permite cambiar nuevamente la configuración del autómata celular.

La evolución de los parámetros delta internos resulta ser crucial para promover y mantener la cooperación en el sistema porque se modifican con base en la experiencia personal sin incurrir en costos adicionales y pueden generar mayores cambios en el sistema debido a que se modifican con mayor frecuencia que los parámetros delta externos. Los deltas internos son la principal fuente de diversidad institucional y de modelos internos en los individuos que conforman el sistema. Esta diversidad es necesaria para evitar el estancamiento en la búsqueda de soluciones y tiene un impacto directo en la evolución de la cooperación.

La introducción de factores institucionales en los modelos ha mostrado ser una forma en la que agentes con capacidades y recursos limitados pueden superar en parte sus deficiencias al momento de construir estrategias óptimas y logran de esta forma obtener soluciones suficientemente aceptables a los problemas que requieren la cooperación conjunta.

Necesitamos una mayor comprensión del proceso de evolución de normas (deltas internos y externos), en particular responder ¿cómo podemos obtener la información de los parámetros delta a partir de una población real? ¿qué esquemas de evolución de normas son adecuados en un contexto específico? ¿cómo pueden implementarse de forma efectiva estos esquemas en una población?

Es claro que aun cuando todos los agentes de una población conozcan y usen un mismo esquema de evolución de normas (deltas externos e internos), el proceso evolutivo puede generar una gran diversidad de normas y por lo tanto de comportamientos dentro de la población, de acuerdo a la historia personal de cada individuo. Entonces se requiere un proceso de selección de normas de forma que las más aptas se adopten de manera general en la población.

Suponemos que existen mecanismos similares que pueden transformar una norma $[A][D][I][C]$ en una Estrategia Compartida $[A][I][C]$

$$[A][D]_{(t=0)} \neq 0][I][C] \xrightarrow{t} [A][D]_{(t>0)} = 0][I][C]$$

lo cual completa el ciclo de transformación entre estos dos tipos de enunciados institucionales

$$[A][I][C] \xleftrightarrow{t} [A][D][I][C]$$

Adicionalmente será necesario investigar la naturaleza de los procesos que permitan la evolución de enunciados institucionales en los casos $[A][I][C] \xleftrightarrow{t} [A][D][I][C][O]$ y $[A][D][I][C] \xleftrightarrow{t} [A][D][I][C][O]$ lo cual completaría el esquema de evolución entre los distintos tipos de enunciados institucionales.

Bibliografía

- Ahn, T.K., M. Janssen, Marco and E. Ostrom (2004). Signals, Symbols and Human Cooperation. En *The Origins and Nature of Sociality*, ed-by R. W. Sussman and A. R. Chapman, 122-139. New York: Aldine de Gruyter.
- Alexander, J. (2007). *The Structural Evolution of Morality*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Ashlock, D., M. Smucker, E. Stanley and L. Tesfatsion (1996). Preferential Partner Selection in an Evolutionary Study of the Prisoner's Dilemma. *BioSystem* 37:99-125.
- Axelrod, R. (1997). *The Complexity of Cooperation. Agent Based Models of Competition and Colaboration*. Princenton: Princeton University Press.
- ___(1986). An Evolutionary Approach to Norms. *American Political Science Review* 80(4): 1095-1111.
- ___1984). *The Evolution of Cooperation*. New York: Basic Books.
- Bester, H. and G. Werner (1998). Is Altruism Evolutionary Stable?. *Journal of Economic Behavior and Organization* 34(2): 193-209.
- Boyd, R., H. Gintis,S. Bowles and P. Richerson (2003). The evolution of Altruistic Punishment. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 100(6): 3531-3535.

- Boyd, R. and P. Richerson (1992). Punishment Allows the Evolution of Cooperation (or Anything Else) in Sizable Groups. *Ethology and Sociobiology* 13: 171-195.
- Brandt, H., C. Hauert and K. Sigmund (2003). Punishment and Reputation in Spatial Public Good Games. *Proceedings of the Royal Academy of Sciences: Biological Sciences* 270(1519):1099-1104.
- Dasgupta, P. and G. Heal (1979). *Economic Theory and Exhaustible Resources*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Fehr, E. and S. Gächter (2002). Altruistic Punishment in Humans. *Nature* 415: 137-140.
- Frank, R. (1987). If Homo Economicus Could Choose His Own Utility Function, Would He Want One whit a Conscience?. *American Economic Review* 77:593-604.
- Fudenberg, D. and E. Maskin (1986). The Folk Theorem in Repeated Games with Discounting or with Incomplete Information. *Econometrica* 54(3): 533-554.
- Hales, D. (2001). *Tag-Based Cooperation in Artificial Societies*. PhD Thesis. Essex, U.K: Department of Computer Science, University of Essex.
- Hauert, C., A. Traulsen, H. Brandt, M. Nowak and K. Sigmund (2007). Via Freedom to Coercion: The Emergence of Costly Punishment. *Science* 316: 1905-1907.
- Hauert, C., S. De Monte, J. Hofbauer, K. Sigmund (2002). Volunteering as Red Queen Mechanism for Cooperation in Public Goods Games. *Science* 296(5570): 1129-1132.
- Hauert, C. and G. Szabo (2003). Prisoner's Dilemma and Public Goods Games in Different Geometries: Compulsory versus Voluntary Interactions. *Complexity* 9(4):31-38.
- Hirshleifer, D. and E. Rasmusen (1989). Cooperation in a Prisoner's Dilemma with Ostracism. *Journal of Economic Behavior and Organization* 12:87-106.
- Holland, J. (2004). *El Orden Oculto. De cómo la adaptación crea la complejidad*. México: Fondo de Cultura Económica.

- Huberman, B. and N. Glance (1993). Evolutionary Games and Computer Simulations. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 90(16): 7716-7718.
- Janssen, M. (2008). Evolution of Cooperation in a One-Shot Prisoner's Dilemma Based on Recognition of Trustworthy and Untrustworthy Agents. *Journal of Economic Behavior Organization* 65: 458-471.
- _____(2005). Evolution of Institutional Rules: An Immune System Perspective. *Complexity* 11(1): 16-23.
- Janssen, M. and E. Ostrom (2006). Adoption of a New Regulation for the Governance of Common Pool Resources by a Heterogeneous Population. En *Inequality, Cooperation and Environmental Sustainability*, ed. J. M. Baland, P. Bardhan and S. Bowles, 60-96. Princeton: Princeton University Press.
- Janssen, M. and R. Goldstone (2006). Dynamic-Persistence of Cooperation in Public Good Games when Group Size is Dynamic. *Journal of Theoretical Biology* 243(1): 134-142.
- Kameda, T., M. Takezawa and R. Hastle (2003). The Logic of Social Sharing: An Evolutionary Game Analysis of Adaptive Norm Development. *Personality and Social Psychology Review* 7(1): 2-19.
- Killingback, T., J. Bieri and T. Flatt (2006). Evolution in Group-Structured Populations Can Resolve the Tragedy of the Commons. *Proceedings of the Royal Society B* 273: 1477-1481.
- Lindgren, K. and M. Nordahl (1994). Artificial Food Webs. *Artificial Life III*, ed. C. G. Langton, 73-104. Massachusetts: Addison-Wesley.
- Miller, J. and E. Page, Scott (2007). *Complex Adaptive Systems. An introduction to Computational Models of Social Life*. Princeton: Princeton University Press.
- Mitchell, M. (1998). *An introduction to Genetic Algorithms*. Cambridge: MIT Press.
- Nowak, M. and R. Highfield (2012). *Supercooperadores. Las matemáticas de la evolución, el altruismo y el comportamiento humano*. México: Ediciones B.
- Nowak, M. and K. Sigmund (1998). Evolution of Indirect Reciprocity by Image Scoring. *Nature* 393(6685): 573-577.

- Nowak, M., S. Bonhoeffer, and R. May (1994). Spatial Games and the Maintenance of Cooperation. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 91(11): 4877-4881.
- Nowak, M. and R. May (1992). Evolutionary Games and Spatial Chaos. *Nature* 359(6398):826-829.
- Ohtsuki, H., C. Hauert, E. Lieberman and M. Nowak (2006). A simple Rule for the Evolution of Cooperation on Graphs and Social Networks. *Nature* 441(7092): 502-505.
- Poteete, A., M. Janssen and E. Ostrom (2012). *Trabajar Juntos. Acción Colectiva, Bienes Comunes y Múltiples Métodos en la Práctica*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Ostrom, E., J. Walker and R. Gardner (1992). Covenants with and without a Sword: Self-Governance Is Possible?. *American Political Science Review* 86(2): 404-417.
- Ostrom, E., J. Walker (2003). *Trust and Reciprocity. Interdisciplinary Lessons from Experimental Research*. New York: Russell Sage Foundation Series on Trust.
- Ostrom, E. (2005). *Understanding Institutional Diversity*. Princeton: Princeton University Press.
- _____(1990). *Governing the Commons. The evolution of institutions for collective action*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Richards, D. (2001). Reciprocity and Shared Knowledge Structures in a Prisoner's Dilemma Game. *Journal of Conflict Resolution* 45:621-635.
- Ridley, M. (1998). *The Origins of Virtue: Human Instincts and the Evolution of Cooperation*. New York: Penguin Books.
- Riolo, R., M. Cohen, and R. Axelrod (2001). Evolution of Cooperation without Reciprocity. *Nature* 414: 441-443.
- Santos, F. and J. Pacheco (2005). Scale-Free Networks Provide a Unifying Framework for the Emergence of Cooperation. *Physical Review Letters* 95 <<http://jorgem.pacheco.googlepages.com/055.pdf>>

- Schelling, T. (1978). *Micromotives and Macrobehavior*. New York: Norton.
- _____(1960). *The Strategy of Conflict*. Cambridge: Harvard University Press.
- Schuessler, R. (1989). Exit Threats and Cooperation under Anonymity. *Journal of Conflict Resolution* 33: 728-749.
- Stanley, E., D. Ashlock and L. Tesfatsion (1994). Iterated Prisoner's Dilemma with Choice and Refusal of Partners. *Artificial Life III*, ed. Chris G. Langton, 131-176. Massachusetts: Addison-Wesley.
- Vanberg, V. and R. Congelton (1992). Rationality, Morality and Exit. *American Political Science Review* 86:418-431.
- Wade, M. (1978). A Critical Review of the Models of Group Selection. *Quarterly Review of Biology* 53: 101-114. Escriba aquí la ecuación.
- _____(1977). An Experimental Study of Group Selection. *Evolution* 31: 134-153.
- Wilson, D. (1983). The Group Selection Controversy: History and Current Status. *Annual Review of Ecology and Systematics* 14:159-187.
- Wright; S. (1945). Tempo and Mode in Evolution: A Critical Review. *Ecology* 26: 415-419.

4

Identidad y cooperación en los recursos de uso común

*Artemio Chávez
Arturo A. Lara Rivero*

Introducción

La teoría neoclásica representa al agente económico como un ente racional y optimizador, independiente de los demás y con preferencias determinadas exógenamente. Para sus críticos, este agente es un ser mítico inexistente en la realidad. La economía institucional y en particular Elinor Ostrom (Ostrom, 2000, Ostrom *et al.* 2007 y Poteete, Janssen y Ostrom, 2011) buscan representar de manera realista y compleja al agente. Los siguientes atributos son primordiales en esta visión: capacidad de aprender y de actuar de acuerdo a normas sociales;¹⁶¹ capacidad de deliberar y de actuar intencionalmente, pero siempre dentro de determinadas estructuras institucionales que lo moldean.

Con base en un modelo basado en agentes y para el caso de los recursos de uso común (RUC), el presente trabajo busca

¹⁶¹ Imagen coherente con la economía experimental (Smith, 1982) y la neurociencia (Glimcher, 2009; Camerer, Loewenstein and Prelec, 2005).

representar cómo la identidad ayuda a explicar la cooperación.¹⁶² La identidad resulta ser un factor explicativo poderoso para dar cuenta de la emergencia y evolución de patrones de interacción cambiantes en el tiempo. Permite observar y reconstruir fenómenos como la agregación en colonias que son individualmente benéficas y ambientalmente sustentables. La identidad como una fuerza que une y separa agentes, contribuye a la búsqueda de soluciones locales y globales que inciden simultáneamente en los beneficios individuales, colectivos y ambientales.

La exposición se divide de la siguiente manera. En la primera parte se describen críticamente las características generales del agente de la economía neoclásica. En la segunda parte, con base en los trabajos de Ostrom (2005), Akerlof (2010), Sen (2006) y Axelrod (2004) se examinan las implicaciones y desafíos que se derivan de incorporar la identidad en un modelo basado en agentes (MBA).¹⁶³ En particular la existencia de múltiples identidades. Por último, se describe el modelo y sus resultados.

¹⁶² Existe una amplia literatura sobre el tema de los recursos de uso común (RUC). Los estudios han analizado múltiples dimensiones del problema que incluye el diseño de un marco de análisis y desarrollo institucional (Ostrom, Gardner y Walker, 1994); diversas clasificaciones de reglas (Crawford y Ostrom, 1995); la racionalidad del agente (Ostrom, 1997), la incorporación de normas en su comportamiento (Ahn, Ostrom y Walker, 2003) y la evidencia experimental que lo sustenta (Fehr y Rockenbach, 2003; Cardenas, Stranlund y Willis, 2000); críticas a las soluciones de política institucional únicas (Ostrom, 2007); los derechos de propiedad (Ostrom, 2003a; Ostrom y Hess, 2007, Heller, 1998); el diagnóstico comparativo de los métodos utilizado en el análisis institucional de los RUC (Poteete, Janssen y Ostrom, 2011) y la extensión del análisis a nuevos problemas (Hess, 2008) entre muchos otras. Sin embargo, a pesar de que en distintos estudios se ha considerado el tema de la identidad (Akerlof, 2010; Sen, 2006; Axelrod, 2004) relevante para explicar la cooperación y la acción colectiva, no ha sido considerado en la agenda del estudio de los recursos de uso común.

¹⁶³ Existen múltiples métodos para explicar los fenómenos asociados con los problemas de acción colectiva, cooperación y recursos de uso común. En Poteete, Janssen y Ostrom (2011) se concluye que para estos temas los múltiples métodos utilizados tiene ventajas y limitaciones que pueden compensarse si se complementan mutuamente. En el caso particular de los modelos de simulación computacional las ventajas metodológicas que reportan son: a) la posibilidad reproducir muchas veces el experimento, b) observar los resultados ante cambios controlados por el investigador y, c) definir con precisión las reglas que rigen los agentes

El agente neoclásico

La economía neoclásica parte de tres principios fundamentales: a) las interacciones económicas se realizan entre agentes; b) los agentes tienen características particulares y; c) el mecanismo de interacción es el mercado.

a) La microeconomía convencional considera que las relaciones económicas se realizan entre agentes o individuos. Para Ostrom (2005) esta perspectiva metodológica atomista deja de lado las condiciones estructurales: la micro-situación así como el contexto más amplio en el que se toman decisiones (Ostrom, 2000; 2003; Poteete, Janssen y Ostrom, 2011). Esto es, el agente se vincula con otros en un ambiente en el cual cumple simultáneamente un doble papel: por un lado, *al estar dentro* de un ambiente, ésta restringe sus acciones. Y por el otro, al ser parte de un ambiente, lo mismo es capaz de transformarlo como de crear condiciones de acción y decisión para los otros agentes. Esta última característica faculta al agente, no sólo para elegir un determinado comportamiento que le permita alcanzar sus objetivos a partir de un ambiente fijo, sino además, de cambiar en un sentido u otro al ambiente, particularmente a las instituciones, de tal forma que se alteren las condiciones en las que decide y actúa.¹⁶⁴

b) El agente neoclásico requiere de las siguientes capacidades: a) capacidad de asignar un valor subjetivo a cada recurso y de ordenarlos lógicamente y consistentemente; b) capacidad de contar y almacenar toda la información del estado presente y futuro de cada uno de los bienes o en su lugar una función de probabilidad bayesiana para cada estado de cada bien (es decir, contar con información completa y perfecta), y c) capacidad para realizar

¹⁶⁴ Esto es, lo que en general, identificó Ostrom (2000) como el problema de primer y segundo orden.

todos cálculos necesarios que optimicen sus beneficios a partir de los recursos, objetivos e información con los que cuenta.

El agente –aquella entidad capaz de elegir sobre las opciones económicas que le conciernen a partir de sus capacidades y restricciones económicas– se materializa como un individuo o como una organización.¹⁶⁵ El agente tiene un único objetivo: la maximización de la utilidad. Es capaz de asignarle un valor a cada uno de los recursos que posee o aspira a tener. Es racional (racionalidad instrumental) en el sentido de que es capaz de asignar valores a los recursos y de compararlos uno a uno o en conjunto a partir de criterios lógicos.¹⁶⁶ Es decir, elige, con base en sus recursos y sus preferencias lógicamente ordenadas, las mejores combinaciones posibles de los mismos para alcanzar su objetivo de máximo beneficio. En otras palabras es capaz de resolver un problema de optimización.¹⁶⁷ El agente es un ente individual y por lo tanto, independiente, separado del mundo y de los otros agentes.¹⁶⁸ Él observa las condiciones en las que se encuentra a partir de la información que exclusivamente adquiere del mercado por medio de los precios y toma decisiones económicas óptimas.

Para cada una de estas características es posible señalar críticas. El conjunto de supuestos sobre las capacidades de los agentes está alejado del sentido común y de cualquier experiencia

¹⁶⁵ Por lo regular una empresa productiva o una familia.

¹⁶⁶ Los axiomas de consistencia lógica en el ordenamiento de los valores asignados a los recursos por parte de los agentes son: reflexividad, convexidad y transitividad. El axioma que determina el sentido de superioridad de una combinación de recursos sobre otra es el de monotonía estricta. (Varian, 1999).

¹⁶⁷ La representación típica de todo este fenómeno se realiza por medio de una función de utilidad, la cual tiene como argumento al consumo de los recursos (x_i), de tal forma que la aportación (individual o combinada) que cada uno de estos recursos proyecta sobre la utilidad, indica los valores subjetivos que el agente es capaz de asignarle. Formalmente: $\max U=f(x_i)$ (Ec.1).

¹⁶⁸ En la literatura es común referirse al agente, cuando se trata de una persona, como el “individuo”.

humana real (Simon, 1973; Poteete, Janssen y Ostrom, 2011; Lara, 2012; 2014). El agente neoclásico es un ser mítico con capacidades de cálculo y memoria ilimitada. En tanto que el ser humano de carne y hueso es un agente con racionalidad limitada (Simon, 1973; Ostrom, 2000).

De manera reduccionista, esta teoría sólo reconoce la existencia de una restricción: la presupuestal (RP).¹⁶⁹ Sin embargo existen otras restricciones que determinan su comportamiento,¹⁷⁰ a saber: las condiciones de los sistemas de recursos; la naturaleza de las unidades de recursos que se traten; los sistemas de gobierno de dichos recursos y; el conjunto de agentes con los que se interrelaciona (Ostrom, 2000; Hess y Ostrom, 2003; Ostrom, 2005).

El agente persigue fines y delibera.¹⁷¹ Sin embargo, el determinismo propio del agente neoclásico con un único objetivo (la maximización de la utilidad) y un único procedimiento (la optimización) resulta contradictorio con la propia concepción de la agencia (Sen, 1977). En una concepción realista del agente existen otros objetivos que incorporan las preferencias sociales y diversos procedimientos como el uso de heurísticas que contienen procesos de aprendizaje evolutivos (Tversky y Kahneman, 1987;

¹⁶⁹ La RP es el valor de sus recursos resultado de la suma de la cantidad de recursos físicos (x_i) multiplicado por sus correspondientes precios (p_i). Formalmente: $RP = \sum_{i=1}^n p_i x_i$ (Ec. 2).

¹⁷⁰ Estas características son ampliamente discutidas por (Poteete, Janssen y Ostrom, 2011, Cap. 9) en lo que llaman el contexto más amplio y que se derivan de los sistemas socio-ecológicos.

¹⁷¹ En el idioma inglés la agencia se refiere a la capacidad intencional de un agente (persona u otra entidad) de actuar en el mundo, normalmente se contrasta con las fuerzas naturales que solo involucran causas de un proceso determinístico sin que medie el pensamiento, la moral o cualquier otra motivación personal. En español, esta concepción filosófica del agente no es por lo regular considerada.

Kahneman, 2012; Gigerenzer y Selten, 2002; Gigerenzer *et al.* 1999; Hodgson, 2013, Ostrom, 2005; Smith, 2008).¹⁷²

El agente neoclásico solo tiene una vía de información económica, los precios y sólo una forma de afectar el ambiente, su elección. Ello excluye la capacidad de los agentes de generar por medio de la interacciones con otros¹⁷³ las ideas, técnicas, aprendizajes, reglas y heurísticas que alteran el entorno económico ya sea para actuar creativamente frente a problemas de información o para de innovar en tecnologías y formas de coordinación y cooperación.

c) El tercer principio fundamental de la teoría neoclásica es el mercado. Éste aparece en la literatura convencional como un espacio en que los agentes, a partir de las valoraciones subjetivas que hacen de los recursos, tienen la posibilidad de intercambiar sus recursos propios con otros agentes de tal modo que obtienen un beneficio adicional por hacerlo. Esta noción es poderosa porque logra compatibilizar los deseos de los agentes, que en sí mismos son subjetivos, y los recursos disponibles en el mercado.

Sin embargo, hay consideraciones institucionales relacionadas con la existencia del mercado que por lo regular no son considerados en la teoría neoclásica y que paradójicamente resultan contradictorias a la misma. El mercado es un recurso de uso común, en concreto una institución (Hess, 2008). Requiere

¹⁷² Se puede demostrar que bajo ciertas circunstancias, por medio del replicador dinámico utilizado en juegos evolutivos, se llega a los mismos equilibrios que por medio de los procesos de optimización, pero si se incorpora el aprendizaje dentro de los juegos emergen múltiples trayectorias distintas a la de optimización. Ver (Binmore, 1994) Cap. 9.

¹⁷³ Los avances en la neurociencia y en la neuroeconomía (Camerer *et al.*, 2005; Glimcher, 2009; Gazzaniga, 2010) nos dan cuenta de capacidades innatas de los humanos de compartir sentimientos por medio de las neuronas espejo, entender las intenciones de los otros por medio de la teoría de la mente o actuar cooperativamente dependiendo el entorno de cercanía (cara a cara) con otro agente (Walker y Ostrom, 2003; Ostrom, 2003; Aoki, 2001).

para su funcionamiento de un aparato institucional secundario que garantice los derechos de propiedad privada y la competencia perfecta. Así mismo, el mercado puede resultar no eficiente cuando los derechos de propiedad se encuentran fragmentados, generando con ello, problemas de subutilización del bien y la tragedia de los anti-comunes (Hess, 2008; Osorio y Lara, 2013). La teoría neoclásica no considera estos casos, y es incapaz de explicar de manera endógena la naturaleza de las instituciones.

El agente con identidad: implicaciones y retos de modelación

Con base en estas consideraciones resulta pertinente redefinir las características del agente que nos permitan entender la cooperación y la acción colectiva. Una de estas características es la identidad, que implica la incorporación de las preferencias sociales y el efecto que tienen las normas en el agente.

Siguiendo a Ostrom (2000; 2003) y Akerlof y Kranton (2010) la utilidad de los agentes resulta no sólo del beneficio personal, sino además, de su interacción social. El agente es capaz de: i) reconocer el contexto social diverso, esto es, identificar los distintos agentes sociales que le rodean, sus características y los roles que desempeñan; ii) ubicarse a sí mismo según sus propias características, en cada contexto social: identificarse con sus semejantes y distinguirse de los que no lo son, y; iii) compartir con los otros agentes una visión común de la organización del mundo social y ajustar su comportamiento según las normas compartidas.

Estas capacidades distintivas permiten observar dos cualidades. El primero es que, dependiendo el contexto en el que se encuentre, el comportamiento del agente es diverso. Esto

debe explicarse por el hecho de que el agente no sólo busca la maximización del beneficio personal, sus decisión se encuentra también determinado por valores y normas sociales adoptados libre y conscientemente o aprendidos inconscientemente en la interacción social (Ostrom, 2005). El cumplimiento del deber, la defensa del honor, principios de justicia, la conciencia de clase o el sacrificio por los parientes, son valores que pueden producir conflicto entre el interés personal y el interés de grupo.

El segundo elemento, es que, es posible introducir en la función de utilidad los valores sociales del agente.¹⁷⁴ De este modo, no se renuncia a la hipótesis de la maximización de la utilidad, pero se rechaza el que la única fuente de utilidad se encuentra en la utilidad individual. Se considera que la solidaridad, el altruismo, el sentimiento de culpa, la cooperación, el castigo, así como el goce de bienes físicos o intangibles que no se comercializan inciden sobre la utilidad (Ostrom, 2005).¹⁷⁵ La utilidad no tiene como única fuente el consumo de bienes privados, sino valores y emociones vinculados con los otros (Pottete, Jenssen y Ostrom, 2012).

Con este ajuste en la función de utilidad, se pueden derivar otras posibles situaciones verosímiles, como la determinación de un punto de saciedad (U^{max}) mucho más común que el que presupone la teoría neoclásica determinado por el sentido social del agente¹⁷⁶ o, el comportamiento altruista de una agente si se considera que el efecto en su utilidad individual es baja y alta la

¹⁷⁴ Akerlof no formaliza esta idea, simplemente la menciona, una posible representación se ilustra con la siguiente función: $U = f_1(x_i) f_2(s_j)$ (Ec.3). Esto es, extiende la función de utilidad común a una que simultáneamente depende del consumo de los bienes (x_i) y a sus preferencias sociales (s_j).

¹⁷⁵ Por ejemplo, frente a desastres naturales como terremotos o inundaciones las personas suelen cooperar realizando trabajos voluntarios o donando distintos bienes.

¹⁷⁶ Esto en parte puede explicar en parte fenómenos como el de la reducción en el consumo de bienes que garanticen un medio ambiente sustentable para generaciones futuras o la reducción en la extracción de unidades de recursos de bienes de uso común.

utilidad social o de grupo (tal y como sucede con una persona religiosa o un militar). Así, entre el homo *economicus* y el buen samaritano se encuentra el comportamiento regular de las personas. Desde esta perspectiva un agente puede ser portador no de una sino de múltiples identidades (Ostrom 2000, 2005; Sen, 2006).¹⁷⁷

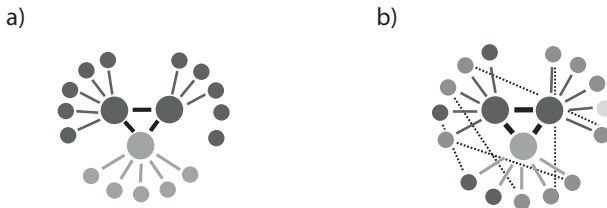
Desde esta perspectiva se pueden extraer tres elementos relacionados con la identidad. En primer lugar, que la identidad no es en sí misma una condición positiva para la sociedad, puede, como se espera demostrar, favorecer la acción colectiva, pero también puede ser nociva para algún grupo o para toda la sociedad si se sostiene una dinámica reduccionista (Ostrom, 2000). En segundo lugar, la representación de un agente con múltiples identidades requiere la incorporación explícita de los atributos que permitan identificarlo de modo particular según sus identidades, pero sin perder la abstracción propia del agente.¹⁷⁸ Por último, un agente con múltiples identidades implica una dinámica social más compleja, esto es, el agente con identidad única se asocia a un solo grupo y a su vez cada grupo con los demás, formando un sistema modular y ordenado. Sin embargo, cuando el agente cuenta con múltiples identidades, sus interacciones son diversas, lo cual genera un sistema con múltiples relaciones a nivel grupal e individual. (Ver Figura 1.)

¹⁷⁷ Una persona puede ser: mujer, peruana, de origen árabe, ingeniera, madre, católica y feminista. Sen (2006) señala que la identidad única es una categorización equivocada y peligrosa. Cultiva el odio, la intolerancia y la violencia.

¹⁷⁸ La teoría neoclásica representa la diversidad del agente a partir de su función de utilidad, pero ésta no representa de forma explícita las relaciones de identidad del agente con sus grupos de afinidad. Por lo regular su modelación recurre a la figura de un agente representativo el cual es único y homogéneo.

FIGURA 1

SISTEMAS DE AGENTES



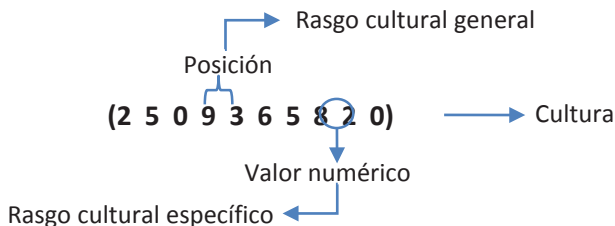
Fuente: Elaboración propia. Los círculos pequeños corresponden a los agentes mientras que los grandes a los grupos con los que se identifican. Las líneas corresponden a las distintas conexiones. (a) Sistema ordenado modularmente conectado a nivel de grupos. (b) Sistema integrado conectado a nivel de grupos y agentes.

Una forma de resolver estos problemas de representación es utilizar un autómatas celular similar al empleado por Axelrod (2004) en su modelo de difusión cultural. Axelrod (2004) supone que el agente cuenta con rasgos culturales representados por una cadena de la forma (# # # # # # # # # #), donde cada posición corresponde a un rasgo cultural general. Por ejemplo, la primera posición corresponde a la religión, la segunda al idioma, la tercera al origen étnico, etcétera y cada rasgo cultural general tiene un valor numérico asociado a un rasgo cultural específico. De igual manera, para el rasgo cultural “religión”, de la primera posición se le puede asociar el 0 si se trata de un protestante, 1 para musulmán, 2 para católico, 3 para judío, etcétera. (Ver Figura 2.) Así, es posible generar un enorme número de culturas particulares resultado de las combinaciones de los rasgos culturales generales y específicos.¹⁷⁹

¹⁷⁹ Si consideramos por ejemplo 10 rasgos culturales generales con 10 rasgos específicos para cada uno, tendríamos 1010 posibles culturas (un billón de posibilidades).

FIGURA 2

EJEMPLO DE LA REPRESENTACIÓN DE UNA CULTURA



Fuente: Elaboración propia

En el modelo, cada rasgo cultural específico tiene un nivel de aptitud determinado aleatoriamente. En tanto que el nivel de aptitud de una cultura particular se determina por el promedio de los valores de estos rasgos culturales específicos. De modo específico, para la cultura (2 5 0 9 3 6 5 8 2 0), los niveles de aptitud para cada rasgo pueden ser (5, 7, 8, 2, 1, 0, 4, 6, 1, 9) y el promedio (4.3) es el nivel de aptitud de dicha cultura. Así mismo, se ordena aleatoriamente a los agentes en forma de rejilla y se sigue la siguiente dinámica:

1. Cada agente observa a sus vecinos más cercanos e identifica al que tenga el nivel de aptitud cultural más alto.
2. Si existe un vecino que tenga un nivel de aptitud cultural más alto que el propio, observa su rasgo cultural con mayor nivel de aptitud. Y, si el valor de éste rasgo es mayor que el de sí mismo, lo sustituye por el de su vecino; si no es así entonces mantiene sus rasgos culturales.

Con estas reglas simples Axelrod (2004) observa que al paso del tiempo, los agentes comparten la mayoría de los rasgos culturales (aunque no necesariamente todos) y que el nivel de aptitud cultural crece en toda la sociedad.¹⁸⁰ El trabajo de

¹⁸⁰ Para mayor detalle la dinámica de este modelo ver Anexo 1.

Axelrod (2004) coincide en buena medida con la idea de un agente con múltiples identidades. Si en lugar de rasgos culturales se representa un espacio de identidad de un grupo, se cuenta con una buena representación del agente al que se refiere Sen (2006). Así, cada posición podría indicar el género, raza, afinidad política, edad, religión, etc. que vinculen a un agente con un grupo social particular.¹⁸¹

En resumen, la inclusión de la identidad permite explicar de manera más compleja y dinámica la interacción entre el agente y las condiciones sociales y económicas. En la siguiente sección se recupera la idea de un agente con múltiples identidades por medio de una representación similar a la utilizada por Axelrod (2004) para el caso de los recursos de uso común.

Modelo basado en Agentes con identidad para el caso de los recursos de uso común

En toda relación económica subyace el problema de coordinación. Para producir e intercambiar distintos bienes se requiere que los agentes se coordinen. La teoría microeconómica neoclásica asume que el mercado es el mecanismo de coordinación por excelencia. A través de la información de los precios los agentes identifican y ajustan sus actividades hasta alcanzar un óptimo general. Para que esto resulte se requiere que los derechos de propiedad privada estén bien acotados.

¹⁸¹ Y aunque estas características son muy parecidas a los rasgos culturales difieren un poco. Porque si bien todo rasgo cultural hace referencia a una sociedad (grupo) particular, existen otros elementos que favorecen la identidad y que no tiene que ver con factores estrictamente culturales. Por ejemplo, la edad no es un factor cultural, es una condición del agente que le permite identificarse con una generación y asumir roles específicos cuando interactúa con otras. Esta diferencia en principio no genera grandes efectos en la concepción teórica del agente. Sin embargo, es bueno considerarla en casos particulares para no generar confusión entre los conceptos, asociados, pero distintos, de identidad y cultura.

Esta explicación puede ser útil para explicar situaciones competitivas, bien estructuradas y donde se intercambian bienes privados, no así para los bienes comunes (Ostrom, 2005). En el caso del gobierno de los bienes comunes, los derechos individuales se traslapan con los derechos del grupo. La acción colectiva necesaria para la administración de los recursos de uso común, requiere no sólo de una coordinación eficiente, sino además, de una cooperación sostenible en el largo plazo (Ostrom, 2000).

Para explicar la emergencia de la acción colectiva en la administración de los recursos de uso común (RUC), Ostrom (2007) identifica tres niveles: la naturaleza del bien; la situación de acción, y; el agente. Si se representa esta situación con agentes con racionalidad utilitarista postulada por la teoría neoclásica, el resultado es la sobreexplotación de los recursos (Hardin, 1968). Dentro de este marco analítico en la que se supone que los agentes no aprenden, las dos únicas posibilidades para evitar esta situación son: la privatización del bien o la intervención de una autoridad central.¹⁸² Sin embargo, si se considera un agente que sea capaz de aprender y de ajustar su comportamiento de acuerdo a normas, es posible explicar una forma de administración colectiva eficiente e incluso superior a estas dos formas de gobierno (Ostrom, 2000; Poteete, Janssen y Ostrom, 2011).

En este marco de discusión, se introduce la identidad como una característica que incide en el agente. En adelante, se considera que el individuo se guía tanto por su beneficio personal como por normas. Se asume que un agente coopera cuando se encuentre con otro agente con el cual comparte rasgos de su

¹⁸² Ya sea para que cambie la matriz de pagos de los agentes o bien por medio de la administración directa de los RUC.

identidad.¹⁸³ Para ello, se utilizará un modelo basado en agentes (MBA) programado en NetLogo 4.1.3 en un contexto RUC y con una representación similar a la que se describió en la sección anterior.

▪ Descripción del modelo.

1. El agente

El agente del modelo cuenta con las siguientes características:

1. El agente tiene 5 posibles identidades que pueden variar de 1 a 10 tipos particulares. Es decir, la cadena que representa al agente tiene una longitud de 5 (# # # # #) y cada variable tiene un valor entre 0 y 9; por ejemplo (3 5 1 9 0). Así, pueden existir hasta 100000 tipos de agentes distintos.
2. El agente cuenta con una función de beneficios de la forma:

$$B_i = RA_i + \alpha \frac{1}{n} \prod_1^n RA_j^n - \beta RA_i^2 - \gamma \frac{1}{n} \prod_1^n RA_j^n$$

Donde, B_i representa los beneficios del agente i ; RA_i la cantidad de recursos que se apropia el agente i ; α la proporción de ingresos generados por la apropiación de recursos extraídos entre el agente i y el agente j ; β la proporción de recursos apropiados por parte del agente i que le cuesta por la extracción de la cantidad RA_i ; γ la proporción de recursos apropiados por parte de los agentes i y j que les cuesta por la extracción de la cantidad RA_j . Además, $i, j = 1 \dots n$ y $0 < \alpha, \beta, \gamma < 1$. Todo esto significa que los ingresos del agente provienen tanto de la apropiación que hace el mismo de los recursos como de lo que se apropia en conjunto con otros agentes, y de igual modo, sus costos se forman por los propios como los que comparte con los demás.

¹⁸³ Esto es, coopera, disminuyendo la extracción o tasa de apropiación de los recursos de uso común.

3. Los tipos de agentes se constituyen aleatoriamente al igual que su distribución en el espacio o mundo.
4. El agente se comporta según la siguiente dinámica: a) se apropia del recurso de la parcela en la que se encuentra, b) observa las ocho parcelas vecinas (selección de tipo Moore), c) si alguna de las parcelas vecinas tiene un nivel de recursos mayor que la propia, se mueve hacia ella y repite la operación.
5. El agente puede cooperar con otros reduciendo su nivel de apropiación en proporción directa al número de agentes que se encuentren en la misma parcela.
6. El agente obtiene mayores beneficios cooperando con otros agentes, puesto que al reducir su nivel de apropiación disminuye su ingreso individual al igual que sus costos individuales. Pero como los ingresos de apropiación conjunta se incrementan y los costos de apropiación conjunta se reducen, el efecto final es un aumento total de sus beneficios. Sin embargo, esto sólo es cierto si el resto de los agentes que se encuentran en la misma parcela también cooperan.
7. El agente obtiene mayores beneficios si no coopera y el resto de los agentes lo hacen, porque obtendría beneficios tanto por su nivel de apropiación (más alto si no coopera), como por la reducción de la parte de sus costos colectivos cuando los otros cooperan. Sin embargo, como todos tienen está misma condición, se genera un Dilema del Prisionero, donde no cooperar es la mejor de las estrategias del agente individual. Pero si todos cooperan todos tendrían mejores beneficios que si nadie lo hiciera.
8. Para introducir el efecto de la identidad se fija una regla de cooperación. El agente cooperará si otro agente con el que comparte parcela tiene al menos un rasgo de identidad igual. Por ejemplo, dos agentes uno con las características (0 1 2 3 4) y otro con las características (1 2 3 4 5) no

cooperarán porque ningún rasgo de identidad es el mismo, mientras que la dupla (0 1 2 3 4) y (1 1 3 4 5) si lo harán por que se identifican por el segundo rasgo cultural que tiene el mismo valor (1). Así, la probabilidad de cooperar aumenta entre más rasgos se compartan.

9. La tasa de apropiación de los recursos es la misma para todos los agentes.

2. El ambiente

El ambiente de este modelo (el mundo) tiene las siguientes características:

1. El mundo representa un terreno parcelado. Cada parcela tiene un nivel de recursos que va de 0 a 1000 unidades. Inicialmente las parcelas tienen un nivel de recursos asignadas aleatoriamente.
2. Cada cien iteraciones, los recursos de todas las parcelas crecen en 10 unidades sin superar su límite de 1000 unidades.
3. El mundo se representa gráficamente como un toroide: tiene la forma de una dona que une los extremos superior e inferior y el izquierdo con el derecho del plano, con el fin de evitar problemas de discontinuidad en las fronteras.

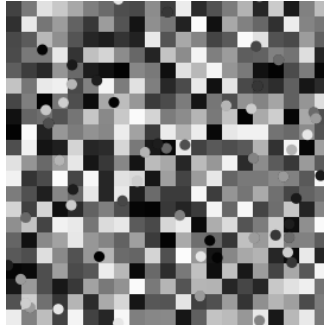
3. La dinámica del sistema

El programa muestra una imagen cuadrículada con puntos (Ver Figura 3). Cada uno de los cuadros representan las parcelas de recursos. Entre más obscuro sea el color, mayor cantidad de recursos se encuentran representados. Por su parte los círculos personifican a los agentes, y los diferentes colores su diversidad. Estos colores resultan del promedio de la cadena que conforma la identidad del agente. Por ejemplo, un agente puede tener la cadena (1 1 1 1 1) que promedia 5 y otro la cadena (2 0 0 2 1) que también promedia 5; por lo tanto, el programa le asignará el

mismo color. Ello no significa que representa al mismo agente, puesto que aunque su expresión fenotípica (color) sea similar, sus rasgos de identidad genotípica no lo son.

FIGURA 3

EJEMPLO DE CONFIGURACIÓN INICIAL MBA CON IDENTIDAD

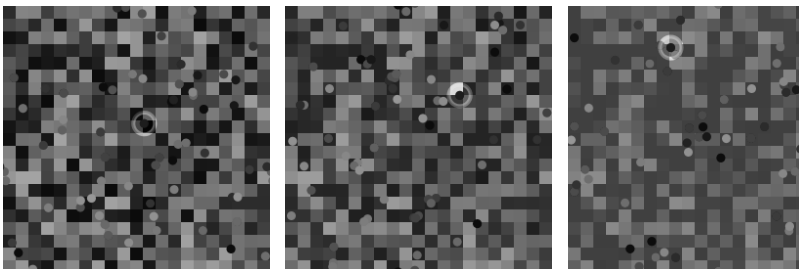


Fuente: Elaboración propia.

Al correr el programa, los individuos (círculos) cambian de posición buscando mejorar su ingreso. Por su parte, los cuadros cambian de color: más oscuro al renovarse el recurso y más claro cuando los agentes se apropian del recurso. (Ver Figura 4).

FIGURA 4

EVOLUCIÓN DEL SISTEMA SIGUIENDO A UN AGENTE PARTICULAR



(a)

(b)

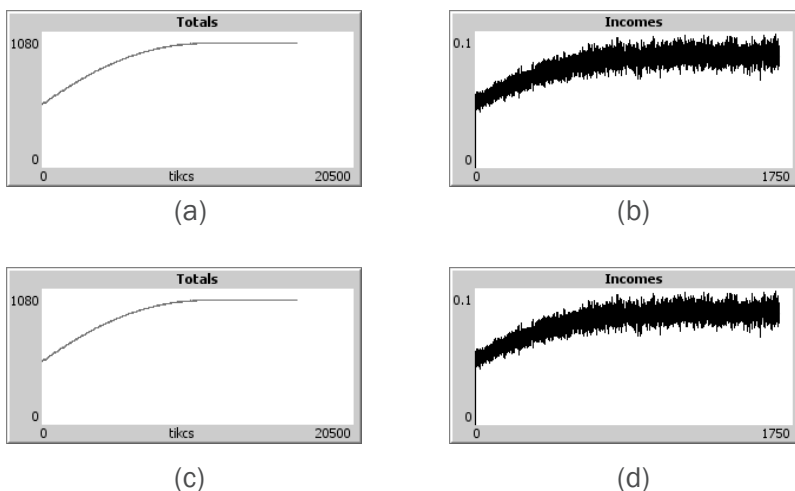
(c)

Fuente: Elaboración propia. Caso de 441 parcelas con 64 agentes y una tasa de apropiación de 1.9. (a) condiciones iniciales. (b) Iteración número 246. (c) Iteración número 1023. En la secuencia de esta figura se observa el movimiento del agente resaltado y como cambia el color de las parcelas según su renovación o consumo.

Resultados

Se presentan los resultados del modelo en dos situaciones: cuando la población y apropiación de los recursos evolucionan sin cooperación y con cooperación. Sin cooperación, cuando la tasa de apropiación de los agentes es muy baja; es decir, cuando la capacidad de regeneración de los recursos es mayor que la velocidad a la que los agentes se apropian de los mismos, la cantidad de recursos disponibles aumenta gradualmente describiendo una función de tipo radical, es decir, una curva con pendiente positiva que decrece en el tiempo. Sin embargo, cuando la tasa de apropiación es mayor que la de regeneración, los recursos se agotan paulatinamente describiendo una función hiperbólica tangente a los ejes. (Ver Figura 5).

FIGURA 5
RESULTADOS DEL MBA SIN COOPERACIÓN
CON TASAS DE APROPIACIÓN DIFERENCIADA



Fuente: Elaboración propia. Comportamiento del sistema cuando no hay cooperación. (a) Incremento de los recursos disponibles cuando la tasa de apropiación es baja. (b) Ingreso promedio de los agentes cuando la tasa de apropiación es baja. (c) Decremento de los recursos disponibles cuando la tasa de apropiación es alta. (d) Ingreso promedio de los agentes cuando la tasa de apropiación es alta.

La tasa de apropiación es un parámetro de control y los ingresos dependen tanto de la cantidad de recursos disponibles (cantidad y magnitud de las parcelas) como del número de agentes que participen en la simulación.¹⁸⁴ Bajo las mismas condiciones iniciales, en el caso de una tasa de apropiación baja, los ingresos promedio son muy bajos y varían a un ritmo creciente (Ver Figura 6, (b)). Sin embargo, conforme se acerca la tasa de apropiación a su nivel de sostenibilidad (cuando el promedio de los recursos disponibles es constante) se presentan casos con ingresos promedio negativos. Por su parte, cuando la tasa de apropiación es alta, los ingresos promedio son un más altos que en el caso anterior. Pero en éste, las variaciones (positivas y negativas) son mucho más pronunciadas. (Ver Figura 5, (d)).

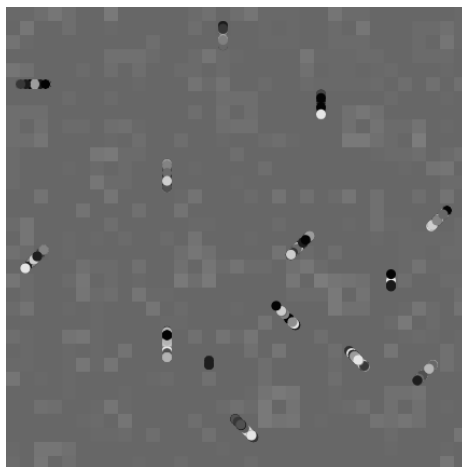
En el caso de la cooperación emergen algunos fenómenos significativos. Si se aplica la regla de cooperación,¹⁸⁵ rápidamente se forman colonias o vecindarios relativamente estables en el largo plazo (Ver Figura 6). La razón de este fenómeno se debe a que a pesar de que las parcelas vecinas pueden tener una mayor dotación de recursos, el hecho de que todos los agentes que se encuentran en un área pequeña cooperen, conducen a que el ingreso colectivo del agente aumente y la parte de los costos colectivos del agente por ende disminuyan. Con todo, la cooperación dentro de la colonia que coopera al interior produce beneficios relativamente mayores.

¹⁸⁴ Razón por la cual no resulta obvia la progresión de los ingresos promedio de los agentes.

¹⁸⁵ Si los agentes tienen un rasgo de identidad común entonces cooperan reduciendo la tasa de apropiación en proporción del número de agentes que se encuentran en la misma parcela.

FIGURA 6

EMERGENCIA DE COLONIAS EN EL MBA CON IDENTIDAD



Fuente: Elaboración propia. Emergencia de colonias cuando se aplica la regla de cooperación.

Las colonias evolucionan mostrando determinados patrones evolutivos. En principio, son diversas en cuanto a tamaño. Existen colonias prácticamente de todos los tamaños, lo cual se debe en principio a una razón tanto aleatoria como causal. Esto es, dada la distribución y la cantidad de los agentes y las parcelas, estas últimas atraen a los agentes a partir de la magnitud de recursos que contienen, creando de esta forma rutas por las que transitan. Ello aumenta la probabilidad de encuentro de los agentes, de esta manera cada agente que comparta rasgos con una colonia en concreto se mantendrá unida a ella porque aumenta sus beneficios. Así, existe una fuerza causal que permite explicar la estabilidad de las colonias.¹⁸⁶

Por otro lado, las colonias son diversas en cuanto a sus miembros, es decir, no hay colonias que cuenten solo con un

¹⁸⁶ Recordemos que el tamaño de las colonias en la primera generación resulta de las condiciones iniciales que, como se señaló, son aleatorias.

tipo de agente (la regla indica que con un sólo rasgo particular basta). Por ejemplo, en una colonia se observó la presencia de un agente con la cadena (6 6 1 1 1) y un agente con la cadena (9 4 9 4 6). Estos agentes no tienen nada en común, sin embargo, en esa misma colonia existe un agente con la cadena (1 4 1 4 9) el cual permite que la cooperación indirecta entre a ambos agentes emerja.

Asímismo, la diversidad de las colonias, depende principalmente de dos factores. En primer lugar, un número grande de agentes puede dar lugar a un número grande de colonias. En segundo lugar, si la tasa de apropiación es más baja que la tasa de renovación de los recursos, se formarían más colonias. La razón es que, cuando la tasa de apropiación es muy baja, el tránsito de los agentes de una colonia a otra afecta poco a las parcelas. De esta manera, las rutas de tránsito se reducen y los agentes que cooperen en espacios locales formarían nuevas y numerosas colonias.

Y al contrario, una alta tasa de apropiación homogeniza rápidamente a las distintas colonias, creando así mayores condiciones para la cooperación. Como resultado de ello se crean un menor número de colonias, cada una de ellas con un mayor número de agentes. Agentes que dejan libre más espacio y mayores posibilidades para que se renueven los recursos.¹⁸⁷

Adicionalmente, la dinámica evolutiva permite identificar dos características. La primera, el grado de robustez y la segunda, la transición de fase. En cuanto a la robustez se observa lo siguiente. Una vez formadas, raros son los casos de desaparición de colonias. Y aunque no es frecuente, cuando una colonia se separa, no es para formar una nueva colonia, sino para integrarse a otra existente. Lo relativamente común es observar colonias (por lo general pequeñas) que se mueven en áreas grandes en un

¹⁸⁷ Vale la pena señalar, que no se observa un efecto significativo del número de rasgos de identidad en las nuevas colonias formadas. Se probaron distintas combinaciones de rasgos particulares desde lo mínimo hasta lo máximo sin detectar con ello una variación en el número de colonias, lo cual resulta también un poco contrario a la intuición.

constante proceso de exploración. Se observa que existe un punto en el largo plazo en el que las colonias se estabilizan en unas cuantas parcelas o se integran a otra colonia para no moverse de ahí. A partir de estas observaciones es posible afirmar que, bajo las condiciones de este modelo, las colonias son robustas, es decir, se conservan y son estables.

Por otro lado, en cuanto a las transiciones de fase se observa lo siguiente. En todos los casos las colonias se constituyen rápidamente, y conforme crecen los recursos éstas se van consolidando. Sin embargo, en un punto cercano al límite del crecimiento máximo posible, se modifica la trayectoria de una curva con pendiente positiva y decreciente, a una recta constante. Esto se debe a que la renovación de los recursos – 10 unidades cada cien tiempos – impide que se crezca más allá del límite fijado por el modelo, que nunca sobrepasa las 1000 unidades. Así por ejemplo, habrá una parcela que llegue a un nivel de 902.34, otra a 908.66, etc., hasta un límite máximo de 1000.¹⁸⁸ Poco antes de alcanzar este punto crítico se produce un salto abrupto de la posición de algunas colonias. A partir de ese punto el movimiento en las colonias es prácticamente nulo.¹⁸⁹ Después de este punto las colonias muestran un comportamiento periódico lento y prácticamente imperceptible.¹⁹⁰ (Ver Figura 7)

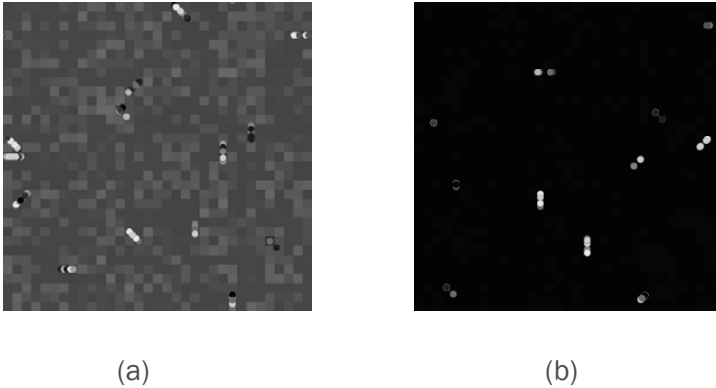
¹⁸⁸ No pueden superar este límite porque incrementar 10 unidades superaría la frontera de las 1000 unidades que nuestra programación no permite.

¹⁸⁹ Puesto que muestra ligeros cambios en el largo plazo (200 mil iteraciones o más).

¹⁹⁰ La razón de este cambio de comportamiento, se debe a que durante la primera fase, las parcelas crecen al mismo ritmo. Cuando llegan al límite, las parcelas más bajas alcanzan o superan a las que se ya llegaron a su límite. Este proceso modifica las condiciones del mundo y las colonias responden consecuentemente. Por ejemplo, un par de parcelas pueden tener valores iniciales de 681.72 y 676.83, la primera como es evidente supera a la segunda, y esta relación se mantiene durante distintos periodos. Sin embargo, cercano al límite la relación cambia, puesto que en el último de sus incrementos, la primera parcela pasa de 981.72 a 991.72 (recuerde que crecen de 10 en 10 unidades) y la segunda pasa, de 986.72 a 996.72. Por lo tanto la segunda parcela será más atractiva que la primera y, como en el punto crítico (o cercano a él) cambian simultáneamente muchas de estas relaciones, los agentes (y las colonias) responden de inmediato a esta situación. Así, a partir del punto crítico no se presentan cambios significativos y se mantiene un orden con pocas variaciones en el largo plazo.

FIGURA 7

CAMBIOS EN LAS COLONIAS CON DESPUÉS DE UN PUNTO CRÍTICO



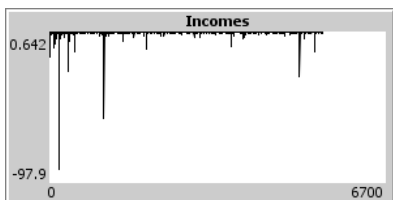
Fuente: Elaboración propia. Caso con 497 agentes y 5776 parcelas. (a) 14 colonias que se mantienen relativamente estables desde el inicio de la cooperación. (b) Alrededor del punto crítico desaparecen 2 colonias repentinamente y todas cambian de comportamiento, esta estructura se mantuvo hasta la iteración 205000 sin indicios de cambios.

Por otro lado, en general, el comportamiento cooperativo permite mantener e incrementar los recursos naturales por dos razones. En primer lugar porque al formarse las colonias quedan libres muchas parcelas que crecen a su ritmo natural, y en segundo, porque al cooperar los agentes reducen sus tasas de apropiación a niveles bajos (más bajos que la tasa de renovación de los recursos promedio).

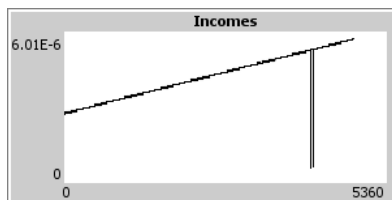
Por su parte, en el caso de los beneficios individuales, se presentan dos fenómenos contradictorios (Ver Figura 8). Por un lado, al cooperar, los beneficios promedio de los agentes son muy bajos en cada periodo, pero siempre positivos. En el caso de no cooperar, los ingresos promedio son más altos pero regularmente se presentan saltos negativos muy altos, de tal modo que no queda claro el efecto.

FIGURA 8

INGRESOS PROMEDIO CON Y SIN COOPERACIÓN



(a)



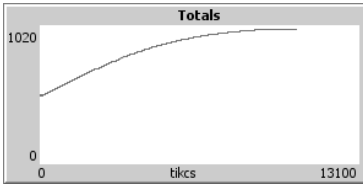
(b)

Fuente: Elaboración propia. (a) Ingresos promedio sin cooperación. Son tanto positivos como negativos pero los saltos negativos son altos. (b) Ingresos con cooperación. Siempre son positivos pero muy bajos.

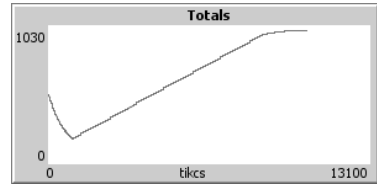
En este modelo hay dos elementos que resultan interesantes y que son contrarios a lo que intuitivamente se podría esperar. En primer lugar, para aprovechar el nivel de recursos y los ingresos promedio, los agentes encuentran ventajas al iniciar el juego no cooperando y después cooperar, (Ver Figura 9). En segundo lugar, además de iniciar sin cooperar y luego comenzar a hacerlo, al elegir una tasa de apropiación muy baja (por ejemplo, 0.1%) o una muy alta (10.0%), el promedio máximo que se alcanza es del orden de 992 unidades. Mientras que si se utiliza una tasa intermedia, por ejemplo 5.0% se alcanzan promedios del orden de 994 unidades. La razón es que, según cada caso, (número de agentes, tamaño del mundo y las condiciones iniciales aleatorias) se tiene una tasa de apropiación óptima inicial antes de cooperar y al optar por una tasa intermedia la probabilidad de acercarse a la óptima se incrementa.

FIGURA 9

INGRESOS TOTALES CON COOPERACIÓN EN EL PUNTO INICIAL
Y EN UN PUNTO INTERMEDIO



(a)



(b)

Fuente: Elaboración propia. (a) Ingresos cooperando desde el inicio. Se alcanza el máximo alrededor de la iteración 10000 con un nivel de 992.53. (b) Ingreso sin cooperar hasta alrededor de la iteración 1000, a partir de ahí comienza a aplicar la regla de cooperación y alcanza el máximo también alrededor de la iteración 10000 y su nivel máximo es de 993.98.

En resumen, el modelo permite observar que al incorporar una regla simple de cooperación a partir de una identidad múltiple no se sobreexplotan los recursos, puesto que los agentes al encontrar beneficios mayores, asociados al aumento de la productividad social, se concentran en recursos locales formando colonias estables a pesar de ser diversas.

Conclusiones

Sin incorporar ni a la propiedad privada ni al mercado, nuestro modelo basado en agentes contribuye a explicar qué papel cumple la identidad en la evolución de la cooperación en condiciones de apropiación de un bien común. La identidad resulta ser un factor explicativo poderoso para dar cuenta de la emergencia y evolución de patrones de interacción cambiantes en el tiempo. Permite observar y reconstruir fenómenos como la agregación en colonias que son individualmente benéficas y ambientalmente

sustentables. La identidad como fuerza que une y separa agentes, permiten encontrar soluciones de coordinación locales con efectos globales. Soluciones que inciden simultáneamente en los beneficios individuales, colectivos y ambientales.

El agente de este modelo cuenta con capacidades cognitivas que coinciden con una visión realista del ser humano. Es decir, observa su mundo, calcula localmente la magnitud de los recursos y se identifica con otros agentes. Las capacidades extraordinarias del agente que requiere el modelo neoclásico no son necesarias en nuestro modelo.

En nuestro modelo, se observa un fenómeno que no es explicitado por la teoría neoclásica, a saber, la relación de entre el agente y el ambiente. Desde luego, en la teoría neoclásica está implícito el cambio en la forma de los recursos por medio de la función de producción. Sin embargo, no se presentan fenómenos como los que aquí se pueden observar: liberación de recursos, formación de rutas para encontrar los mejores espacios y equilibrios locales (espaciales) múltiples. Todo ello, representa en general un proceso de retroalimentación entre el agente y el ambiente. Los factores sociales y ambientales que tradicionalmente no se incorporan en la teoría neoclásica son económicamente relevantes y hoy contamos con instrumentos, como los modelos basados en agentes, para poder tratarlos con un mayor nivel de precisión.

La teoría neoclásica está limitada para explicar fenómenos como la agrupación y la cooperación que existen y afectan el equilibrio socio-ecológico. La formalización de la teoría neoclásica se sustenta en la matemática lineal y ello imposibilita diseñar modelos complejos. El uso de herramientas como la programación de modelos basados en agentes nos permite observar fenómenos complejos y ello reporta una ventaja

analítica a la utilizada tradicionalmente por la teoría neoclásica. Los principios de explicación de la teoría neoclásica no son suficientes para explicar a la economía. Es necesario múltiples métodos y múltiples teorías para dar cuenta de la evolución de sistemas complejos.

Bibliografía

- Ahn, T. K., E. Ostrom y J. Walker (2003), "Heterogeneous Preferences and Collective Action." *Public Choice* 117(3-4) (December): 295-314.
- Akerlof, G. A. y R. E. Kranton (2010), *Identity Economics. How our Identities Shape Our Work, Wages, and Well-being*, New Jersey, Princeton University Press.
- _____(1970), The Market for "Lemons": Quality Uncertainty and the Market Mechanism, *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 84, núm. 3, pp. 488-500.
- Aoki, M. (2001), *Toward a Comparative Institutional Analysis*, London, The MIT Press.
- Axelrod, R. (2004), *La Complejidad de la Cooperación. Modelos de Cooperación y Colaboración Basados en los Agentes*, Buenos Aires, Argentina, FCE.
- Binmore, K. (1994), *Teoría de Juegos: Una Breve Introducción*, Madrid, Mc Graw-Hill.
- Camerer, C.; G. Loewenstein and D. Prelec. (2005), Neuroeconomics: How Neuroscience Can Inform Economic, *Journal of Economic Literature*, vol. 43, pp. 9-64.
- Cardenas, J. C., J. K. Stranlund y C. E. Willis (2000), "Local Environmental Control and Institutional Crowding-Out", *World Development* 28(10), 1719-33.
- Crawford, S. E. S., y E. Ostrom (1995), "A Grammar of Institutions." Reimpresión en *Polycentric Games and Institutions: Readings from the Workshop in Political Theory and Policy Analysis*, *American Political Science Review* 89(3) (September 1995), 582-600.

- Gazzaniga, M. S. (2010), *¿Qué Nos Hace Humanos? La Explicación Científica de Nuestra Singularidad Como Especie*, Madrid, Paidós.
- Gigerenzer, G., P. Todd y ABC Research Group (1999), *Simple Heuristics that Make Us Smart*, Oxford, Oxford UP.
- Gigerenzer, G. y R. Selten (2001), "Rethinking Rationality" en Gerd Gigerenzer y Reinhart Selten (eds.), *Bounded Rationality: The Adaptive Toolbox*, Cambridge, MIT Press, pp. 1-12.
- Glimcher, P. W. (2009), *Decisiones, Incertidumbre y el Cerebro. La ciencia de la neuroeconomía*, México, FCE.
- Fehr, E. y B. Rockenbach (2003), "Detrimental Effects of Sanctions on Human Altruism." *Nature* 422 (March 13): 137-40.
- Hardin, G. (1968), "The Tragedy of Commons", *Science*, vol. 162, pp. 1243-1248.
- Heller, M. A. (1998), "The Tragedy of the Anticommons: Property in the Transition from Marx to Markets." *Harvard Law Review* 111(3), pp. 622-688.
- Hess, C. (2008), *Mapping the New Commons*. 12th Biennial Conference of the International Association for the Study of the Commons: "Governing Shared Resources: Connecting Local Experience to Global Challenges", Cheltenham, England, University of Gloucestershire.
- Hess C. y E. Ostrom (2003), *Ideas, Artifacts, and Facilities: Information as a Common-Pool Resource*, 66 *Law and Contemporary Problems*, pp. 111-146.
- Hodgson, G. (2013), *From Pleasure Machines to Moral Communities: An Evolutionary Economics without Homo Economicus*, Chicago y London: The University of Chicago Press.
- Huntington, S. P. (1996), *El choque de Civilizaciones y la reconfiguración del orden mundial*, Madrid, Paidós.
- Kahneman, D. (2012), *Pensar rápido, Pensar Despacio*, España: Debate.
- Lara, A. (2012), *Agente adaptable, aprendizaje y estructura del ambiente: Un enfoque alternativo*. *Revista de Economía Institucional*, vol. 14, n.º 26, primer semestre, pp. 95-120.

- Lara, A. (2014) "Elinor Ostrom: Elección Racional y Complejidad" en Elinor Ostrom (2014) *Comprendiendo la Diversidad Institucional*, FCE – UAM, México.
- Osorio, H. y A. Lara, *La tragedia de los anti-comunes en la construcción del conocimiento del genoma humano*, Rev. Argumentos No. 73; Número 73, septiembre-diciembre 2013 pp. 147-173.
- Ostrom, E. (1998), "A Behavioral Approach to the Rational Choice Theory of Collective Action Presidential Address American Political Science Association, 1997", *American Political Science Review*, vol. 92 No.1 (March), pp. 1-22.
- _____(2000), *El Gobierno de los Bienes Comunes. La Evolución de las Instituciones de Acción Colectiva*, México, FCE.
- _____(2003), *The Commons in the New Millennium: Challenges and Adaptations*, edited with Nives Dolšak, Cambridge, MIT Press.
- _____(2003a), "How types of goods and property rights jointly affect collective action", *Journal of Theoretical Politics*, 15(3), pp. 239-270.
- _____(2005), *Understanding Institutional Diversity*, Princeton, New Jersey, Princeton University Press.
- _____(2007), "A diagnostic approach for going beyond panaceas", *PNAS*, National Academy of Sciences, September 25, (104) 39, pp. 15181-15187.
- Ostrom, E. y C., Hess (2007), "Private and common property rights". Indiana University, Bloomington: School of Public & Environmental Affairs Research Paper, (2008-11-01).
- Ostrom, E., R. Gardner, y J. Walker (1994), *Rules, Games, and Common-Pool Resources*. Ann Arbor, University of Michigan Press.
- Ostrom, E., M.A. Janssen and J.M. Anderies (2007) *Going beyond Panaceas*, *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 104: 15176-15217
- Poteete, A. R., M. A. Janssen y E. Ostrom (2011), *Working Together: Collective Action, the Commons, and Multiple Methods in Practice*, Princeton: Princeton University Press.

- Sen, A. (2006), *Identity and Violence. The ilusion of destiny*, NY, Norton.
- _____, "Rational Fools: A Critique of the Behavioral Foundations of Economic Theory", *Philosophy & Public Affairs*, vol. 6, No. 4, pp. 317-344, Summer, 1977.
- Simon, H. A. (1973), *Las Ciencias de lo Artificial*, Barcelona, Gráficas Víctor.
- Smith, V. (December de 1982), *Microeconomic Systems as an Experimental Science*, *American Economical Review*, vol. 72, pp. 923-955.
- _____(2008), *Rationality in Economics: Constructivist and Ecological Forms*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Tversky, A. y D. Kahneman (1987), *Rational Choice and the Framing of Decisions*, en Hogarth, R. M. y Reder, M. W. (Eds.), *Rational choice: The contrast between economics and psychology (67-94)*, Chicago: University of Chicago Press.
- Varian, H. R. (1999), *Microeconomía Intermedia: Un Enfoque Actual (5ta. ed.)*, Barcelona, Antoni Bosch.
- Walker, J. M. y E. Ostrom (2003), *Trust and Reciprocity: Interdisciplinary Lessons from Experimental Research*. New York, Russell Sage Foundation. (The Russell Sage Foundation Series on Trust, vol. VI).

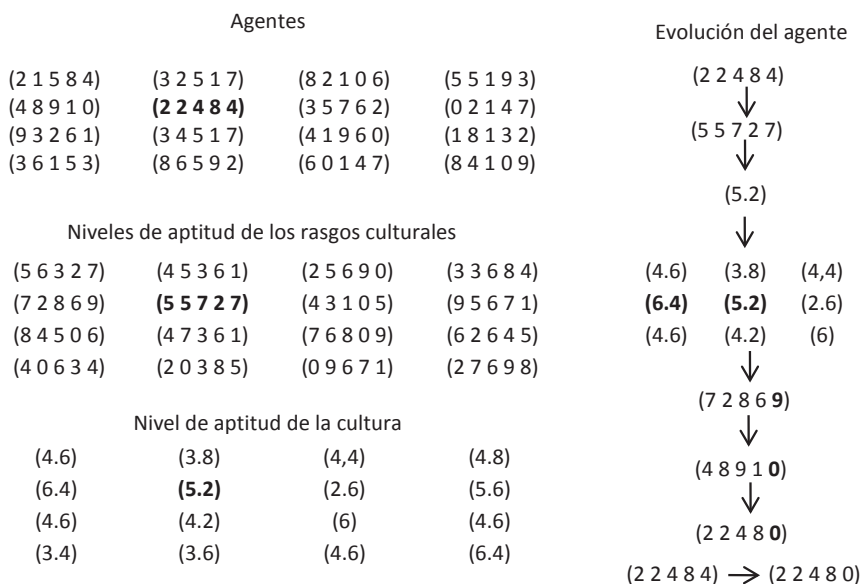
Anexo 1

En la parte izquierda de la figura 10 se muestra una rejilla de 16 agentes con sus respectivas culturas configuradas aleatoriamente. Debajo de ésta, se muestran los respectivos valores de aptitud para cada rasgo particular, los cuales también se determinan aleatoriamente. Y en la parte más baja, se muestra el nivel de aptitud para cada cultura que resulta del promedio de los niveles de aptitud de los rasgos culturales. En la parte derecha, se muestra la evolución de un agente, en este caso, el ubicado en el segundo renglón y la segunda columna de la rejilla de los agentes. Este agente tiene la cultura (2 2 4 8 4), el nivel de aptitud para cada rasgo cultural está dado por el vector (5 5 7 2 7) y el promedio de estos valores es (5.2) que representa el nivel de aptitud de su cultura. El agente compara este último valor con el de los ocho vecinos que lo rodean de inmediato (actúa localmente) y observa

si alguno de ellos es mayor que el propio, y si es así, elige el máximo. En nuestro ejemplo, hay dos vecinos con un nivel de aptitud cultural mayor (uno con 6.4 y otro con 6) pero elige el máximo que corresponde al vecino que se encuentra a su izquierda (6.4). Observa el nivel de aptitud de los rasgos culturales e identifica cuál de ellos es el máximo. Para nuestro caso corresponde al quinto rasgo cultural con un nivel de aptitud de 9. Como el nivel de aptitud para nuestro agente en el quinto rasgo es de 7, entonces sustituye ese rasgo cultural por el de su vecino, es decir, lo imita o se asimila. De tal forma que cambia su quinto rasgo cultural de 4 a 0, alterando su cultura original de (2 2 4 8 4) a la nueva cultura representada por la cadena (2 2 4 8 0). Así, su nivel de aptitud cultural aumenta de (5.2) a (5.6) que resulta del promedio de su nuevo vector de los niveles de aptitud de los rasgos culturales (5 5 7 2 9).

FIGURA 10

EJEMPLO DE LA DINÁMICA DE EVOLUCIÓN CULTURAL



Fuente: Elaboración propia.

5

Bienes de uso común e interacción estratégica: El legado de Elinor Ostrom

*Óscar A. Benavides
Andrés E. Salamanca*

Introducción

De acuerdo con Ostrom, Gardner y Walker (1994: 4), los recursos de uso común (RUC) son “sistemas que generan cantidades finitas de un recurso cuya cantidad disminuye a medida que es utilizado por diferentes individuos”, sean consumidores o productores. Estas dos características que en términos teóricos hacen referencia, respectivamente a la rivalidad y no exclusión, permiten diferenciarlos de los otros tipos de bienes (públicos, privados y club) a la vez que muestran las limitaciones para garantizar su uso eficiente y la preservación a través de mecanismos de mercado. Las características de este tipo de bienes y la racionalidad maximizadora de los agentes económicos guiados exclusivamente por su interés personal, conduciría a la sobreexplotación o deterioro de este tipo de bienes, dando lugar a la conocida tragedia de los comunes. Sin embargo, de acuerdo con Cárdenas (2010), el problema sería una tragedia solo en la medida

en que no se puedan alinear los intereses e incentivos individuales con los colectivos, en cualquier otro caso representaría un dilema social que se resolvería al compatibilizarlos entre sí.

De hecho este tipo de análisis ha sido utilizado para analizar sistemas de riego, zonas de pesca, bosques, agua de río o mar e incluso la atmósfera. Sin embargo, retomando a Ostrom (2010: 38) si el problema fuera sólo de “algunas hectáreas de pasto o algunas pesquerías”, el interés teórico y práctico sería muy poco. Pero en realidad el problema en términos teóricos tiene que ver con la esencia del análisis económico, es decir, el carácter finito de los recursos ante la imposibilidad de establecer derechos de propiedad, es decir, uno de los límites del mercado. Igualmente, el análisis de los recursos de uso común, muestra los límites del *homo economicus* como modelo del comportamiento humano, ya que el supuesto de individuos racionales motivados por el interés propio genera sub-óptimos sociales.

En términos prácticos, el problema de los bienes de uso común, tiene que ver con el diseño y la implementación de mecanismos que definan las reglas que determinan la apropiación, la provisión y el no agotamiento de los recursos de uso común. El problema en términos prácticos radica en crear las instituciones, o retomando a Douglas North (1990: 13) “las reglas de juego en una sociedad o las limitaciones ideadas por el hombre que dan forma a la interacción humana”. En el caso concreto se trata de diseñar e implementar mecanismos que garanticen el no agotamiento de este tipo de recursos dadas las consecuencias sobre el bienestar colectivo en el largo plazo.

Lo anterior debido a que en términos generales los RUC se enfrentan la amenaza de sobreexplotación que puede causar su deterioro o agotamiento debido a que los apropiadores no tienen restricciones para su uso y explotación, debido a que en términos generales no existen mecanismos de exclusión que puedan ser

implementados a un bajo costo. Debido a esto es difícil que los apropiadores resulte fácil coordinar sus acciones y estrategias, lo que los conduciría a situaciones en las cuales las ganancias que obtendrían sería menores que aquellas que pudiesen alcanzar si logran coordinar sus acciones.

En el caso analizado inicialmente por Scott Gordon en 1954 y popularizado posteriormente por Garret Hardin en 1968, el uso de los recursos de uso común, específicamente de pastos comunales genera primero, de acuerdo con Ostrom (2010:37) “un beneficio directo por los animales que allí pastan [...] y luego...” un costo posterior por el deterioro de los bienes comunes cuando su ganado y el de otros pastan en exceso”. En este caso la tragedia se presenta cuando los pastos comunales, son utilizados por individuos racionales motivados exclusivamente por el interés propio y solo bajo esas condiciones se presenta su explotación o el deterioro. Para algunos, el problema se resuelve cuando se diseña un mecanismo centralizado que evite la sobreexplotación o deterioro de este tipo de recursos; otros, por el contrario, sugieren la utilización de mecanismos de mercado a través de la definición de derechos de propiedad. Sin embargo ninguna de las dos propuestas ni en la teoría, ni en la práctica permiten explicar de manera satisfactoria cómo operan en la realidad los mecanismos de gobernanza para los recursos de uso común.

En términos de política, las prescripciones más utilizadas para solucionar este dilema social van desde la administración centralizada del recurso hasta su privatización. Ehrenfeld (1972:322) por ejemplo, argumentaba que si “no puede esperarse que los intereses privados protejan la propiedad común, entonces se requiere la regulación externa a través de entidades públicas, gobiernos o autoridades internacionales”. No obstante, y como señala Ostrom (1990:48), “por lo regular se

presta poca atención al costo de crear y mantener una entidad de este tipo”, es decir, que llevar a cabo esta propuesta representaría unos altos costos de coordinación. De hecho, si una autoridad externa fuera capaz de determinar con precisión la capacidad de uso y renovación del recurso de uso común, asignar su explotación eficientemente, inspeccionar las acciones de los individuos y sancionar el incumplimiento de las normas, entonces dicha entidad será capaz de administrar en forma eficaz y eficiente el uso del recurso. El problema radica en que centralizar el control requiere entonces exactitud en la información, una alta capacidad de verificación, credibilidad de las sanciones o en términos generales evitar los problemas de agencia que generan altos costos de coordinación.

En contraste con la administración centralizada, otros autores que señalan por ejemplo que “la única vía para evitar la tragedia de los comunes en el uso de recursos naturales y la vida silvestre es poner al régimen de propiedad común y crear uno de propiedad privada” (Smith, 1981:467). Naturalmente, cuando el recurso en cuestión se refiere a la tierra, establecer derechos de propiedad implica dividirla en parcelas y asignar derechos individuales de posesión y administración, no obstante, como señala Ostrom (1990:53) en “recursos no estacionarios, como el agua o las pesquerías, no es claro el significado del establecimiento de derechos privados”.

A diferencia de estas prescripciones de política, en las cuales se supone que los individuos están atrapados inevitablemente en una tragedia, Elinor Ostrom argumenta que las comunidades tienen la capacidad para evitar este tipo de tragedias y que dicha capacidad varía dependiendo de la situación que enfrenten, como lo plantea Lara (2012:1). La clave se encuentra en que los individuos al poseer información más exacta acerca del recurso de uso común, pueden diseñar e implementar

instituciones o acuerdos cooperativos que les permitan una buena administración del recurso a un bajo costo. Por ejemplo, los pastores que utilizan un mismo pastizal año tras año, cuentan con información detallada acerca de la capacidad de carga y la tasa de reproducción del pasto en dicho pastizal; con esta información los miembros de las comunidades pueden diseñar un contrato de explotación del recurso susceptible de verificación mediante la observación e imponer sanciones a los infractores. En resumen, en lugar de mecanismos centralizados o de mercado, surge un nuevo mecanismo, diseñado e implementado a nivel de las comunidades.

El diseño de instituciones por parte de las comunidades que apropian el recurso está basado en el conocimiento que ellos posean a cerca de la estructura del propio sistema. Este conocimiento generalmente se adquiere como consecuencia del uso continuo, la observación prolongada y la comunicación entre individuos, como es el caso de las pesquerías.¹⁶¹ La incertidumbre originada en la falta de conocimiento puede reducirse con el tiempo como resultado de la interacción y la comunicación local entre los apropiadores. Con todo esto, y como subraya Ostrom (1990:83), “el único supuesto razonable que puede plantearse sobre el descubrimiento y cálculo en los procesos es que los apropiadores recurren a un nivel considerable de aprendizaje por ensayo y error”. La amplitud y precisión de la información que los apropiadores locales obtengan dependerá del tipo de recurso que compartan, pero sobre todo, del número total de apropiadores participantes, de la estabilidad de los factores internos del sistema de recursos y de la complejidad de las relaciones entre los individuos y el medio (demás apropiadores y sistema de recursos).¹⁶²

¹⁶¹ No obstante, este mecanismo no se restringe a las pesquerías, sino a recursos que tengan características similares, como por ejemplo los recursos hídricos, los bosques e incluso el espacio público. Sobre este aspecto ver Fernando Jiménez (2012) Cooperación e instituciones en este volumen.

¹⁶² Sobre este aspecto ver Lara y Barrientos (2012: 28) sobre la necesidad de un nuevo análisis del comportamiento de los agentes económicos.

El capítulo que se presenta a continuación se divide en cuatro partes. Luego de esta primera sección introductoria, en la sección dos se presenta el problema de los RUC desde la perspectiva que ofrece la teoría de juegos no cooperativos, tanto en su versión estática como dinámica y haciendo énfasis en las limitaciones cada una de estas alternativas ofrece en el problema de los recursos de uso común. El propósito de esta sección es mostrar cómo el estudio de los RUC demanda de otras herramientas de análisis. En la tercera sección se presenta un modelo en el que una comunidad diseña e implementa un mecanismo que permite garantizar la apropiación y preservación de un recurso de uso común. Finalmente en la cuarta sección se presentan las principales conclusiones.

Los recursos de uso común desde la teoría de juegos

▪ Juegos no cooperativos de carácter simultáneo

El problema de los recursos de uso común planteado en la introducción de este documento, ha adquirido un carácter formal desde mediados de la década de 1970 a través de la teoría de juegos no cooperativos. Específicamente se ha utilizado el **Dilema del Prisionero** como una metáfora para entender la tragedia de los bienes comunes. Sin embargo es necesario precisar que el dilema el prisionero hace referencia a una situación en la que los jugadores racionales, guiados únicamente por el interés personal, e incomunicados, toman decisiones de manera simultánea.

Tanto en su versión estándar como en las aplicaciones a dilemas sociales, en el Dilema del Prisionero la no cooperación emerge como el equilibrio de Nash del juego que a su vez es un sub óptimo en el sentido de Pareto. De hecho, el óptimo de Pareto no es equilibrio y, por lo tanto, no es factible que sea alcanzado por ningún grupo de jugadores (comunidades) con las características ya descritas. Este resultado depende en gran

medida de los supuestos que se hacen acerca del comportamiento de los individuos, en particular los que tienen que ver con la incomunicación y la motivación personal aunque no tanto con la racionalidad. Para Bowles y Gintis (2011:11), en el dilema de prisionero como una explicación de los dilemas sociales, no hay preferencias sociales, lo cual ha sido ampliamente analizado, aunque también sería necesario analizar con el mismo nivel de detalle la importancia que juega la comunicación en la posibilidad de alcanzar óptimos sociales.

De acuerdo con Elster (2007:23) se diría que “cuando estos modelos no logran explicar el comportamiento, no podemos saber a qué supuesto culpar”. Concretamente podríamos decir que la no coincidencia entre el resultado observado y el teórico se podría originar en problemas de racionalidad limitada, de preferencias sociales o en la existencia de comunicación que permiten coordinar las decisiones de los agentes. Estas tres alternativas permitirían explicar porque los trabajos empíricos y experimentales presentados en este capítulo no corresponden con los resultados propuestos por la teoría. Sin embargo, también se podría decir, que sencillamente se evidencian las limitaciones del tratar de analizar los dilemas sociales con juegos no cooperativos de carácter simultáneo como el dilema del prisionero, sin la necesidad de profundizar en los fundamentos teóricos de la elección racional. Sobre este tema es importante destacar el trabajo de Lara (2012:10), en este libro, en el que plantea la necesidad de examinar la elección racional en el análisis de los RUC.

En relación con el problema de la comunicación para tratar de explicar cómo los jugadores puedan alcanzar óptimos sociales, una alternativa teórica consiste en incorporar el concepto de **equilibrio correlacionado** desarrollado por Aumann en 1974. En los juegos no cooperativos simultáneos el equilibrio de Nash permite predecir lo que los jugadores pueden hacer. Pero con

un mecanismo de información centralizado, se podrían incluir todas las estrategias conjuntas que son alcanzables por los jugadores cuando se pueden comunicar con un mediador. Desde la perspectiva teórica, el mediador podría comunicar a cada uno de los jugadores la estrategia que considera más conveniente para cada uno, siendo de libre elección la aceptación o no de la propuesta del mediador. El equilibrio correlacionado se presenta cuando los jugadores aceptan la propuesta que les maximiza el pago. Sin embargo, la estructura de información (comunicación), no garantiza la cooperación entre los agentes, Vega –Redondo (2003:56).

En los juegos con comunicación, con la ayuda de un mediador, es posible que exista un plan auto-implementado que genere el mejor pago (óptimo de Pareto) que los generados por una estrategia no cooperativa (equilibrios de Nash). Esta propuesta teórica daría cuenta de aquellas prescripciones de política que enfatizan en un esquema centralizado en el manejo de los recursos de uso común. No obstante, como se señaló previamente, existen costos de coordinación que dependiendo de la cantidad de agentes pueden reducir los beneficios de compartir información. En síntesis, la propuesta de considerar los juegos correlacionados como un mecanismo que permita alcanzar óptimos de Pareto no asegura la cooperación a un costo razonablemente bajo y/o de manera efectiva.

▪ Juegos no cooperativos dinámicos

Los juegos simultáneos presentados en la sección anterior asumen que la interacción entre los jugadores se presenta una sola vez y luego el juego termina. Sin embargo, en muchas situaciones de interés, incluido los bienes de uso común, la interacción se presenta de manera reiterada a lo largo del tiempo. De hecho la decisión que se tome en este tipo de situaciones

no solo obedece a la valoración en un momento dado, sino a los pagos en el largo plazo. No existe razón para pensar que la elección de una estrategia para un momento dado garantice el máximo pago esperado entre el momento en que se comienza a apropiarse el recurso hasta que el juego termine o el recurso se agote completamente. De ahí la conveniencia en analizar los recursos de uso común con **juegos repetidos**.

Específicamente, el gran problema de los bienes de uso común se origina en el carácter dinámico de la interacción entre los miembros de la comunidad ya que es la apropiación en el largo plazo la que determina el flujo de los beneficios futuros en muchos casos traídos a valor presente. La interacción no puede entenderse como una acumulación de juegos independientes, sino que por el contrario, constituyen un juego complejo en el que las jugadas de las diferentes etapas dependen de las etapas previas. En esta interacción repetida de los mismos jugadores con las mismas estrategias pero en diferentes momentos se asemeja a la problemática presente en los bienes de uso común. De hecho, los jugadores conocen la información acerca de los resultados de las interacciones anteriores, este hecho permite que cada jugador, desde el presente, pueda afectar sus acciones futuras debido a los resultados ya obtenidos.

En términos generales, resulta ampliamente conveniente utilizar juegos repetidos para entender la apropiación de los recursos de uso común, pero antes es necesario considerar dos aspectos estrechamente relacionados. Primero el relacionado con el descuento de los pagos ya sea a través de valor presente o del pago medio. Y, segundo en el horizonte temporal.¹⁶³ En general en el análisis de los bienes de uso común se ha utilizado

¹⁶³ Es bueno precisar que un juego repetido infinitamente supone que al menos uno de los jugadores desconoce cuándo termina el juego. Por el contrario, los juegos con horizonte temporal finito suponen que todos los jugadores conocen el número de veces que el juego se repetirá, es decir, que esta información es conocimiento común.

el valor presente, aunque el horizonte temporal se ha dejado abierto a las dos alternativas: finito e infinito.

▪ **Juegos repetidos infinitamente**

i. **La estrategia del gatillo.** Garantiza cooperación hasta tanto ambos jugadores hayan cooperado, pero desde el momento en que se presente una desviación en la cooperación, los jugadores no vuelven a cooperar. De hecho, la estrategia cooperación, que no es un Equilibrio de Nash en el juego de un solo tiro, surge como un Equilibrio de Nash Perfecto en Subjuegos cuando la interacción se repite una y otra vez.¹⁶⁴ Esto ocurre cuando los jugadores dan igual importancia al presente que al futuro, es decir, cuando tienen tasas de descuento bajas. En caso de los recursos de uso común, la cooperación estaría sujeta a la tasa de descuento exógena y baja. Sin embargo, la posibilidad de cooperación depende de factores exógenos y no existe ninguna razón para pensar que den igual valor al presente que al futuro dado que la posibilidad de agotamiento o deterioro del recurso, que incentivaría aún más la explotación en el presente ante la expectativa de bajos pagos en el futuro.

ii. **La estrategia Garrote y zanahoria.** En términos generales, esta estrategia consiste en que, luego de cada desviación de la estrategia cooperativa por parte de alguno de los jugadores, se inicia una etapa de mutua penalización. Durante esta etapa del juego los jugadores escogerán la acción que les reporta menores pagos conjuntos como señal de castigo con la posibilidad de volver a tener comportamientos cooperativos. Posteriormente, terminada esta etapa de castigo, los jugadores vuelven a cooperar hasta tanto se presente una nueva defección. A diferencia de la estrategia del gatillo, el castigo tiene un carácter finito y también se encuentra que la cooperación no requiere de tasas de

¹⁶⁴ Ver Friedman (1971) para una presentación detallada.

descuento tan bajas como en la estrategia del gatillo. En el caso de los recursos de uso común, la amenaza de un castigo “suave” ante la no colaboración, requiere mayor paciencia por parte de los jugadores para garantizar la cooperación, pero nuevamente, el agotamiento previsible de estos recursos, generaría mayores niveles de apropiación en el presente, es decir, que la tasa de descuento se tornaría más alta. Este resultado proviene de la naturaleza finita del recurso que en muchos casos tienen una oferta altamente inelástica y de la no existencia de mecanismos de exclusión. De hecho la estrategia del garrote y zanahoria podría explicar otro tipo de recursos, pero no los bienes de uso común.

iii. La estrategia “ojo por ojo” (tit for tat). Dentro de los juegos repetidos infinitamente un caso que se señala de manera reiterada es el conocido como “tit for tat”, desarrollado por Anatol Rapoport a la propuesta de Robert Axelrod (1984) de diseñar programas para jugar de manera repetida el dilema de prisionero. La estrategia propuesta por Rapoport es muy simple e indica que para un jugador la estrategia iniciar cooperando y, luego en las etapas posteriores, jugar la acción que el otro jugador escogió en la etapa inmediatamente anterior. Dado que el pago esperado de la cooperación es mayor que el de no cooperar (desviarse) si la tasa de descuento es relativamente baja, menor que $\frac{1}{4}$ en el caso más conocido. No obstante, la estrategia tit for tat no es perfecta en subjuegos.

Del torneo organizado por Axelrod se derivan algunos resultados que permitirían alcanzar los pagos más altos, es decir, alcanzar la cooperación

- Hacer que las partes obtengan altos pagos y no ser envidioso
- No ser el primero defeccionar
- Actuar de manera recíproca
- Reglas claras y sencillas son mejor para la cooperación

▪ Juegos repetidos finitamente

A diferencia de lo observado en los juegos repetidos infinitamente, en los que es factible alcanzar la cooperación bajo diferentes estrategias, en los juegos repetidos finitamente no ocurre lo mismo. De hecho si los jugadores tienen conocimiento del número de veces que el juego se va a repetir y si conoce las decisiones de su oponente y los pagos que recibe en la interacción pasada, por inducción hacia atrás, se observa que no cooperar domina estrictamente a cooperar y en consecuencia, independientemente de la historia del juego. De hecho si el final del juego se acerca los jugadores tiende a ser menos cooperativos.

Estos resultados al ser utilizados en el análisis de los recursos de uso común tienden a explicar bastante bien la tragedia de los comunes, pero de ninguna manera permiten entender por qué, eventualmente lo que se ha observado en el trabajo empírico y experimental contrasta con la predicción teórica.

Modelos de apropiación de los RUC

▪ El caso estático

La forma habitual en la que ha sido planteado el problema de los recursos de uso común, supone un conjunto de apropiadores $i = 1, 2, \dots, n$ que son tomadores de precios del bien q que producen con un recurso de uso común $M_i \geq 0$. Igualmente se asume que el individuo i tiene e_i unidades de esfuerzo que puede utilizar en la extracción de peces o en cualquier otra actividad, y se considera que w representa el costo de oportunidad de extraer los peces. Se considera además que la captura de un pez es una función cuadrática del nivel de esfuerzo y está dada por la siguiente expresión:

$$q = ae - be^2 \quad (1)$$

Donde $a, b > 0$. En este caso los beneficios estarán dados por:

$$\pi = pq - we \quad (2)$$

$$\pi = p(ae - be^2) - we$$

Realizando el problema de maximización se obtiene que el nivel de esfuerzo óptimo está dado por la siguiente expresión:

$$e^* = \frac{a - w/p}{2b} \quad (3)$$

Para el conjunto de los apropiadores el nivel de esfuerzo óptimo agregado está dado por:

$$e^* = \frac{a - w/p}{b} \quad (4)$$

Este tipo de análisis estático para los RUC puede interpretarse de dos maneras. La primera como una decisión por parte de los apropiadores en un momento dado que definiría su comportamiento posterior. Es decir, como un análisis de equilibrio instantáneo que daría cuenta de la mejor estrategia. La segunda interpretación es que constituye el equilibrio de estado estacionario de un sistema dinámico, como lo plantean Muller y Whillans (2008). Sin embargo, en esta forma de analizar el problema no aparece el cambio que se presenta en el recurso como consecuencia de su apropiación.

▪ El caso dinámico

Asumiendo las mismas condiciones del RUC y de los apropiadores del caso estático, las versiones dinámicas incluyen una ecuación logística de cambio en el recurso. Se considera que el recurso común tiene una tasa de crecimiento determinada por la cantidad existente del recurso, su tasa de reproducción y la relación que existe entre su cantidad y la capacidad de carga. La expresión es la siguiente:

$$\dot{M} = rM \left[1 - \frac{M}{\bar{M}} \right] \quad (5)$$

Donde la ecuación (5) representa la tasa de crecimiento del RUC sin apropiación por parte de los pescadores. El término de la izquierda representa la variación del RUC, mientras que r es la tasa de crecimiento del recurso, M el stock del recurso y \bar{M} la capacidad de carga. No obstante es importante destacar que precisamente el proceso de apropiación afecta de manera negativa el crecimiento del recurso. La nueva variación estaría dada por la expresión (5) menos la tasa de apropiación. Sea φ la tasa de apropiación del recurso en función de un parámetro de productividad y del nivel de esfuerzo e de los pescadores y del stock del recurso.

$$\dot{M} = M - \varphi e M \quad (6)$$

$$\dot{\tilde{M}} = rM \left[1 - \frac{M}{\bar{M}} \right] - \varphi e M \quad (6a)$$

La maximización de beneficios para el apropiador i estaría dada por la siguiente expresión:

$$(7)$$

Y la solución en términos del esfuerzo estaría dado por:

$$\dot{e}^* = \lambda \pi \quad (8)$$

Donde $\lambda > 0$ es un coeficiente de ajuste y el cambio en el nivel de esfuerzo estaría dado por un coeficiente de ajuste y el comportamiento que se observe en los beneficios de los apropiadores.¹⁶⁵ Sin embargo, existe otro posible tratamiento al problema dinámico y consiste en plantear el valor presente del hamiltoniano de los beneficios de los apropiadores. Donde la variable control sería el nivel de esfuerzo escogido por el productor mientras que la variable estado estaría dada por la variación del RUC con apropiación. El sistema dinámico quedaría planteado en los siguientes términos:

$$H = [p\phi eM - we]e^{-\tilde{\beta}t} + \lambda \left[rM - \frac{rM^2}{M} - \phi eM \right] \quad (9)$$

En este caso, el primer término a la derecha de la igualdad representa los beneficios traídos a valor presente a través de la tasa de descuento, mientras que el segundo término representa la variable estado multiplicada por su precio sombra. La solución del problema depende de la tasa de descuento: si es constante o no. Una alternativa es hacer que la tasa de descuento sea constante como ocurre en este tipo de problemas, o que eventualmente adopte la forma propuesta por Loewenstein y Prelec (1992) de descuento hiperbólico.

$$\tilde{\beta}t = (1 + \alpha t)^{-\beta/\alpha} \quad (10)$$

¹⁶⁵ Para una versión detallada de este modelo ver Muller y Whillans (2008).

Donde α representa un parámetro que mide cuanto se aparta el factor de descuento de su valor constante $\tilde{\beta}t$. Al igual que en los casos anteriores, el resultado depende fuertemente del comportamiento de los apropiadores del recurso. De la decisión de no cooperar o cooperar, sin embargo, no se puede explicar cómo es que los individuos deciden cooperar o no.

Otros Desarrollos Recientes

▪ Alguna Evidencia Empírica y Experimental

La idea original de Hardin con respecto del problema de los bienes de uso común ha sido formalizada recurrentemente a través del dilema del prisionero (véase entre otros los trabajos de Dawes 1973, Milinski *et al.* 2002, Ostrom 1990 y Ostrom, Gardner y Walker (1994). Bajo este juego el bienestar agregado de los participantes permanece en equilibrio por debajo del óptimo social alcanzable bajo un esquema cooperativo. En contraste a esta predicción teórica, varias investigaciones empíricas como el trabajo seminal de Ostrom (1990) han encontrado que el manejo exitoso de los recursos de uso común puede ser alcanzado mediante la construcción de instituciones endógenas capaces de crear los incentivos adecuados para prevenir la sobreexplotación del recurso.

Por otra parte, trabajos los de Cárdenas (2000, 2003), Janssen *et al.* (2008), Janssen y Ostrom (2008) y Ostrom, Gardner y Walker (1994) entre otros, han mostrado evidencia experimental que indica que cuando se permite imposición de sanciones o comunicación entre los participantes, ellos mismos desarrollan reglas que les permiten evitar la sobreexplotación del recurso. Estos estudios vistos de manera conjunta permiten ver que a diferencia de la evidencia de campo, en la cual difícilmente se puede hacer seguimiento a los procesos de negociación que dan origen a las instituciones de gobierno de los recursos,

en el laboratorio, los experimentadores pueden observar con detenimiento los procesos de interacción y controlar un sinnúmero de variables exógenas que intervienen en la toma de decisiones.

Como se señaló en la sección anterior, la teoría de juegos no-cooperativos predice que la comunicación en ausencia de acuerdos de forzoso cumplimiento no debe tener efecto sobre el comportamiento individual, por lo tanto, incluso si agentes racionales tuviesen la oportunidad de compartir información, el resultado de la interacción seguiría siendo la sobreexplotación del recurso acompañada de niveles bajos de bienestar. Ostrom, Gardner y Walker (1994) examinaron los efectos de la comunicación sobre la habilidad de los individuos para coordinar sus actividades. En particular, ellos consideran dos esquemas de comunicación: en el primero, los individuos enfrentan 10 rondas del juego, luego pueden comunicarse durante 10 minutos y posteriormente continúan jugando otra serie de rondas sin comunicación; en el segundo, los sujetos participan en 10 rondas con comunicación restringida y a partir de la onceava ronda todos poseen la oportunidad de comunicarse durante algunos minutos previos a la toma de decisión en cada ronda subsiguiente.

Bajo el primer esquema de comunicación, los ingresos promedio ascendieron a cerca del 75% del nivel óptimo durante las primeras 5 rondas después de la comunicación; sin embargo, a partir de ese punto los ingresos medios se redujeron. Si bien la comunicación permitió promover la cooperación, la ausencia de comunicación en rondas posteriores no permitió mantener la cooperación indefinidamente. Por otro lado, bajo el segundo esquema, los individuos identificaron la estrategia óptima de grupo, la cual fue aceptada por todos. La comunicación repetida le permitió a los grupos mantener la cooperación en niveles tales que los ingresos medios de los grupos se mantuvieron entre el 97% y 100% del nivel óptimo.

▪ Simulación Basada en Agentes en el Estudio de Recursos de Uso Común

Cuando la apropiación de un recurso de uso común por parte de un gran número de individuos se realiza como una fuente de actividad económica, el bienestar general de la mayoría de individuos se ve afectado por las decisiones de apropiación de los demás. Cada individuo debe entonces tomar una decisión teniendo en cuenta el efecto que las decisiones de los otros pueden tener sobre su bienestar económico. Cuando los apropiadores actúan de manera independiente, los beneficios totales netos en la mayoría de las situaciones son menores a aquellos que recibirían si logran coordinar sus estrategias. El problema que enfrentan los apropiadores es entonces de organización. La complejidad de la interdependencia de las relaciones participantes-medio hacen que los arreglos institucionales sean difíciles de estudiar. Por un lado, los incentivos que determinan el comportamiento individual de los apropiadores dependen de las condiciones del sistema recursos y por otro lado, el comportamiento individual que modifica el flujo de unidades de recurso a su vez afecta al estructura y funcionamiento del sistema de recursos.

La compleja naturaleza de las interacciones entre individuos que explotan un recurso de uso común ha motivado el uso de modelos de simulación basados en agentes, con el fin de complementar los resultados observados en los estudios de campo, los experimentos de laboratorio y los modelos teóricos. Rossi *et al.* (1997) mediante un modelo de aprendizaje reforzado encuentra que la cantidad de cooperación alcanzada por agentes adaptativos con racionalidad acotada y motivados por el interés propio puede ser explicada por la estructura de pagos individuales de los agentes. Las simulaciones de Rossi *et al.* (1997). Refleja resultados similares a los encontrados en estudios experimentales: niveles considerables de cooperación entre

grupos pequeños (no más de 10 individuos) y baja tentación por cometer defección. Los autores argumentan que estos resultados pueden ser explicados por la naturaleza miope-adaptativa de los agentes del modelo.

Por otro lado, Deadman *et al.* (2000) en un modelo de simulación basado en agentes logra replicar los resultados obtenidos por Ostrom *et al.* (1994) en sus experimentos. Entre otros aspectos, Deadman encuentra el fuerte efecto que la comunicación puede tener sobre los niveles de cooperación y el uso sostenible del recurso. Janssen y Ostrom (2006) diseñan un modelo en el cual se considera explícitamente la emergencia de instituciones en una población de agentes heterogéneos. Cada agente se enfrenta a una situación de uso de un recurso de uso común, pero además debe tomar la decisión de si implementar o no una institución capaz de regular el nivel de explotación global. El resultado principal del trabajo de Janssen y Ostrom (2006) es que los agentes requieren experimentar varias crisis de sobreexplotación del recurso antes de encontrar óptimo la implementación de la institución. Por lado, ellos encuentran que bajo algunas condiciones del sistema, una vez la institución está operando, ésta es capaz de coordinar las acciones de los agentes, mejorar el bienestar económico y contribuir a la sostenibilidad ecológica del recurso.

Más recientemente, Bravo (2011) modela un escenario de administración de un recurso forestal, centrándose en la relación entre las creencias individuales de los agentes y los cambios institucionales a nivel macro. Más específicamente, cada agente además de tener acceso a información pública sobre el estado actual del recurso, también posee información privada que le permite decidir sobre la mejor acción requerida para alcanzar un estado deseable. Las creencias agregadas de los agentes sirven para determinar una regla institucional que modifica las acciones de los agentes lo cual a su vez conduce a un nuevo sistema de creencias.

Bravo (2011) encuentra que: primero, debido a la competencia entre agentes las creencias por sí mismas son insuficientes para permitir el manejo sostenible del recurso; segundo, la introducción de la posibilidad de implantar y mantener instituciones mejora el uso del recurso tanto económica como ecológicamente (esto bajo cierto rango de parámetros); y tercero, la dinámica del modelo reproduce algunos hallazgos encontrados en situaciones reales, a saber, las instituciones suelen emerger después de crisis de sobreexplotación y posteriormente su implantación mejora el bienestar económico apropiadores así como la sostenibilidad del recurso. A la luz de estas observaciones, en esta sección nos proponemos analizar mediante el uso de un modelo de simulación basado en agentes como las estructuras de comunicación definidas mediante estructuras de red pueden mejorar el bienestar social y prevenir la destrucción de un recurso de uso común.

Modelo Base

El modelo propuesto emplea un escenario pesquero de comunidad pequeña. No obstante, éste puede ser adaptado a otros contextos y a las particularidades de otros bienes de uso común. Las simulaciones en el escenario base se centran en relación directa entre el nivel de explotación y la sostenibilidad del recurso cuando los individuos son completamente miopes de modo que ignoran tanto la información externa como las consecuencias de sus acciones en el futuro inmediato y de largo plazo.

Sea $M_t \geq 0$ la cantidad de peces en el lago en el día t y \bar{M} la capacidad de carga de la población de peces. Asumiremos que los peces están homogéneamente ubicados a lo largo del lago, de modo que todos los pescadores poseen igual chance de pesca. Sea N el número de pescadores. Si el pescador i decide salir a pescar en el día t entonces la cantidad de peces que puede pescar se distribuye Bernoulli con probabilidad de éxito

$p_t = G\left(\frac{M_t}{M}\right)$ con $G(x) = \exp(-\beta(-\ln(x))^\alpha)$. En general, al ser $G(\cdot)$ una función creciente, la probabilidad de éxito es proporcional al número de peces en el lago. Más particularmente, si $\alpha = \beta = 1$, entonces $G(x) = x$, de modo que la probabilidad de éxito es lineal en la cantidad de peces. Nótese que al ser M_t una variable desconocida por el pescador, entonces p_t también lo es.

Supondremos que el costo en el que incurre el pescador por salir a pescar en el día t es constante e igual a $c \in (0,1)$. Sea $q_t^i \in \{0,1\}$ la cantidad pescada por el pescador i en el día t , entonces el beneficio del pescador está dado por:

$$\pi_t^i = q_t^i - c \quad (11)$$

Supondremos que el pescador no posee información alguna a cerca del nivel de pesca obtenido por otros pescadores, de modo que no puede realizar conjetura alguna sobre la probabilidad de éxito en el instante t . Sería posible pensar que el pescador puede estimar la probabilidad de éxito como un promedio de sus niveles de pesca observados en el pasado, sin embargo, este estimativo no es adecuado, ya que la probabilidad de éxito varía en el tiempo de acuerdo con la cantidad de peces en el lago. Con esta restricción asumiremos que los pescadores adoptan el siguiente comportamiento: si el pescador i observa un beneficio $\pi_t^i \geq 0$ en t entonces él decide salir a pescar en $t + 1$; por el contrario, si él observa $\pi_t^i < 0$, entonces sale a pescar en $t+1$ con una probabilidad $\rho \in (0,1]$. Dada una tasa $0 < r < 1$ de reproducción de los peces, éstos se multiplican en la población de acuerdo con la ecuación de Verhulst, es decir,

$$M_t = M_{t-1} + rM_{t-1} \left(1 - \frac{M_{t-1}}{M}\right) \quad (12)$$

Finalmente, supondremos que en el instante $t = 1$ todos los pescadores salen a pescar.

Simulaciones del modelo base

Las simulaciones del modelo base se realizaron para diferentes valores del parámetro p que denota la probabilidad con la cual un pescador que ha observado beneficios negativos en el pasado decide salir a pescar en el periodo actual. Los parámetros empleados en las simulaciones se listan enseguida:

TABLA 1
PARÁMETROS GENERALES DE LAS SIMULACIONES.

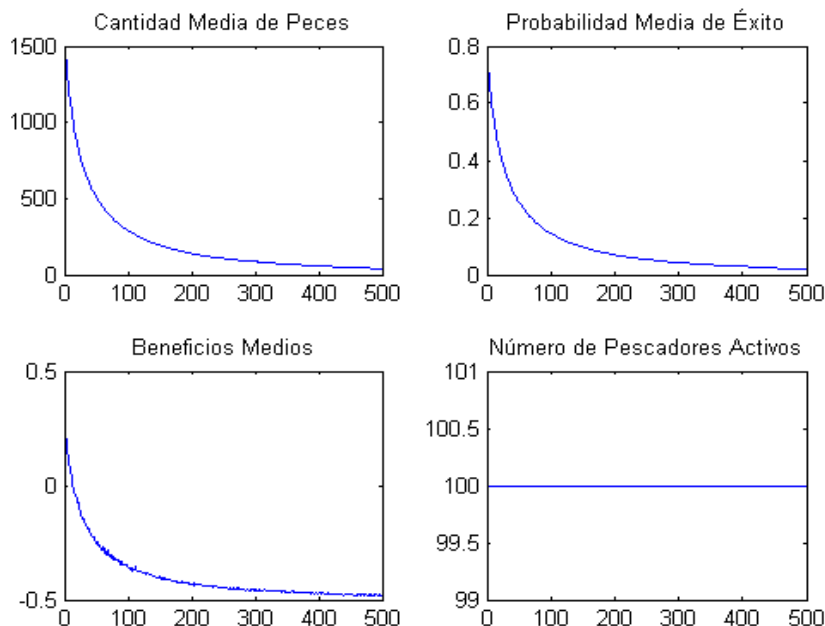
Parámetro	Descripción	Valor
N	Número de agentes	100
T	Número de periodos	1000
r	Tasa de reproducción de los peces	0.05
c	Costo de pesca	0.5
α	Parámetro de la probabilidad de éxito	1
β	Parámetro de la probabilidad de éxito	1
M_0	Cantidad inicial de peces	1500
\bar{M}	Capacidad de carga	2000

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados que se presentan a continuación corresponden a los valores promedio en 100 repeticiones. Cuando los pescadores salen a pescar en cada periodo independientemente de los beneficios observados en el pasado, la cantidad de peces se agota en el largo plazo, lo cual hace que la probabilidad de éxito tienda a cero de modo que los ingresos medios per cápita se acercan a cero reduciendo los beneficios de cada pescador hasta $\pi = -c$ (véase la figura 1).

FIGURA 1

$$p=1$$

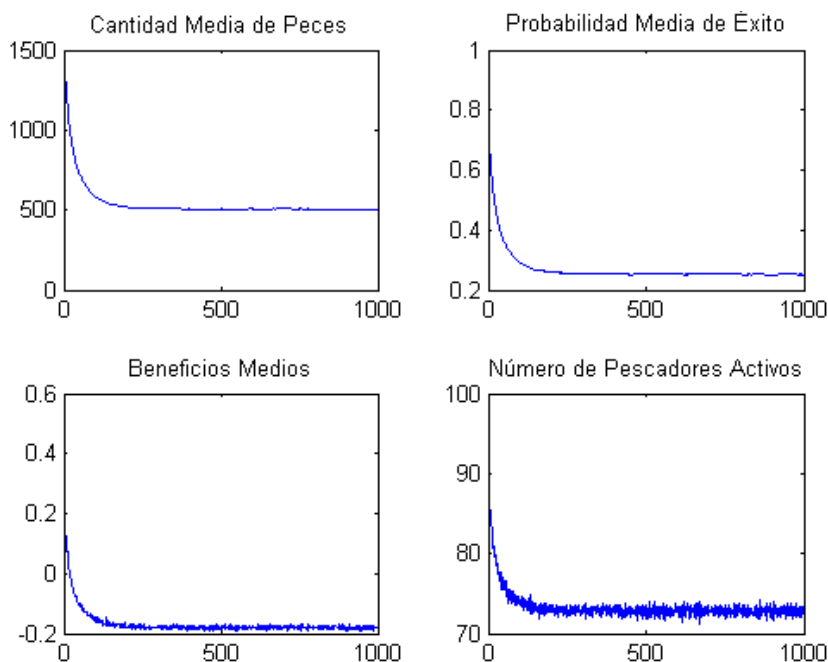


Fuente: Elaboración propia.

Consideremos ahora el caso en el cual cada pescador sale a pescar en $t + 1$ con $1/2$ de probabilidad cada vez que observa un beneficio negativo en t . En este escenario, el número de pescadores activos se reduce hasta mantenerse alrededor de 70 pescadores, con lo cual el nivel de explotación reduce la cantidad de peces disponibles en el lago hasta 540 unidades. Así, la probabilidad de éxito se acerca a $p=0.27$, de modo que los beneficios per cápita tienden $\pi = p - c = -0.23$.

FIGURA 2

$$p = 1/2$$



Fuente: Elaboración propia.

En general se observa que la sobreexplotación del recurso trae consigo la reducción del bienestar económico general. La continua reducción en la cantidad de peces en el lago disminuye la probabilidad de éxito hasta niveles muy bajos, lo cual a su vez lleva los ingresos per cápita por debajo de los costos, haciendo que los pescadores incurran en pérdidas económicas.

Conceptos Básicos de Redes Sociales

Típicamente se observa que las interacciones entre individuos tienen lugar de manera local, esto es, cada individuo se relaciona con un grupo pequeño de la población. La forma más simple de incorporar este tipo de restricciones de comunicación en el análisis de las interacciones sociales es considerar que los agentes del sistema están situados cada uno sobre el nodo (vértice) de un grafo, y que los links (aristas) que conectan los nodos representan las conexiones entre los correspondientes individuos. La teoría de grafos ofrece un conjunto de herramientas y conceptos que permiten realizar análisis estructurales de las relaciones sociales. En las últimas décadas la investigación sobre estructuras de redes ha centrado su atención en diferentes formas de redes aleatorias que pueden ser consideradas como potenciales estructuras de conectividad entre los individuos de un sistema social (para un análisis más detallado véase Albert y Barabási, 2002).

La estructura de conexiones de una red puede ser caracterizada por un conjunto amplio de propiedades topológicas. En lo que sigue consideraremos grafos de estructura conexa, es decir, aquello en los cuales para todo par de nodos siempre existe un camino a través de las aristas del grafo que los conecta. La teoría de grafos define el grado z_x del nodo x como el número de vecinos conectados con x . En el caso de grafos aleatorios, la distribución de grado $f(z)$ determina la probabilidad de encontrar exactamente z vecinos conectados con algún jugador. Por ejemplo, en estructuras regulares¹⁶⁶ (como un lattice) el grado es uniforme, es decir, $f(z) = \delta(z_0)$, donde $\delta(\cdot)$ es la función delta de Dirac y z_0 es el grado de la red; en los denominados grafos libres

¹⁶⁶ Una estructura se dice regular si el número de links que emanan del nodo es el mismo para todo nodo.

de escala (free-scale graph) el grado es $f(z) \propto z^{\gamma}$, con $2 < \gamma < 3$ (típicamente), de modo que este tipo de estructuras exhiben una ley de potencia en la distribución de sus nodos.

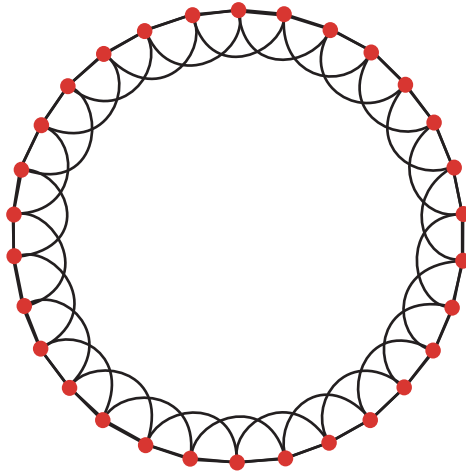
Las redes reales, sin embargo, poseen propiedades topológicas que se encuentran en medio de este tipo de estructuras de red. Es común clasificar las estructuras de acuerdo con su distribución de grado como sigue: (1) grafos de libres de escala, caracterizados por una ley de potencia para valores grandes de z ; (2) grafos libres de escala truncados, los cuales exhiben una ley de potencia extendida a partir de cierto valor z_{\min} ; y (3) grafos de escala única con grado característico (Amaral, *et al.*, 2000). En la teoría de grafos el coeficiente de agrupamiento de un vértice en un grafo cuantifica cómo está de agrupado (o interconectado) con sus vecinos. Más específicamente, el coeficiente de agrupamiento C_x del nodo x es la proporción de aristas entre los nodos de sus vecinos respecto del número de potenciales aristas que pueden existir entre ellos. Si el vértice está agrupado como un clique su valor es máximo, mientras que un valor pequeño indica un vértice poco agrupado en la red. Duncan J. Watts y Steven Strogatz (1998) introducen ésta medida para determinar si un grafo es una red de mundo pequeño. La forma más usual de analizar el grado de agrupamiento de una red es considerar el valor promedio \bar{C} de agrupamiento de todos sus nodos.

▪ Redes regulares

La estructura de red más simples es el denominado grafo regular, el cual está caracterizado por: (i) el grado z_x de todo nodo x de la red es fijo e igual a z_0 ; las conexiones entre nodos siempre son con los vecinos más cercanos (red tipo Von Neumann) o con los vecinos más cercano y siguientes más cercanos (red tipo Moore).

En muchos casos las redes regulares proveen una estructura inicial para la comprensión de escenarios de interacción más reales. La siguiente figura ilustra una red regular de grado 4 tipo Moore.

FIGURA 3
RED REGULAR

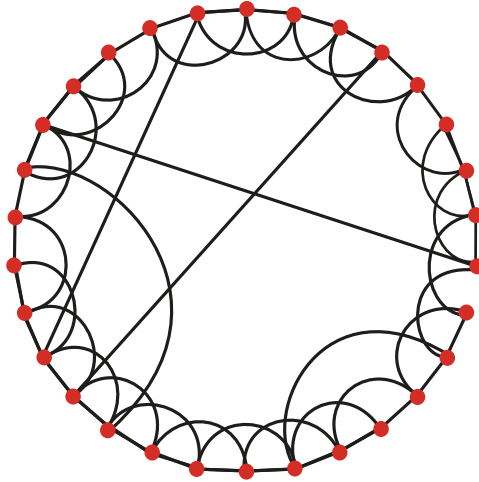


Fuente: Elaboración propia.

▪ Red de mundo pequeño

Una red de mundo pequeño es creada a partir de una red regular mediante la reconstrucción de una fracción q fija de conexiones de forma tal que cada nodo conserve su grado (véase la figura 4). La característica principal de una red de mundo pequeño es que la mayoría de sus nodos no son vecinos entre sí, sin embargo la mayoría de los nodos pueden ser alcanzados desde cualquier nodo origen a través de un número relativamente corto de saltos entre ellos.

FIGURA 4
RED DE MUNDO PEQUEÑO



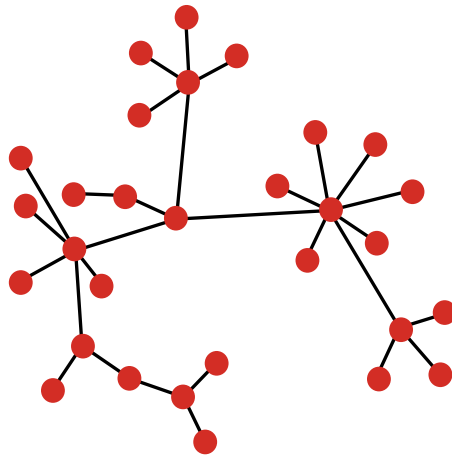
Fuente: Elaboración propia.

En una red de mundo pequeño, la distancia media \bar{l} entre dos nodos (número de pasos que los separan) elegidos aleatoriamente crece proporcionalmente al logaritmo del número de nodos N de la red, esto es: $\bar{l} \propto \ln N$. Además, este tipo de redes poseen valores altos de coeficiente de agrupamiento, \bar{C} . El modelo usual para construir redes de mundo pequeño fue propuesto originalmente por Watts y Strogatz (1998) y comienza con una red regular en la que existen N nodos en forma de anillo; en esta red cada nodo está conectado a sus primeros k vecinos ($k/2$ por cada lado). En seguida, se selecciona un nodo de la red aleatoriamente y se reconstruye su conexión con una probabilidad $p > 0$, como se muestra en la figura 4.

▪ Grafos libres de escala

Una característica común que comparten las redes regulares y las redes de mundo pequeño es que poseen distribuciones de grado muy concentradas alrededor del grado medio \bar{z} , por cuanto la ocurrencia de nodos con grado $z \gg \bar{z}$ es poco o nada probable. Existen sin embargo, muchas redes reales (por ejemplo, la internet) en las cuales la presencia de nodos con un grado muy elevado es importante y es originada en el proceso normal de formación de la red. Una red libre de escala es un tipo específico de red compleja en la cual algunos pocos nodos están altamente conectados, es decir, poseen un gran número de enlaces a otros nodos, aunque el grado de conexión de casi todos los nodos es bastante bajo (véase la figura 5). Más precisamente, una red libre de escala exhibe una distribución de grado que sigue una ley de potencia (al menos asintóticamente), esto es, su distribución de grado es $f(z) \propto z^{-\gamma}$, donde el parámetro γ típicamente se encuentra en el rango $2 < \gamma < 3$.

FIGURA 5
RED LIBRE DE ESCALA



Fuente: Elaboración propia.

Recientemente, muchos modelos han intentado reproducir las principales características de este tipo de redes. En lo que sigue discutiremos el procedimiento sugerido por Barabási y Albert (1999) para la construcción de una red que exhibe propiedades de libre escala. El algoritmo empieza con k nodos conectados y en cada paso t se adiciona un nodo conectado a m diferentes nodos ya existentes. Más precisamente, para modelar el fenómeno “plata llama plata”, cada nuevo nodo es conectado a un nodo ya existente x con una probabilidad p_x que depende de su grado de la siguiente forma (conexión preferencial lineal):

$$p_x = \frac{z_x}{\sum_y z_y} \quad (13)$$

Después de t pasos este grafo aleatorio posee $N=k + t$ nodos y $k + tm$ aristas. Para un t (o N) grande, la distribución de grado exhibe un comportamiento de ley de potencia, $f(z) \propto 2mz^{-\gamma}$ con $\gamma = 3$. Naturalmente, el grado medio de conectividad es $z = m$.

Un Modelo Simplificado de la Explotación de RUC con Interacciones Sociales

Consideremos nuevamente el modelo base de interacciones aisladas. Supongamos ahora que los pescadores están relacionados mutuamente y que dichas relaciones están descritas a través de un grafo. Cada nodo del grafo caracteriza a un pescador y los links que unen los nodos describen las relaciones entre los pescadores. Asumiremos además que cada pescador comparte la información de su pesca con todos aquellos pescadores con los cuales está conectado, de modo que cada pescador puede inferir la probabilidad de éxito de pesca como un promedio de los niveles de pesca observados por sus vecinos. Más precisamente,

sea $\Omega_i(t)$ el conjunto de pescadores con los cuales el pescador i está conectado tales que salieron a pescar en el tiempo t , entonces i conoce la cantidad pescada $q_t^j \in \{0,1\}$ para cada $j \in \Omega_i(t)$. De esta forma, el pescador i puede estimar la probabilidad de éxito en el día $t \geq 1$ como:

$$\hat{p}_t^i = \frac{\sum_{j \in \Omega_i(t)} q_t^j}{|\Omega_i(t)|} \quad (14)$$

Donde $|\Omega_i(t)|$ denota el cardinal del conjunto Ω_i . Nótese que el estimador \hat{p}_t^i es una cota inferior de la probabilidad media de éxito en el periodo $t+1$, ya que al principio de dicho periodo la cantidad de peces M_{t+1} es estrictamente superior a la cantidad de peces disponibles al final del periodo M_t , pues la población de peces ha crecido de acuerdo con la tasa r (recuerde que la probabilidad de éxito es proporcional a la cantidad de peces).

Con esto, supondremos que el pescador i calcula el beneficio esperado por pescar en el día $t+1$ como:

$$\hat{\pi}_{t+1}^i = \hat{p}_t^i - c \quad (15)$$

Así, el pescador i decide salir a pescar en el día $t + 1$ si $\hat{\pi}_{t+1}^i \geq 0$.

▪ Simulaciones para diferentes valores de \bar{z}

La implementación numérica del modelo se realizó para 4 distintos tipos de redes sociales: red regular, red aleatoria, red de mundo pequeño y red libre de escala. En primera instancia se considera cómo el grado medio de conectividad \bar{z} en cada topología de red afecta la sostenibilidad del recurso y el bienestar

económico de los pescadores. Los parámetros empleados en las simulaciones corresponden a los listados en la tabla 1.

Una red regular constituye un escenario extremo en el cuál se supone que las relaciones entre los miembros de una sociedad siguen un patrón determinístico conocido y ordenado. Por otro lado, una red aleatoria puede ser empleada como una primera aproximación en la cual la estructura de las relaciones sociales es completamente desconocida, excepto por el número de vértices y aristas.¹⁶⁷ Sin bien, las redes aleatorias son un buen punto de partida en el análisis de procesos sociales, ellas carecen de propiedades que en general son muy comunes en las redes sociales reales. Por ejemplo, es más natural que dos personas estén socialmente conectadas si ellos tienen conocidos en común. A este fenómeno se le denomina agrupamiento, y está completamente ausente en las redes puramente aleatorias, ya que la posibilidad de que dos nodos estén conectados en este tipo de redes es completamente independiente del resto de la red y de su estructura. Otro tipo de característica común en algunas redes sociales reales es que aquellos nodos altamente conectados poseen una mayor probabilidad de conectarse con nuevos nodos incorporados a la red, de modo que la distribución de grado exhibe una ley de potencia.

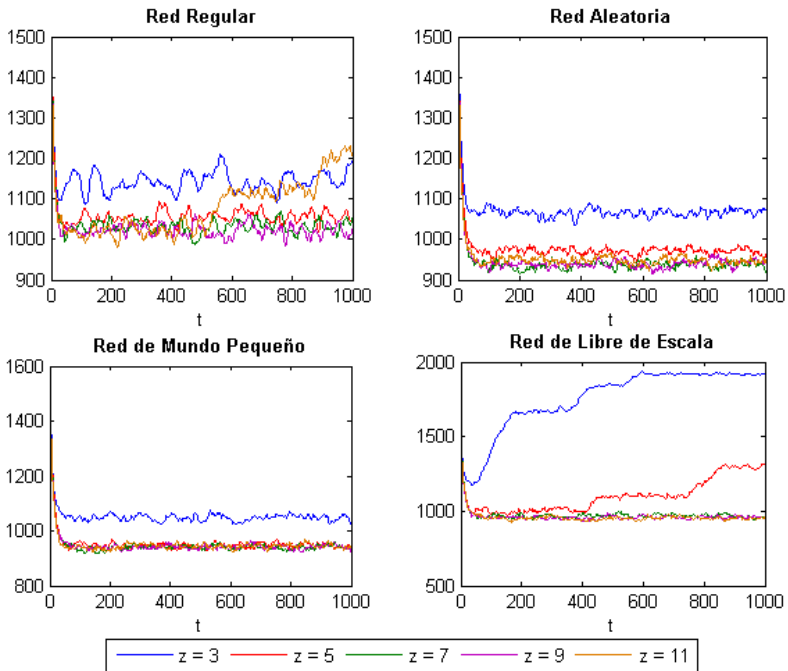
El fenómeno de agrupamiento está bien capturado en las redes de mundo pezen sociedades pequeñas parcialmente organizadas en las cuales pequeños grupos están organizados alrededor de miembros que a su vez están conectados con otros grupos pequeños (como en la figura 5).

Los resultados que se presentan a continuación corresponden a los valores promedio en 100 repeticiones. Se pueden destacar los

¹⁶⁷ El algoritmo que empleamos para la construcción de una red aleatoria asigna las aristas a pares de vértices elegidos leatoriamente.

siguientes hechos generales en cuanto a la evolución de la cantidad de peces en el lago (véase la figura 6): (i) la cantidad M_t de peces en el lago disminuye rápidamente a un valor cercano a la mitad de la capacidad de carga de la población de peces; (ii) a medida que se incrementa el grado de asociación entre los pescadores, la volatilidad en la explotación del recurso disminuye (excepto tal vez en el caso de la red regular); y (iii) la explotación del recurso pesquero se hace sostenible en el largo plazo, particularmente la cantidad de peces nunca disminuye por debajo del 45% de la capacidad de carga de la población de peces.

FIGURA 6
EVOLUCIÓN DE LA CANTIDAD DE PECES

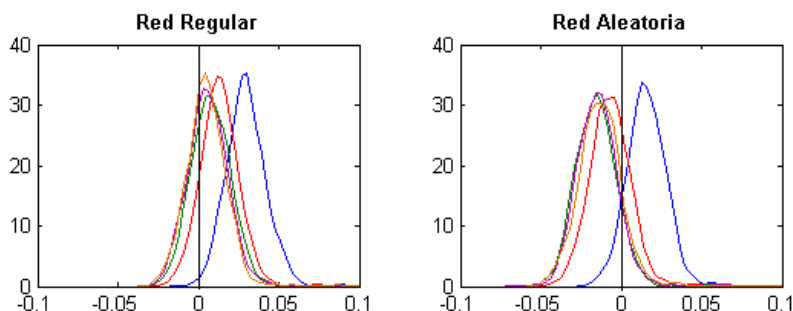


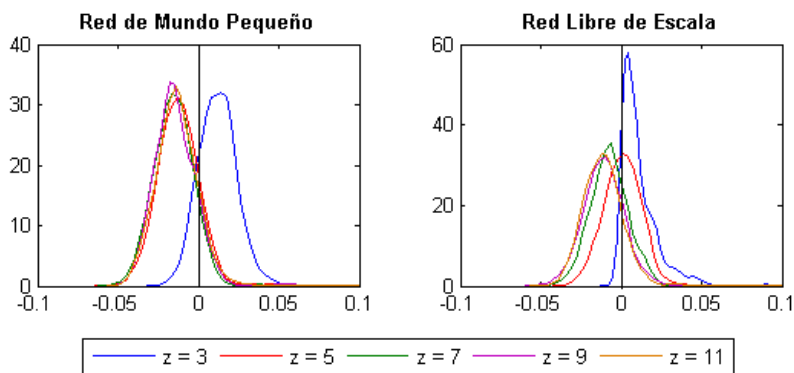
Fuente: Elaboración propia.

Previamente en los resultados del modelo base habíamos observado que: primero, si todos los pescadores salían a pescar a diario entonces la población de peces desaparecía en el largo plazo, y el bienestar económico medio de los pescadores tendía a $-c < 0$; y segundo, si salían a pescar eventualmente (con una probabilidad de $1/2$) cada vez que experimentaban beneficios negativos el día anterior, entonces el recurso no descendía por debajo el 25% de su capacidad de carga, pero el bienestar económico de los pescadores se reducía hasta cerca de $-c/2 < 0$.

Si bien, en el caso en el que las interacciones se realizan de manera aisladas es posible mantener algún nivel de sostenimiento del recurso, su sobreexplotación trae consigo, sin embargo, la reducción del bienestar económico general. ¿Será que este resultado continúa presente incluso cuando los pescadores tienen oportunidad de comunicarse? La figura 7 ilustra la distribución media de los beneficios de cada red para diferentes grados medio de conectividad.

FIGURA 7
DISTRIBUCIÓN MEDIA DE LOS BENEFICIOS





Fuente: Elaboración propia.

Se observa que: (i) a medida que se incrementa el grado de conectividad, los beneficios pasan de ser positivos a negativos, aunque en promedio nunca se reducen por debajo de -0.025 , cifra muy superior a la observada bajo interacciones aisladas; (ii) sólo en el caso de la red regular el beneficio medio es constantemente positivo; (iii) para grados suficientemente elevados de conectividad ($\bar{z} > 5$) las diferencias en distribución de los beneficios no son significativas; (iv) la volatilidad de los beneficios en general es similar tanto entre topologías, como entre grados de conectividad.

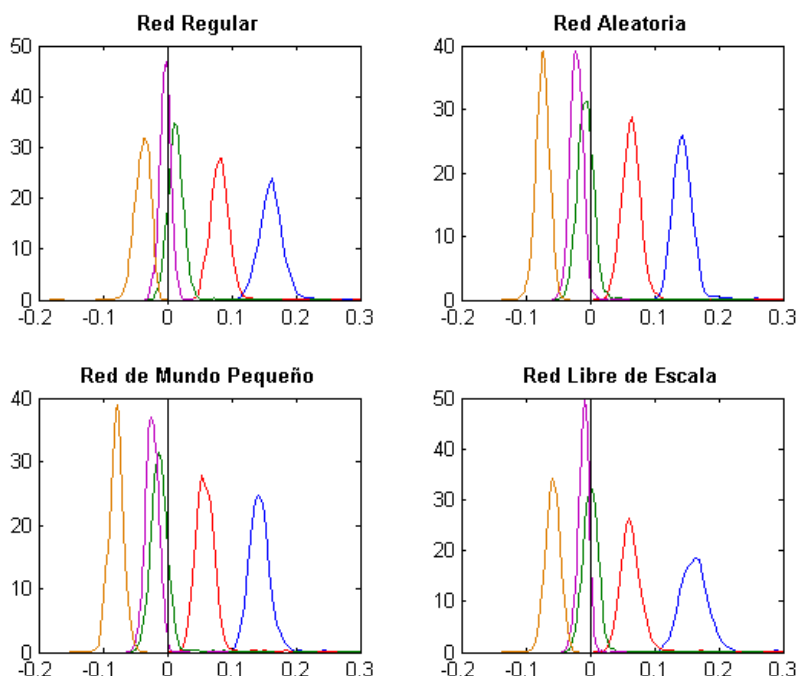
▪ Simulaciones para diferentes valores del costo c

Consideremos ahora el efecto que poseen las variaciones del costo de pesca tanto en el bienestar económico, como en la sostenibilidad del recurso. Ex ante se puede inferir que al incrementarse el costo de pesca los beneficios medios se reducen y los pescadores encuentran menos provechoso salir a pescar tan frecuentemente, de modo que el recurso logra mantenerse en niveles de sostenimiento más elevados. La figura 8 ilustra la

distribución media de los beneficios para diferentes valores de c manteniendo el grado medio de conectividad en $\bar{z} = 5$.

FIGURA 8

DISTRIBUCIÓN MEDIA DE LOS BENEFICIOS.

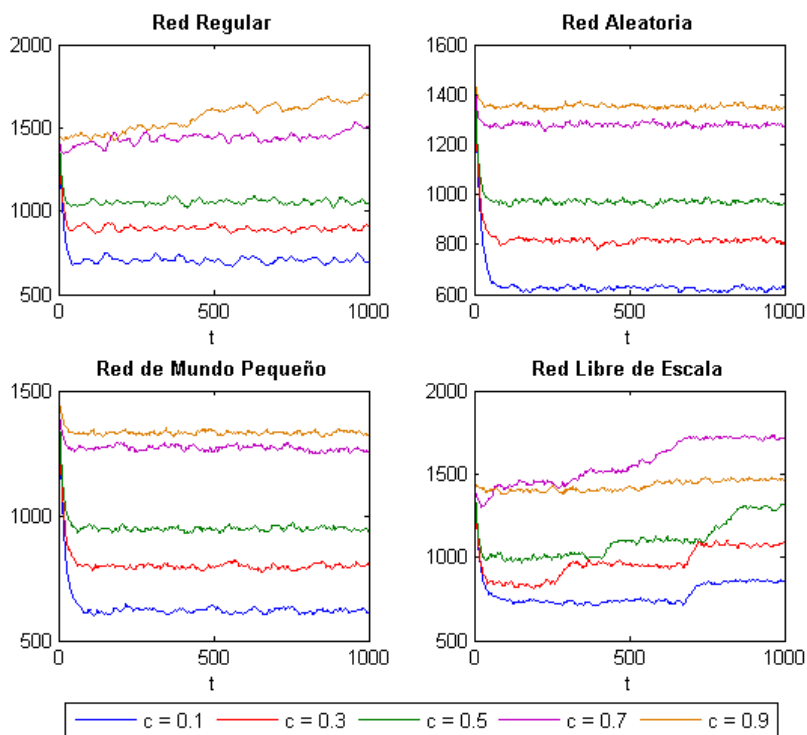


Fuente: Elaboración propia.

Efectivamente se observa (figura 8), que a medida que el costo de pesca se incrementa el beneficio medio se reduce independientemente de la topología de red. Sólo cuando el costo toma valores entre $0 < c \leq 0.4$, los beneficios medios son positivos. No obstante, incluso cuando el costo es extremadamente elevado (superior a 0.7), el beneficio medio no se reduce más allá de -0.09. ¿Qué podemos decir acerca de la sostenibilidad de los peces en el lago? La figura 9 muestra la evolución de la cantidad de peces.

FIGURA 9

EVOLUCIÓN DE LA CANTIDAD DE PECES



Fuente: Elaboración propia.

Como se anticipó previamente, a medida que el costo de pesca se reduce, el nivel de explotación se incrementa reduciendo la cantidad de peces disponibles en el lago. En el caso más extremo, cuando el costo es $c=0.1$, la cantidad de peces nunca se reduce por debajo del 30% de su capacidad de carga.

Conclusiones

El problema de los recursos de uso común, RUC, plantea grandes retos tanto a nivel teórico como a nivel de política. A nivel teórico, este tipo de bienes caracterizado por altos costos exclusión, sumado al comportamiento maximizador y egoísta de los agentes daría como resultado su sobreexplotación o deterioro, lo que generaría un menor grado de bienestar social. Desde la perspectiva teórica los mecanismos tradicionales de mercado o centralización de su manejo, no permitirían su garantizar su preservación, ni en términos cuantitativos ni cualitativos. Esta predicción teórica daría como resultado una tragedia a menos que logren conciliarse los intereses individuales con los intereses colectivos.

No obstante, dichas predicciones no coinciden con los trabajos empíricos y experimentales. Este resultado hace pensar que se requiere el uso de nuevos conceptos o nueva herramientas para entender la naturaleza del fenómeno. Las herramientas teóricas utilizadas hasta el momento, en particular la teoría de juegos en sus diferentes modalidades ha mostrado las posibilidades y las limitaciones en análisis de los RUC. En términos generales e independientemente de si la interacción es realizada solamente o una vez o no, actualmente no existe una teoría que permita entender la manera en que las comunidades han “resuelto el problema de los RUC”. No ha sido a través del mecanismo descentralizado del mercado, ni el manejo centralizado por parte del Estado, la forma en que se ha resuelto este dilema social.

El uso de nuevas herramientas de análisis económico, en este caso las redes sociales, aporta nuevas ideas sobre el manejo de los RUC. Un tema presente a lo largo de este capítulo tiene que ver con la comunicación entre los miembros de una comunidad. Del trabajo realizado en la última sección se puede decir que la comunicación promueve el mejoramiento del bienestar económico

agregado y la sostenibilidad ambiental del recurso. Esta mejora depende, en mayor o menor medida, del grado de conectividad de los pescadores, de la topología de sus relaciones sociales y del costo de pesca. Los resultados sin embargo son robustos ante las distintas formas de asociación de los pescadores.

Bibliografía

- Albert, R. y A.-L. Barabási (2002), "Statistical Mechanics of Complex Networks", *Reviews of Modern Physics*, vol. 74, núm. 1, pp. 47-97.
- Amaral, L. A. N., A. Scala, M. Barthelemy y H. E. Stanley (2000), "Classes of Small-world Networks", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 97, núm. 21, pp. 11149-11152.
- Aumann, R. (1974), "Subjectivity and Correlation in Randomized Strategies", *Journal of Mathematical Economics*, vol. 1, núm. 1, pp. 67-96.
- Axelrod, R. (1984), *La Evolución de la Cooperación*. Madrid, Alianza.
- Barabasi, A.-L. y R. Albert (1999), "Emergence of Scaling in Random Networks", *Science*, vol. 286, núm. 5439, pp. 509-512.
- Benavides, O. (2012), "Bienes de Uso Común e Interacción Estratégica: El Legado de Elinor Ostrom", Seminario-Taller: Economic Governance and Institutional Design, UAM, México.
- Bowles, S. y H. Gintis (2011), *A Cooperative Species-Human Reciprocity and its Evolution*, Princeton, Princeton University Press.
- Bravo, G. (2011), "Agents Beliefs and the Evolution of Institutions for Common-Pool Resource Management", *Rationality and Society*, vol. 23, núm. 1, pp. 117-152.
- Cárdenas, J. C. (2010), "Being a Student of Elinor Ostrom", *Transnational Corporations Review*, Ottawa United Learning Academy, vol. 2, núm. 2, pp. 127-129.

- ___(2003), “Real Wealth and Experimental Cooperation: Experiments in the Field Lab”, *Journal of Development Economics*, vol. 70, núm. 2, pp. 263–289.
- ___(2000), “How Do Groups Solve Local Commons Dilemmas? Lessons from Experimental Economics in the Field”, *Journal of Environment, Development and Sustainability*, vol. 2, núm. 3, pp. 305–322.
- Chávez A. y A. Lara (2012), “Identidad y Cooperación en los Recursos de Uso común”, Seminario-Taller: Economic Governance and Institutional Design, UAM, México
- Dawes, R. M. (1973), “The Commons Dilemma Game: An N-Person Mixed-Motive Game with a Dominating Strategy for Defection”, *Oregon Research Institute Research Bulletin*, vol. 13, núm. 2, pp. 1–12.
- Deadman, P., E. Schlager y R. Gimblett (2000), “Simulating Common Pool Resource Management Experiments with Adaptive Agents Employing Alternate Communication Routines”, *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, vol. 3, núm. 2. URL: <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/3/2/2.html>.
- Ehrenfeld, D. W. (1972), *Conserving Life on Earth*. Oxford, Oxford University Press.
- Elster, J. (2007), *Explaining Social Behavior*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Friedman, J. (1971), “A Noncooperative Equilibrium for Supergames”, *Review of Economic Studies*, vol. 38, núm. 103, pp. 1-12.
- Gordon, H. S. (1954), “The Economic Theory of a Common-Property Resource: The Fishery”, *Journal of Political Economy*, vol. 62, núm. 2, pp. 124-142.
- Hardin, G. (1968), “The Tragedy of Commons”, *Science New Series*, vol. 162, núm. 3859, pp. 1243-1248.
- Janssen, M. A. y E. Ostrom (2008), “TURFs in the Lab: Institutional Innovation in Real-Time Dynamic Spatial Commons”, *Rationality and Society*, vol. 20, núm. 4, pp. 371–397.

- ___ (2006), "Adoption of a New Regulation for the Governance of Common-Pool Resources by a Heterogeneous Population", en: Jean-Marie Baland, Pranab Bardhan y Samuel Bowles (eds.), *Inequality, Cooperation and Environmental Sustainability*, pp. 60-96. Princeton, Princeton University Press.
- Janssen, M. A., R. L. Goldstone, F. Menczer y E. Ostrom (2008), "Effect of Rule Choice in Dynamic Interactive Spatial Commons", *International Journal of the Commons*, vol. 2, núm. 2, pp. 288-312.
- Jiménez F. (2012), "Identidad y Cooperación en los Recursos de Uso común: Modelos de simulación con autómatas celulares", Seminario-Taller: *Economic Governance and Institutional Design*, UAM, México
- Lara, A. (2012), "El papel de la teoría de la elección racional en el progreso científico de Elinor Ostrom", Seminario-Taller: *Economic Governance and Institutional Design*, UAM, México
- Lara A. y I. Barrientos (2012), "¿Es necesaria una teoría multinivel del Agente?", Seminario-Taller: *Economic Governance and Institutional Design*, UAM, México
- Loewenstein, G. y D. Prelec (1992), "Anomalies in Intertemporal Choice: Evidence and an Interpretation", *The Quarterly Journal of Economics*, MIT Press, vol. 107, núm. 2, pp. 573-97.
- Milinski, M., D. Semmann y H.-J. Krambeck (2002), "Reputation Helps Solve The Tragedy of the Commons", *Nature*, vol. 415, núm. 6870, pp. 424-426.
- Muller, R. A. y F. Whillans (2008), "A Common Pool Resource Experiment with a Dynamic Stock Externality", Working paper.
- North, D. C. (1990), *Institutions, Institutional Change and Economic Performance*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Ostrom, E. (2010), "Analyzing Collective Action", *Agricultural Economics*, International Association of Agricultural Economists, vol. 41, núm. 1, pp. 155-166.
- ___ (1990), *Governing the Commons. The Evolution of Institutions for Collective Action*, Cambridge, Cambridge University Press.

- Ostrom, E., R. Gardner y J. Walker (1994), *Rules, Games, and Common-Pool Resources*, Ann Arbor: The University of Michigan Press.
- Rossi, A., M. Warglien y E. Zaninotto (1997), "Cooperation as Illusory Hill-Climbing: Co-adaptation and Search in Social Dilemmas", en Conte, R., Hegselmann, R. y Terna, P. (eds.), *Simulating Social Phenomena*, No. 456, en *Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*, Berlin, Springer, pp. 169-178.
- Smith, R. J. (1981), "Resolving the Tragedy of Commons by Creating Private Property Right in Wildlife", *CATO Journal*, vol. 1, núm. 2, pp. 439-468.
- Vega-Redondo, F. (2003), *Economics and the Theory of Games*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Watts, D. J. y S. H. Strogatz (1998), "Collective Dynamics of Small-World Networks", *Nature*, vol. 393, núm. 6684, pp. 440-442.

COMPLEJIDAD
Y LA TRAGEDIA DE LOS ANTICOMUNES



Propiedad intelectual, anti-comunes y evolución de la naturaleza compleja de los vehículos eléctricos

Artemio Chávez
Arturo A. Lara Rivero

Introducción

En el desarrollo de la teoría institucional de la acción colectiva (Ostrom, 1990; 2005 y Poteete et al., 2011), se encuentran diferentes problemas al de la administración de los recursos de uso común tradicionales (agua, bosques, tierra, etc.) (Heller, 2008); uno de estos se relaciona con el conocimiento.¹⁶¹ Si el conocimiento y la propiedad intelectual que se requiere para desarrollar un bien o una tecnología se encuentra fragmentado entre muchos agentes rivales, que bloquean su uso u explotación,

¹⁶¹ Ostrom (1990) reconoce el “conocimiento” como un elemento fundamental que incide sobre la acción colectiva, porque por un lado, el “conocimiento común” del problema colectivo permite a los participantes llegar a acuerdos. Y porque, por otro lado, existen distintos tipos y niveles de información entre los jugadores que inciden directamente en la configuración de la arena de acción (Ostrom, 2005). Así mismo, el conocimiento puede ser estudiado como un recurso de uso común (Hess y Ostrom, 2003).

entonces el bien puede ser subutilizado¹⁶², conduciendo a la “tragedia de los anti-comunes” (Heller, 1998).¹⁶³ Así como el concepto de la tragedia de los comunes, la tragedia de los anti-comunes está impulsando trabajo empírico, la construcción de modelos formales y el refinamiento de la teoría económica institucional. Se ha encontrado evidencia de la existencia de la tragedia de los anti-comunes en la investigación biomédica (Heller y Eisenberg, 1998), y en el desarrollo de la genómica (Van Overwalle, 2009; Osorio y Lara, en prensa). Asimismo, existen estudios que señalan que la existencia de una densa red de derechos de propiedad traslapados de tecnología complementaria tiene el efecto de impedir el proceso de innovación (Shapiro, 2001).

A pesar de que los vehículos eléctricos son bienes complejos constituidos por tecnologías complementarias, no existen estudios de la existencia de este problema en el sector automotriz. Así, el propósito de este artículo es el de reconstruir y explicar la evolución de la naturaleza tecnológica compleja de los vehículos eléctricos –a partir de la base de patentes de la Oficina de marcas y patentes de los Estados Unidos para el periodo 1976-2012¹⁶⁴– y la relación que existe entre ésta y los derechos de propiedad intelectual en posesión de diversos agentes. Las preguntas centrales de este trabajo son las siguientes: ¿De qué manera la teoría de los sistemas complejos permiten identificar la existencia y evolución de una densa red de conocimientos tecnológicos, propiedad intelectual y agentes en el desarrollo de los vehículos eléctricos? Y, ¿en qué medida la evolución de la naturaleza del

¹⁶² En tanto que la tragedia de los comunes se expresa en el agotamiento del recurso (Ostrom, 1990).

¹⁶³ Para reconstruir y explicar cómo emerge la forma del dilema social es útil considerar el estudio de la naturaleza del bien, la estructura de la situación de acción y las características de los participantes (Ostrom, 2005).

¹⁶⁴ De la base de patentes de la Oficina de Patentes y Marcas de los Estados Unidos de América, (USPTO, por sus siglas en inglés) se obtuvieron 2358 patentes vinculadas con el desarrollo de los vehículos eléctricos. Ver nota 13.

bien explica la existencia de derechos de propiedad traslapados y la tragedia de los anti-comunes?

La estructura del presente estudio es la siguiente. En la primera parte se discute sobre la naturaleza del conocimiento y se explica, en qué medida la fragmentación del mismo y de la propiedad intelectual asociada pueden generar problemas de subutilización. En la segunda parte, se describe cómo evoluciona la complejidad de un bien a partir de su arquitectura (modular/integral). En la tercera sección, se describe de forma general la actividad inventiva de los vehículos eléctricos a partir de las patentes pertinentes y se introducen a las clases tecnológicas como insumo para describir el sistema. Con base en ello y utilizando la teoría de los sistemas complejos, se explica, en la cuarta parte, cómo la invención tecnológica en los vehículos eléctricos se transformó de una red de conocimiento pequeña y desconectada a una red de conocimiento compleja, extensa y jerárquica. En la quinta sección, se presenta evidencia de que el conocimiento se encuentra fragmentado principalmente en las áreas altamente conectadas donde se encuentran localizadas empresas rivales. Así, se identifica la presencia de patentes traslapadas en el proceso de invención de los vehículos eléctricos y un escenario de anti-comunes.

Conocimiento, patentes traslapadas y anti-comunes

Siguiendo a Hess y Ostrom (2007), en este estudio se considera al conocimiento indistintamente como: datos, información o conocimiento. Es decir, los datos son una parte de la información y el ordenamiento y uso de la información es conocimiento. Si se considera al conocimiento como un recurso, cabe preguntarse de qué tipo de recurso se trata. La respuesta es que, dependiendo

de su naturaleza y del arreglo institucional en el que se encuentre puede ser tanto público, común, club o privado.¹⁶⁵

Hay dos aspectos relevantes sobre la naturaleza del conocimiento. El conocimiento es un bien intangible, pero existe en la medida que tiene una base física que lo contiene, por ejemplo: la memoria de una persona, un libro, una base electrónica de datos o una comunidad (Ostrom y Hess, 2003; Heller, 2008). De tal modo que la forma en la que este contenido determina la posibilidad o imposibilidad y grado de sustracción del bien.¹⁶⁶ Por su parte, el arreglo institucional también se encuentra determinado por la naturaleza del bien, y esto es especialmente relevante para el caso de los derechos de propiedad intelectual.¹⁶⁷ Las reglas de propiedad crean formas artificiales de exclusión (Coriat, 2011). Así, por ejemplo, una tecnología puede ser fácilmente consultada en la base de datos de patentes, relativamente fácil de reproducir pero, imposible de desarrollarse o explotarse (por lo menos legalmente) si el propietario de ese conocimiento se niega a otorgar la licencia correspondiente.¹⁶⁸

Estos dos aspectos iluminan dimensiones claves de la evolución de la capacidad inventiva en el sector de los vehículos eléctricos. En la innovación de un producto complejo como lo es el vehículo eléctrico, ninguna persona o empresa puede de manera individual desarrollar el producto, por el contrario, se requiere de una población numerosa de agentes altamente especializados. Por ello, en la medida en que el conocimiento y la

¹⁶⁵ Ver la figura 1.1 de Ostrom, 2005, p.9.

¹⁶⁶ Por ejemplo, en una biblioteca (recurso) el uso de un libro por parte de una persona impide que otra lo use simultáneamente (sustracción).

¹⁶⁷ Por ejemplo, una invención tecnológica, que es conocimiento, es relativamente fácil de proteger legalmente por medio de los derechos de propiedad intelectual, mientras que un idioma, que también es conocimiento, es propio de un régimen de dominio público.

¹⁶⁸ El avance tecnológico digital ha hecho que los espacios que contienen el conocimiento sean cada vez más económicos y fáciles de reproducir, de tal modo que tanto la rivalidad como la posibilidad de exclusión se reducen.

propiedad intelectual asociada, requeridos para el desarrollo de una tecnología compleja se encuentran fragmentados en distintas patentes complementarias (patentes traslapadas o patentes thickets), cualquier agente tiene capacidad de negarse a dar licencia (problema de retención) y por ende bloquear la innovación o incrementar sus costos. El resultado: la subutilización del bien o la tragedia de los anti-comunes (Heller, 2008).

En el centro del problema de los anti-comunes se encuentra una red de propietarios de patentes complementarias o patentes traslapadas, la cual puede ser causada por tres factores: la complejidad del bien (IPO, 2011), la estrategia de algún participante (Bessen *et al.*, 2012)¹⁶⁹ o por problemas burocráticos originados en las distintas oficinas de patentes (Bessen y Maurer, 2008).¹⁷⁰ El presente estudio, se limita *exclusivamente* a la primera causa.¹⁷¹ Para ello, se buscará inicialmente responder la siguiente pregunta: ¿Cómo representar y analizar la evolución de la arquitectura de un sistema tecnológico complejo como el de los vehículos eléctricos?

¹⁶⁹ Existen dos posibles casos en los que las patentes traslapadas tienen un origen estratégico: a) cuando una empresa o inventor, independientemente de su tamaño o participación en el mercado, bloquea con patentes un área tecnológica en la que quiera innovar (IPO, 2011) y b) cuando un tipo de entidad no practicante (*patent troll*), es decir que no se dedica a la producción, adquiere patentes para generar beneficios posteriores con su licenciamiento (Bessen *et al.*, 2012).

¹⁷⁰ Las oficinas de patentes se enfrentan a diversos problemas que afectan la calidad de la patente: un alto número de solicitudes por revisar, cambios en las tecnologías para los cuales es difícil encontrar examinadores expertos, lenguajes y codificaciones novedosas que dificultan la asignación precisa de *claims*, y un estado del arte previo cada vez más amplio que es prácticamente imposible de rastrear en su totalidad (Bessen, 2008).

¹⁷¹ El estudio de los otros dos factores requiere un tratamiento separado. Se trata de problemas que demandan un espacio y atención que escapan al presente análisis. Sin embargo, es importante señalar que la literatura y debate sobre las patentes traslapadas se ha incrementado en la última década tanto en la precisión conceptual, las múltiples causas, las formas de medir y los diversos efectos que genera el fenómeno (Heller y Eisenberg, 1998; Shapiro 2001; Clarkson y DeKorte, 2006; Bessen, 2008; Ballardini, 2009; von Gravenitz *et al.*, 2011).

Complejidad, sistema integral y sistema modular

En la teoría de la innovación tecnológica se describen dos arquitecturas que representan la manera cómo, desde el punto espacial y funcional, los componentes y las funciones interactúan. En la industria y en el sector automotriz en particular, se han identificado principalmente dos, el sistema integral y el modular (Ulrich y Eppinger, 2009). En el sistema integral todos los elementos están estrechamente vinculados con el resto. Por su parte, la arquitectura modular se define de la siguiente manera: *“modules are units in a larger system that are structurally independent of one other, but work together. The system as a whole must therefore provide a framework –an architecture—that allows for both independence of structure and integration of function.”* (Baldwin, C. J. y K. Clark, 1999, p. 63). Así, el sistema modular se divide en subsistemas o módulos, los cuales guardan una relativa autonomía entre sí, en tanto que, al interior de cada módulo sus componentes interactúan de manera estrecha.

¿Cómo representar formalmente la complejidad de estos dos sistemas?¹⁷² La teoría de los sistemas complejos brinda distintas posibilidades (Holland, 1996; Kauffman, 1993; Mandelbrot, 1997; Watts, 1999). Siguiendo a Kauffman (1993) y a Frenken *et al.* (1998), cualquier sistema se compone básicamente de un conjunto de partes (N) y de sus relaciones (k). Así, la complejidad del sistema se puede medir a partir de ambas dimensiones. Tiene mayor significado, sin embargo, la dimensión k , toda vez que refleja las posibles combinaciones de N .¹⁷³

¹⁷² Así mismo, la otra posibilidad se relaciona con la teoría económica de la innovación especializada en el análisis de los sistemas integrales y modulares (Baldwin y Clark, 1999, Sanchez y Mahoney, 2003). Por razones analíticas y de mayor riqueza conceptual e instrumental este trabajo se inclina por la teoría de los sistemas complejos.

¹⁷³ Por ejemplo, un sistema de poleas es en realidad un sistema bastante simple. Una polea adicional, potencializa de forma exponencial la reducción de la fuerza necesaria para mover un objeto, pero no vuelve más complejo al sistema. Así, si se tuviera un sistema de 10,000 poleas se podría afirmar que aumentó su grado de complejidad, sin embargo, difícilmente se podría afirmar que se hizo de forma significativa. Por otro lado, un sistema como un vehículo automotor, requiere de muchos componentes (cerca de 10,000 piezas) (Ulrich y Eppinger, 2001) que se relacionan de múltiple formas y en diferentes grados.

Independientemente del número de componentes, en un sistema integral, el número de relaciones k entre ellos es el máximo posible. Esto es, cada uno de los componentes del sistema se vincula con todos los demás componentes. Formalmente $k = N(N-1)/2$. En el caso del sistema modular, las relaciones de los componentes al interior de cada módulo son mayores, en tanto que las relaciones entre módulos son menores.

De tal modo que en un sistema integral: i) pequeños cambios en un parámetro de diseño pueden desencadenar múltiples ajustes a nivel del sistema; ii) lo que trae como consecuencia que los costos de coordinación como de implementación de la innovación sean altos; iii) por ello, la velocidad del cambio a nivel de componentes es relativamente más lenta que en el sistema modular; y, iv) si bien el espacio de posibilidades de innovación del sistema en su conjunto es mayor y existe la probabilidad de encontrar un máximo global, se requiere de una serie de condiciones adicionales, en particular condiciones organizacionales excepcionales.¹⁷⁴ (Baldwin y Clark, 1999; Sanchez y Mahoney, 2003; Ulrich y Eppinger, 2001; Lara y García, 2005).

En tanto que en el sistema modular: i) el cambio en un parámetro de diseño sólo implica ajuste en un módulo, dejando inalterado el resto del sistema; ii) lo que permite reducir los costos del cambio y el tiempo de desarrollo; iii) aumenta la flexibilidad y la diversidad de productos (diferenciación); y, iv) al reducir las posibilidades de exploración, cabe la posibilidad de elegir un diseño sub-óptimo, es decir, en un óptimo local. (Baldwin y Clark, 1999; Sanchez y Mahoney, 2003; Ulrich y Eppinger, 2001; Lara y García, 2005).

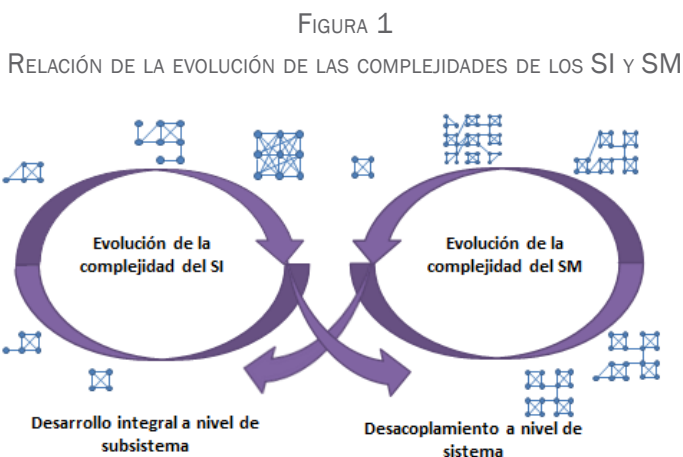
¹⁷⁴ En el caso de un sistema tecnológico complejo como un vehículo eléctrico se requiere que todas las organizaciones y agentes converjan para acordar de manera conjunta una nueva arquitectura del producto. Lo cual desde resulta inviable dado que las capacidades y sus portadores están distribuidos de manera heterogénea en distintos espacios geográficos y múltiples campos tecnológicos.

En los estudios de la innovación tecnológica el debate académico se ha centrado en si existen o no posibilidades de que el sector automotriz transite del sistema integral al sistema modular (Fixon y Sako, 2001; Langlois, 2002; Pandremenos *et al*, 2009). Dicha discusión, sin embargo, se presenta de forma dicotómica. Es decir, no se considera que el cambio total y radical de un sistema a otro resulte improbable y riesgoso, ni que los procesos de desacoplamiento y agrupación de los componentes (modularización) y el incremento en la complejidad al interior de un subsistema sean graduales. En las siguientes secciones se propone un esquema explicativo de transición del sistema integral al modular desde esta perspectiva.

▪ Vinculación compleja de los sistemas integrales y modulares

Un sistema inicialmente tiene un nivel de complejidad relativamente bajo (N y k bajas), pero al enfrentar nuevos problemas, se le añaden nuevos componentes y relaciones. Por ejemplo, el desarrollo del vehículo eléctrico, inicia con el uso de la batería tradicional LSI de plomo-ácido (Lara y Salazar, 2013). Sin embargo, dado que este dispositivo no acumula suficiente energía se buscan nuevos materiales activos como el níquel metal hidruro, el níquel-cadmio, el litio-ion entre otros (Reyes, 2012; Lara y García, 2005). Así, se desarrolla una nueva generación de baterías avanzadas que exigen el diseño y la integración de nuevos subsistemas de seguridad y medición. Nuevos diseños expanden el número de componentes y de sus relaciones (se incrementa de esta forma N y k). Pero, lo más relevante de este proceso es que la evolución del vehículo eléctrico conduce a que una parte del sistema se desacople y emerja un nuevo subsistema como el de la batería (Lara, en prensa). Este nuevo subsistema o módulo desacoplado especializado desarrolla asimismo nuevas formas

de interacción en su interior como lo hace un sistema de tipo integral o de tipo modular. Todos estos cambios en la naturaleza del producto también redefinen de formas más imbricadas las relaciones entre los distintos agentes. Esta perspectiva analítica se representa en la Figura 1:



Fuente: Elaboración propia. SI: Sistema integral, SM: Sistema modular.

Así, si esta perspectiva analítica representa mejor la realidad, el debate del sistema integral *versus* el sistema modular debe ser replanteado. En la sección que sigue se examina, a partir de la información contenida en las patentes, la actividad inventiva en el desarrollo de los vehículos eléctricos. ¿Es posible identificar empíricamente en los vehículos eléctricos la existencia de procesos evolutivos como se sintetiza en la figura 2? Creemos que sí.

Dada la naturaleza compleja de lo que se busca describir (sintetizada en la Fig. 2), se ha optado por el uso del análisis de redes, con base en la información que se extrajo de la oficina de

patentes de Estados Unidos¹⁷⁵. El análisis de redes permite describir con precisión la densidad en un área de estudio, la dimensión de la estructura completa del sistema y la formación emergente de distintos grupos (subsistemas o módulos) a partir de su cercanía relativa. Esta herramienta es útil para representar la evolución de la complejidad de los vehículos eléctricos. Este es el objeto de las siguientes secciones.

▪ Actividad inventiva en los vehículos eléctricos

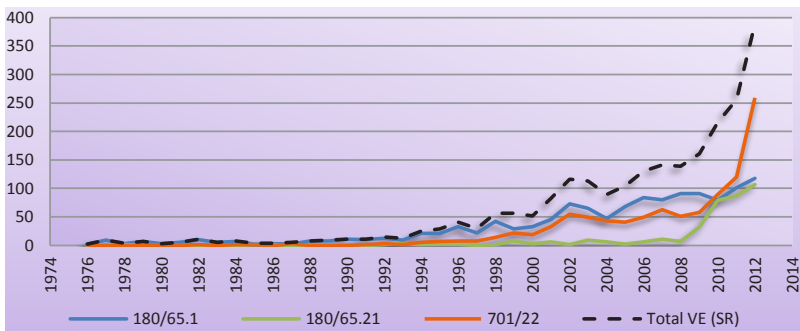
Los vehículos eléctricos tienen una historia que inicia a finales del siglo XIX, sin embargo, la superioridad de los vehículos de combustión interna impidieron el desarrollo de los primeros vehículos eléctricos (Cowan y Hultén, 1996; Lara y Salazar, 2013). Frente a los cambios en los precios de los combustibles fósiles desde la década de los años 70 y el incremento en las normas institucionales para reducir las emisiones contaminantes de los vehículos principalmente en las décadas de los años 1980 y 1990, la industria automotriz se vio en la necesidad de diseñar

¹⁷⁵ Para este estudio se consideraron las patentes de la Oficina de Patentes y Marcas de Estados Unidos de América (USPTO por sus siglas en inglés) por dos razones: a) la base de datos de los Estados Unidos de Norteamérica es confiable y accesible y, b) el mercado estadounidense es uno de los más importantes del mundo, donde se espera que las distintas empresas que conforman la industria automotriz busquen proteger su conocimiento. La base de datos se construyó por medio de la búsqueda de las patentes que pertenecen a las clases: 180/65.1, 180/65.21 y 701/22. Estas clases se escogieron porque la propia USPTO considera en la *Environmentally Sound Technologies (ETS) Concordance* que <http://www.uspto.gov/web/patents/classification/international/est_concordance.htm> (consultada el 27 de noviembre de 2012) que los vehículos eléctricos pertenecen a dichas clases. La base de datos cuenta con 2358 patentes que van desde el 1 de enero de 1976 hasta el 20 de noviembre de 2012.

Todas las patentes están clasificadas según el área de conocimiento técnico al que pertenecen. Cada oficina de patentes tiene su propia clasificación y una adicional que pertenece a la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (WIPO, por sus siglas en inglés). Así, cuando se hace referencia a la clase se indica con ello el dominio tecnológico al que pertenece una patente. Es importante señalar que estas patentes incluyen a todos los VE, es decir, no sólo a los propios de la industria automotriz sino también, a los vehículos terapéuticos como sillas de ruedas eléctricas o vehículos eléctricos montables para niños. Este tipo de vehículos no son retirados del análisis por dos razones: 1) se sesgaría la base con un criterio diferente y subjetivo al que se construyó y 2) se eliminaría la posibilidad de observar relaciones entre este tipo de productos y los VE propios de la industria automotriz.

nuevos vehículos que sustituyeran al motor de combustión interna (National Research Council, 2006; Lara y Salazar, 2013). De las opciones alternativas que ha encontrado la industria, el diseño de los vehículos eléctricos parece ser una de las más importantes tanto por la actividad inventiva que ha desarrollado como por los incentivos que los gobiernos de Estados Unidos, Europa y Japón (que son las regiones de origen de los principales fabricantes de vehículos) han implementado (Juliussen y Robinson, 2010; Lara y Salazar, 2013). Así, al inicio de la década de los años de 1990, la actividad de invención, reflejada en el número de patentes, se incrementó exponencialmente, pasando de 11 patentes en 1990 a 389 en el 2012 (Cf. Gráfica 1) y de 6 distintas empresas o alianzas entre empresas que patentaron en 1990 a 97 en 2012 (cf. Gráfica 2).

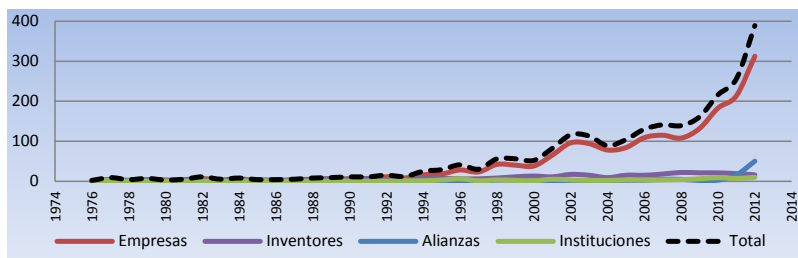
GRÁFICA 1
NÚMERO DE PATENTES PARA VE (1976-2012)



Fuente: Elaboración propia, información obtenida de la USPTO. Base de datos UAM/PECCI. Proyecto “Sistemas Complejos Adaptables y Cooperación Tecnológica” CONACyT No. I0017-156204. VE: vehículos eléctricos. SR: Sin repeticiones.

GRÁFICA 2

NÚMERO DE AGENTES QUE PATENTAN EL VE (1976-2012)



Fuente: Elaboración propia, *ibid.*

A nivel agregado, durante 20 años, la evolución de la actividad inventiva se concentró en la clase 180/65.1 (*Motor vehicles; electric power*). Sin embargo, desde 2008 y hasta el 2012, las clases 701/22 (*Data processing: vehicles, navigation, and relative location; electric vehicle*) y 180/65.21 (*Motor vehicles; electric power, Hybrid vehicle*) se han convertido en las áreas de mayor desarrollo (Cf. Gráfica 1). Esto indica que el centro de la actividad de invención transita del diseño de los dispositivos tangibles del vehículo eléctrico e híbrido al procesamiento de datos y esto se debe al incremento de las unidades de control electrónico¹⁷⁶ (Juliussen y Robinson, 2010), fenómeno que afecta también a los vehículos tradicionales (Lara, 2014 en prensa).

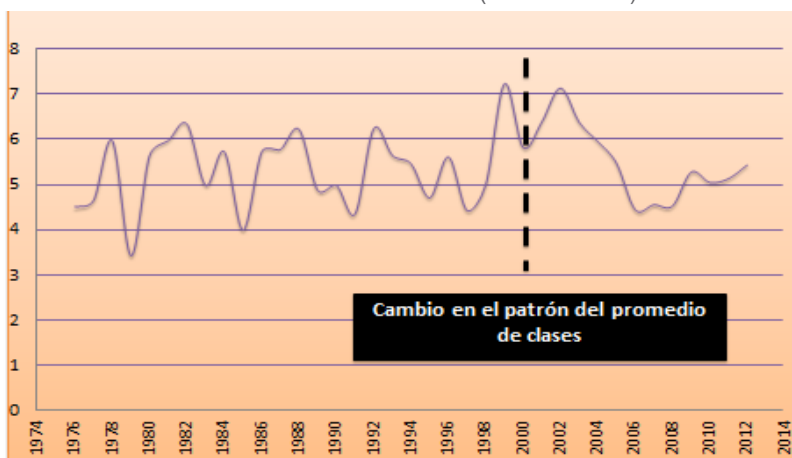
Las clases tecnológicas pueden interpretarse como el espacio de exploración o de investigación de los agentes¹⁷⁷. En 1976, el total

¹⁷⁶ ECU, por sus siglas en inglés.

¹⁷⁷ Todas las patentes se clasifican según los manuales de cada oficina de patentes. La clasificación hace referencia a un área de conocimiento, por ejemplo, la clase 701/22 de la USPTO hace referencia al procesamiento de datos de los vehículos eléctricos, mientras que la clase 180/65.1 hace referencia al área de conocimiento del motor eléctrico. No existe límite en el número de clases que puede contener una patente y entre más clases tenga una patente puede interpretarse como un conocimiento más especializado.

de las patentes vinculadas los vehículos eléctricos sólo contaba con 8 clases, en 2012 el total acumulado de clases ascendió a 2394. Por lo tanto, la actividad inventiva aumentó no sólo en volumen, sino sobre todo, en nuevas áreas de exploración de conocimientos y por ende en complejidad. Se puede considerar que el crecimiento en el volumen de clases se asocia con el crecimiento en el número de patentes. Afirmación parcialmente cierta que explica sólo una parte del problema. Al ponderarse las clases por años se observa un patrón en el que, en promedio, hay periodos donde las clases aumentan y periodos donde se reducen (Ver Gráfica 3).

GRÁFICA 3
PROMEDIO DE CLASES PARA VE (1976-2012)



Fuente: Elaboración propia, *ibid.*

Es probable que este patrón se deba al hecho de que cuando los agentes enfrentan problemas particulares, exploran nuevas soluciones, lo que se expresa en un mayor número promedio de clases. Esto es consecuente con el incremento de la complejidad

por medio del incremento de nuevos componentes (N) y sus posibles relaciones (k) propio de un desarrollo integral. Las nuevas soluciones, plantean a su vez nuevos problemas que exigen soluciones cada vez más especializadas, lo cual se expresa en la reducción en el número promedio de clases, que en combinación con el número creciente de patentes, implica un aumento en el número de relaciones (k) relativamente mayor al del número de clases (N). De esta manera, emerge un proceso cíclico de expansión / contracción del promedio de clases como resultado del proceso de exploración y especialización creciente del conocimiento tecnológico, coherente con el proceso que sintetiza la relación entre las arquitecturas integral y modular descrita en la sección anterior.

Análisis de clases de los vehículos eléctricos por medio de redes

Para representar este fenómeno con mayor detalle, se efectúa un análisis por medio de redes, siendo una técnica propia del estudio de los Sistemas Complejos que permite determinar con mayor precisión la evolución de la actividad de invención¹⁷⁸. A continuación, se identifican los micro-patronos en la evolución de las clases de los VE.

▪ Micro-patronos simples de evolución de las clases tecnológicas

Los examinadores de la USPTO clasifican las patentes según el área de conocimiento. Una patente puede pertenecer a una sola o a muchas áreas de conocimiento.¹⁷⁹ Así, es posible vincular una

¹⁷⁸ Para quien esté interesado en reproducir los resultados o generar nuevos análisis en el Anexo Metodológico se presentan los pasos generales que se siguieron para la construcción de las redes incluidas en el presente análisis.

¹⁷⁹ No existe un límite de clases. (Ver Nota 13).

patente con otra a partir de las clases a las que pertenecen¹⁸⁰. En la Gráfica 4, se presentan, las patentes de 1976¹⁸¹ de los vehículos eléctricos: la patente número 3986095 y la 3984742 que cuentan con 5 clases y 4 clases respectivamente.

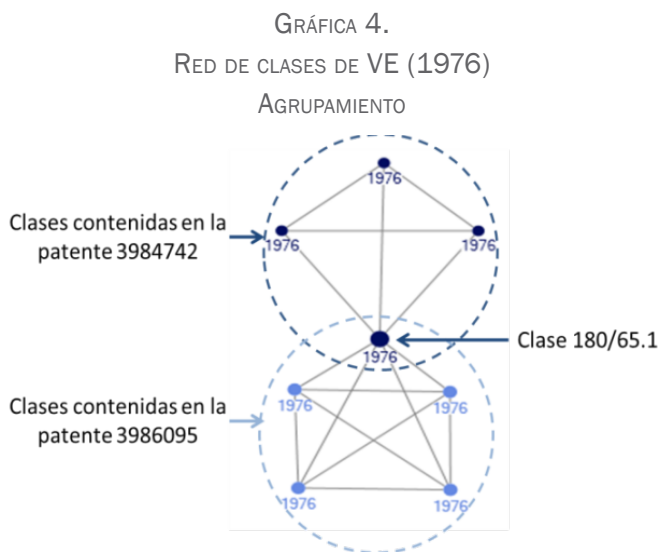
El primer micro-patrón que se puede observar es el de **agrupamiento** de clases¹⁸². Ambas patentes tienen en común la clase 180/65.1 (*Motor vehicles; electric power*), y es por ello que pueden vincularse. Sin embargo, para una de las patentes esta clase representa el 16.66% del total de sus vínculos, mientras que para la otra representa sólo el 10%.¹⁸³ Como, el peso de la clase 180/65.1 es mayor en la patente 3984742 que en la patente 3986095 se agrupa con la primera.

¹⁸⁰ Esto es, la patente 1 puede tener las clases A, B y C. La patente 2 las clases C, D y E. De tal modo que ambas patentes están conectadas por la clase C y la red resultante se constituye por 5 nodos (A, B, C, D y E) con 6 vínculos (AB, AC, BC, CD, CE y DE).

¹⁸¹ Este año sólo se registran estas dos patentes.

¹⁸² Este agrupamiento resulta de aplicar el algoritmo Clauset-Newman-Moore en NodeXL el cual agrupa nodos a partir de la optimización de la modularidad (Clauset et al., 2004) con el objetivo de encontrar la estructura de la red.

¹⁸³ Los vínculos totales de una patente (k) se calculan como $N(N-1)/2$ donde N es el número de clases de la patente. Así por ejemplo, en el caso de 1976 para los vehículos eléctricos, la patente 3984742 tiene 4 clases de tal modo que el total de vínculos es de 6, cada clase representa por lo tanto $1/6 = 16.66\%$ del total; mientras que la patente 3986095 que cuenta con 5 clases, tiene 10 vínculos y, por lo tanto cada clase representa el 10% del total de sus vínculos. Como la clase 180/65.1 se encuentra en ambas patentes, el algoritmo maximiza el peso relativo de este nodo de tal modo que asocia esta clase (nodo) con el grupo en el que tiene mayor peso. Es por ello, que i) ambas patentes están conectadas por la clase 180/65.1 y ii) al tener mayor peso relativo esta clase en el grupo de clases que componen la patente 3984742 (16.66%) es que se agrupa con éstas (color azul oscuro) y no con el grupo de clases que contiene la patente 3986095 (azul claro) en el que sólo representa el 10%.



Fuente: Elaboración propia, *ibid.*

En un segundo caso (Gráfica 5), y para el periodo 1976-1978, se pueden identificar tres micro-patronos¹⁸⁴ a los que denominamos como: **derivación simple**, **autonomía relativa**, y **combinación**. La **derivación simple** se presenta cuando un conjunto de clases comparten una clase en común que tiene un mayor grado de conectividad¹⁸⁵ y además pertenecen al mismo grupo; la **autonomía relativa** se presenta cuando un conjunto de clases pertenecen a un mismo grupo, pero en su interior las conexiones son más intensas en algunas clases que en otras; y la **combinación** se presenta cuando un conjunto de clases que pertenecen a un grupo comparten clases de otros grupos.

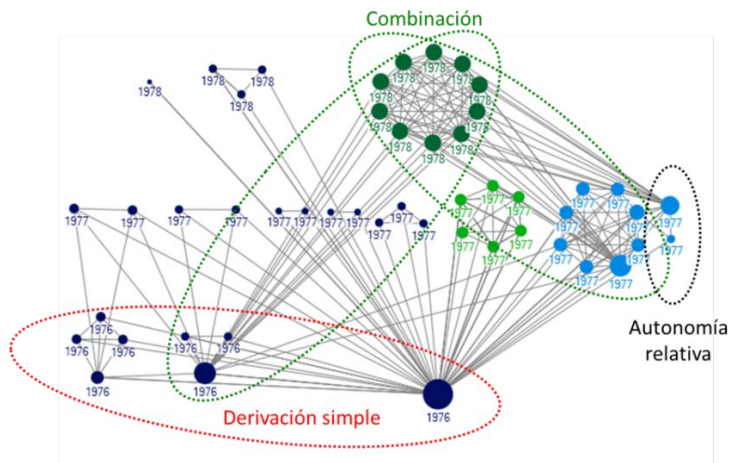
¹⁸⁴ Estos micro-patronos son resultado de la aplicación del mismo algoritmo Clauset-Newman-Moore para la identificación de estructura en la red.

¹⁸⁵ El grado de conectividad es el número de vínculos o enlaces que tiene un nodo. En nuestro análisis de clases, por ejemplo, si una clase tiene 12 vínculos se dice que el grado de conectividad de esa clase es de 12.

GRÁFICA 5

RED DE CLASES DE VE (1976-1978)

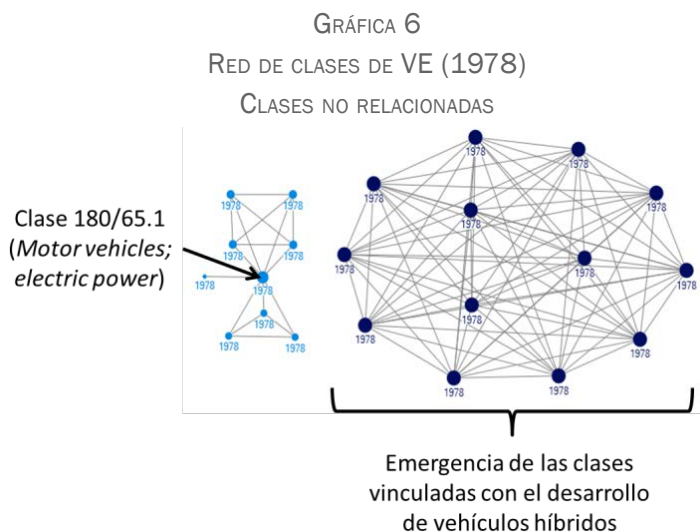
DERIVACIÓN, AUTONOMÍA RELATIVA Y COMBINACIÓN



Fuente: Elaboración propia, *ibid.*

Resulta útil representar los fenómenos que emergen en un periodo corto, por ejemplo el año de 1978 (Gráfica 6). En este año emerge un micro-patrón: dos agrupamientos de clases *no relacionadas*. Esto quiere decir que, para diseñar vehículos eléctricos los agentes exploran nuevas clases (áreas de conocimiento), relativamente ajenas creándose de esta manera un sistema más complejo. En particular, en este año, sólo se registran 4 patentes (4124086, 4123740, 4094377 y 4090577) con 22 clases en total, tres de ellas se agrupan alrededor de la clase 180/65.1 (*Motor vehicles; electric power*), —la 4124086, 4123740, y la 4094377— con un total de 9 clases, y en el otro grupo se encuentra la patente 4090577 la cual agrupó a 13 clases, todas ellas vinculadas con el desarrollo de vehículos híbridos. Es decir, es un periodo en el que la desconexión implica la exploración de nuevas tecnologías¹⁸⁶.

¹⁸⁶ Esto implica que un bajo número de patentes no necesariamente implica poca actividad inventiva, está se asocia más con el volumen de clases que con la cantidad de patentes.



Fuente: Elaboración propia, *ibid.*

Finalmente, un micro-patrón que se identifica es el de **reagrupamiento**. Se produce cuando el surgimiento de nuevas clases provoca que las clases previas cambien de grupo. Este fenómeno puede ser el resultado de distintas trayectorias evolutivas. Por ejemplo: i) clases que se derivaron de una previa se reagrupan con otras¹⁸⁷; ii) clases fuertemente conectadas con un grupo cambian de grupo¹⁸⁸; iii) clases que pertenecían a un grupo con autonomía relativa, cambian a otro grupo manteniendo dicha autonomía relativa¹⁸⁹; etc. Todas estas posibilidades se muestran en

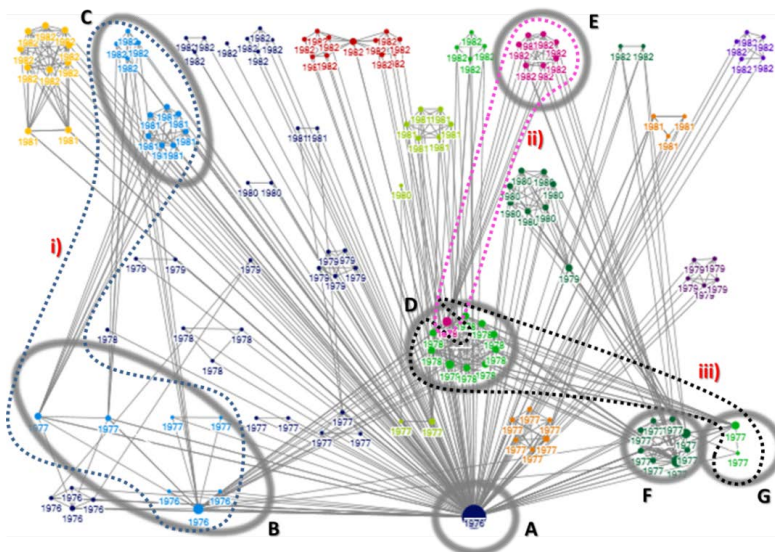
¹⁸⁷ En la Gráfica 7 se observa que del área A se derivaron de forma simple las clases del área B (cf. Gráfica 5), pero ante la emergencia de las clases del área C, las de B se reagruparon con estas últimas por su mayor conectividad.

¹⁸⁸ En la Gráfica 7 se observa que de las clases contenidas en el área D, antes fuertemente vinculadas en un grupo (cf. Gráfica 5), se depende una clase que por su mayor conectividad con las clases del área E se reagrupa con estas.

¹⁸⁹ En la Gráfica 7 se observa que las clases contenidas en el área G y que tenían una autonomía relativa en con las clases del grupo F (cf. Gráfica 5) se reagrupan con las clases del área D manteniendo la propia autonomía relativa. Este reagrupamiento, no sólo se debe al incremento en la conectividad de las clases estas dos áreas (D y G) sino además, porque los pesos relativos de las clases contenidas en las áreas F y D cambiaron por la emergencia de clases que no se vinculan con las clases del área G.

la red de clases de los vehículos eléctricos del periodo 1976-1982 (Gráfica 7).

GRÁFICA 7
RED DE CLASES DE VE (1976-1982)
REAGRUPAMIENTO



Fuente: Elaboración propia, *ibid.*

-Macro-proceso complejo de evolución del sistema tecnológico

La evolución de los micro-patrones incide sobre la estructura del sistema en su conjunto y nos interesa determinar si ésta presenta un proceso de integración y modularización como el descrito en sección 2. Para ello, en esta sección se representará primero gráficamente, y por periodos, la evolución del sistema y posteriormente se analizará el mismo de forma cuantitativa.

1. Representación gráfica de la evolución de sistema tecnológico

Para ilustrar gráficamente la evolución del sistema tecnológico de los vehículos eléctricos se ha optado por dividir el periodo en tres fases. La primera fase comprenderá de 1976 a 1995, la segunda será el periodo intermedio que comprende de 1984 a 2003 y la tercera de 1993 a 2012.¹⁹⁰

a) Primera fase (1976-1995)

En la primera fase la clase 180/65.1, (*Motor vehicles; electric power*) domina la conectividad del conjunto del sistema (Ver Gráfica 8), en tanto que, al interior los micro-patrones crean subsistemas o subgrupos, relativamente más conectados que muestran indicios de separación respecto del subsistema central. Este es el caso de tres clases que pertenecen a un mismo grupo pero, que mantienen autonomía relativa determinada por su grado de conectividad específica: la 701/22 (*Data processing: vehicles, navigation, and relative location; electric vehicle*), la clase 180/65.21 (*Motor vehicles; electric power, hybrid vehicle*) y la clase 318/139 (*Electricity: motive power systems, battery-fed motor systems*).

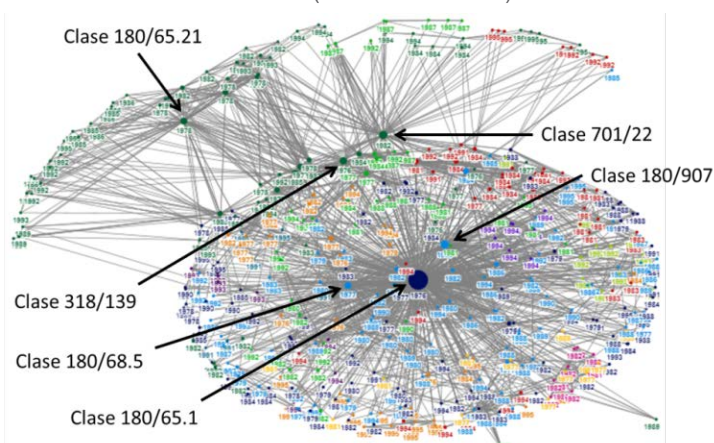
La integración de estas clases en un grupo, que progresivamente se separa del resto del sistema y que mantiene al interior cierta autonomía se debe al hecho que este conjunto de clases representa a los componentes claves de los vehículos eléctricos: la batería eléctrica; la tecnología híbrida que vincula el motor de combustión interna y el motor eléctrico y; el procesamiento de datos que permite administrar la energía del vehículo. En contraste con este avance, resaltan dos clases por su grado

¹⁹⁰ Estos periodos se eligen por las siguientes razones: i) el tamaño de cada periodo es de 20 años, que es el lapso de vigencia de las patentes; ii) podemos observar tres momentos de la evolución del sistema tecnológico, uno inicial, uno intermedio y el más reciente y; iii) los periodos se traslapan, lo cual permite mantener parte de la información de los otros periodos y con ello cierta continuidad en la evolución del sistema.

de conectividad: la clase 180/907 (*Motor vehicles; motorized wheelchairs*) y la clase 180/68.5 (*Motor vehicles; power: battery mountings and holders*). Son vehículos montables pequeños que muestra lo incipiente del desarrollo de los vehículos eléctricos durante este periodo, e indica cierta desconexión en el sistema en conjunto.

En resumen, en esta fase comienza a observarse cierto desacoplamiento de subsistemas que contrasta con una desconexión a nivel de sistema.

GRÁFICA 8
RED DE CLASES DE VE (1976-1995)
PRIMERA FASE (CONEXIÓN RELATIVA)



Fuente: Elaboración propia, *ibid.*

b) Segunda fase (1984-2003)

La segunda fase de la evolución del sistema comprende tres distintos momentos, uno de baja actividad inventiva (1984-1990), otro que corresponde al periodo de despegue (1991-1994) y uno más en que la actividad inventiva mostraba un

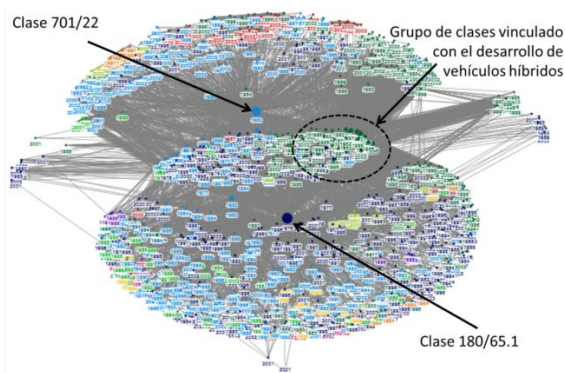
crecimiento constante (1995-2000) (cf. Gráfica 1). La red para esta fase, muestra una clara separación de tres subsistemas, uno vinculado con la clase 180/65.1 (*Motor vehicles; electric power*) el cual domina la conectividad del conjunto del sistema; otro, encabezado por la clases 701/22 (*Data processing: vehicles, navigation, and relative location; electric vehicle*) y; un conjunto de clases con grado de conectividad más homogéneo y que se vinculan con el desarrollo de vehículos híbridos¹⁹¹ (Ver Gráfica 9).

Los grupos se encuentran conectados. Hay clases que se vinculan más con algún grupo pero, también hay clases que se relacionan con dos de los tres principales grupos, e incluso con los tres. Para esta fase, el grupo vinculado con la clase 180/65.1 tiene 1360 enlaces con el grupo de clases asociadas a la clase 701/22 y 1610 enlaces con el grupo de clases asociado al desarrollo de los vehículos eléctricos. A su vez estos dos últimos grupos tienen 1088 enlaces.

En resumen, los micro-patronos generaron en el agregado del sistema una estructura de grupos o subsistemas claramente identificables y conectados entre sí.

¹⁹¹ Las primeras 20 clases de este grupo ordenadas según su grado de conectividad son: 903/903, 180/65.27, 180/65.285, 180/65.28, 180/65.29, 903/906, 903/947, 903/916, 903/951, 903/910, 180/65.235, 180/65.25, 903/919, 180/65.245, 903/918, 903/946, 903/945, 180/65.6, 903/909 y 180/65.26. Todas las clases que tienen como sus primeros tres dígitos el número 903 pertenecen a la clase *Hybrid electric vehicles* y el resto están anidadas en la clase 180/65.21 (*Motor vehicles; electric power, hybrid vehicle*).

GRÁFICA 9
 RED DE CLASES DE VE (1976-2001)
 SEGUNDA FASE (CONEXIÓN Y ORDENAMIENTO)



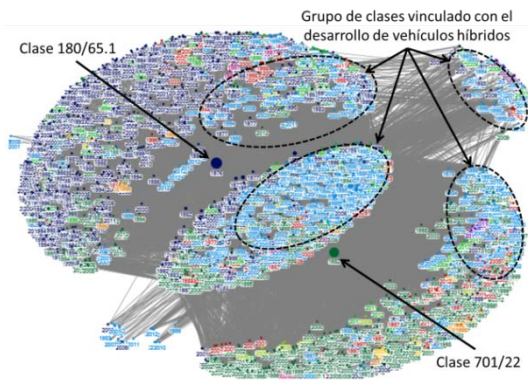
Fuente: Elaboración propia, *ibid.*

c) Tercera fase (1993-2012)

En la fase más reciente, se incluyen los periodos de despegue y crecimiento acelerado en la actividad inventiva (cf. Gráfica 1). Gráficamente, se observa una estructura similar a la fase anterior (Ver Gráfica 10). Sin embargo, se detectan dos elementos relevantes. El primero, el grupo de patentes que se asocian con el desarrollo de vehículos híbridos desplaza en importancia al grupo de clases que vinculados a la clase 701/22 (*Data processing: vehicles, navigation, and relative location; electric vehicle*). Los grupos intercambiaron la segunda por la tercera posición. El segundo, el crecimiento de las clases contenidas en grupo de las patentes asociadas con el desarrollo de vehículos híbridos, se distribuye más claramente tanto en su grupo como en los otros dos grupos principales. Son 5160, los enlaces del grupo de clases de los vehículos híbridos con el grupo asociado con la clases 180/65.1 y 5112 con el grupo de clases asociado

a la clases 701/22, en tanto que, entre estos dos grupos sólo hay 1688 enlaces. Esto significa que los micro-patrones de esta fase han enlazado la red de tal modo que se forman tres grandes grupos de clases conectados jerárquicamente entre ellos.

GRÁFICA 10
RED DE CLASES DE VE (2002-2012)
TERCERA FASE (ORDENAMIENTO JERÁRQUICO)



Fuente: Elaboración propia, *ibid.*

Una vez identificado este conjunto de micro-patrones es posible describir la evolución del sistema de clases tecnológicas en su conjunto como resultado de las distintas formas de desacoplamiento / integración que se producen a nivel local, como al nivel de sistema.¹⁹² Asumiendo que la información de las clases tecnológicas permite reconstruir los procesos de invención, esta perspectiva analítica es relevante en varios sentidos. En primer lugar, permite representar la complejidad de la actividad inventiva no como resultado del conocimiento individual de un agente o empresa, sino del conocimiento diverso

¹⁹² Este fenómeno es similar a la meiosis celular, donde el sistema de invención análogo a una célula se reproduce con variaciones a partir de la recombinación genética interna (combinación de clases), el crecimiento y finalmente la separación.

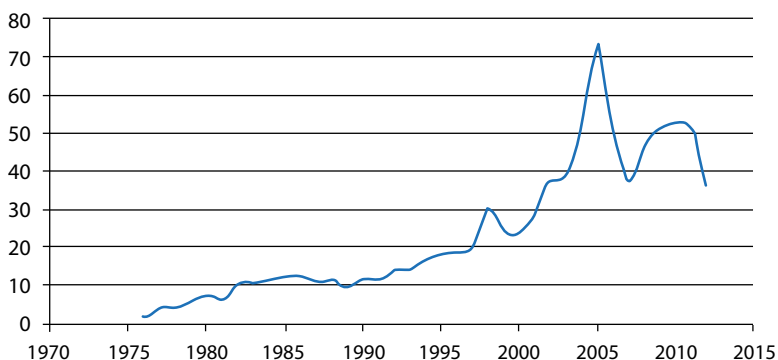
asociado a un gran número de patentes y de agentes (Ver Gráfica 2). En segundo lugar, a través de los procesos de agrupamiento y reagrupamiento de las clases tecnológicas es posible examinar las distintas trayectorias de evolución del conocimiento tecnológico. Y por último, independientemente de la escala (subsistema o sistema) los micro-patronos producen fenómenos de integración/desacoplamiento de las clases tecnológicas.

-Análisis cuantitativo de la evolución del sistema tecnológico

Formación y dinámica de grupos

En el proceso de expansión de las clases tecnológicas, la integración de grupos de clases es un dato fundamental, por dos razones. Primero, porque el número de grupos que se forman refleja el grado de conectividad de los subsistemas. Y segundo, porque la posición en la que se encuentra cada grupo indica el grado de interés de los inventores en desarrollar determinado subsistema. En la Gráfica 11 se puede observar como fluctúa el número de grupos. En la segunda mitad de la década de 1970, se constituyen 2 grupos y en 2005 se alcanza un máximo de 73. Esto quiere decir que durante todo este periodo se acelera la actividad de exploración de nuevas clases lo que trae como consecuencia la diversificación de los agrupamientos y la creación de formas novedosas de conectividad entre los subgrupos. Sin embargo, en los años siguientes, la existencia de un número menor grupos parece indicar la consolidación de determinados subsistemas.

GRÁFICA 11
NÚMERO DE GRUPOS EN VE
(1976-2012)



Fuente: Elaboración propia, *ibid.*

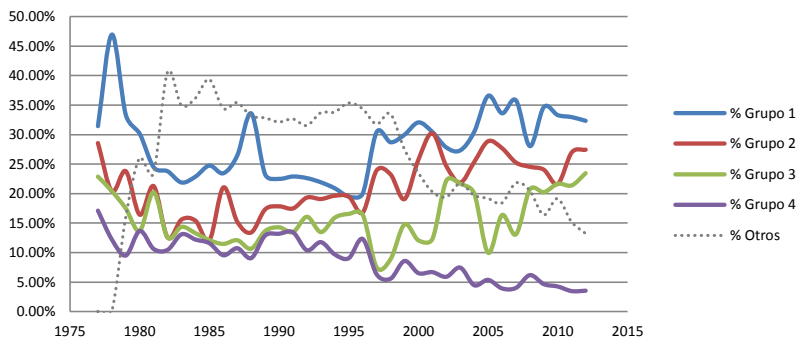
Cabe preguntar entonces, ¿cómo se comportan las clases al interior de los grupos? Para responder esta interrogante se tiene que observar: i) la evolución en el número de clases que tiene cada grupo, y; ii) la permanencia o estabilidad de las clases en sus grupos.

i) En la Gráfica 12 se muestra cómo varía el número de clases al interior de los grupos.¹⁹³ De la gráfica se pueden destacar dos fenómenos. El primero es que en el periodo 1976-1995 la cantidad de clases para cada grupo tiende a converger: el número de clases de los cuatro grupos principales es más o menos similar en un rango que va del 12% a 20 % de clases por grupo. El segundo es que en el periodo 1996-2012 tienden a consolidarse tres grupos que, en conjunto contienen el 83 % de clases (32% del total de clases para el primer grupo, 27% para el segundo y 23% para el tercero). La conformación de grupos con mayor peso

¹⁹³ Esto es, se contabiliza el número de clases (como porcentaje respecto del total de clases) que contienen cada uno de los 4 grupos más grandes.

en este último periodo, puede asociarse a la creación de bloques de construcción propios del sistema modular, en tanto que el primer periodo puede bien asociarse a la explosión de nuevas clases propia del sistema integral.

GRÁFICA 12
EVOLUCIÓN DE LOS 4 GRUPOS PRINCIPALES DE LOS VE
(1976-2012)



Fuente: Elaboración propia, *ibid.*

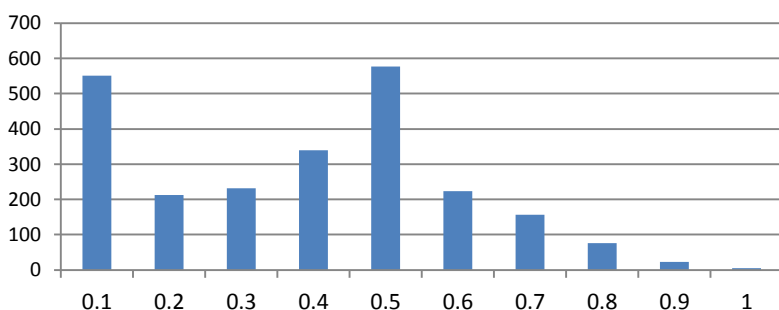
ii) Respecto a la permanencia de las clases en cada subsistema se observa un gran dinamismo. Prácticamente todas las clases han cambiado de grupo en algún momento. En el histograma de la Gráfica 13 se indica la frecuencia de clases que han cambiado de grupo según rangos. Conforme se acerca a 1 significa que no han cambiado las clases de grupo y si se acerca a 0 que se cambió de grupo cada año¹⁹⁴. Se observa que sólo el 0.002% de

¹⁹⁴ El cálculo de este histograma se realizó de la siguiente forma. Si una clase cambia de grupo de un año al otro se le asigna un 0, si no cambia se le asigna un 1. Se promedian los datos y se incluye en el rango decimal que le corresponde. Por ejemplo, la clase 60/275 perteneció a los siguientes grupos: 22, 70, 47, 2, 29, 2, 3, 2 y 9 desde 2004 hasta el 2012. Como en todos los años cambió de grupo, a cada año se le asigna un 0, el valor promedio es de 0 y se incluye en el rango que es mayor o igual 0 y menor a 0.1. Por su parte la clase 310/156.58 que también va de 2004 a 2012, perteneció a los siguientes grupos, 19, 20, 25, 19, 26, 21, 21, 21 y 4, los valores asignados fueron 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1 y 0, el promedio es de 0.2222 y se incluye en rango mayor o igual a 0.2 y menor a 0.3.

las clases nunca han cambiado de grupo.¹⁹⁵ Así, a pesar de que la dinámica de la red da cuenta de la consolidación de 3 grandes áreas de especialización (el 33.66% de las clases han cambiado relativamente poco de grupo)¹⁹⁶, es notorio la baja estabilidad de las clases al interior de los grupos. Es decir, aunque a nivel de sistema se observa una tendencia relativamente estable, al interior de los grupos las clases transitan de un grupo a otro, movilidad propia de la introducción de nuevas clases y de sus múltiples relaciones.

GRÁFICA 13

HISTOGRAMA DE VARIACIÓN DE LAS CLASES ENTRE LOS GRUPOS DE LOS VE



Fuente: Elaboración propia, *ibid.*

Con base en esta dinámica dual de las clases –estabilidad de los agrupamientos en grandes áreas (subsistemas) y alta movilidad al interior– cabe preguntarse en qué medida el sistema en su conjunto tiende al orden o al desorden. Para determinar esto se calcula la entropía¹⁹⁷ anual que, en este caso, mide el grado

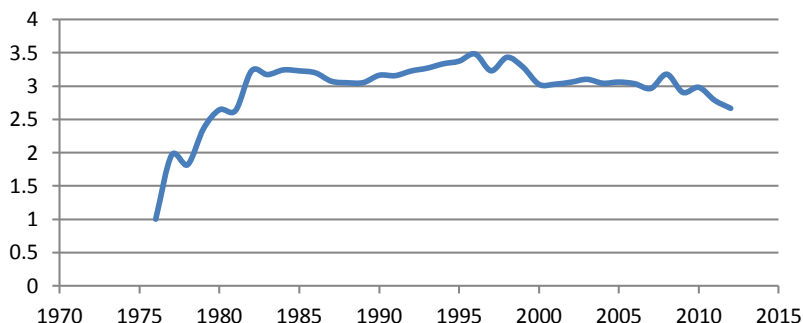
¹⁹⁵ De hecho sólo las clases relativamente nuevas (con menos de 4 años de existencia) presentan esta característica.

¹⁹⁶ Es importante notar que este cambio de grupo no necesariamente significa que una clase haya cambiado de un grupo a otro, sino que también es posible que todo el grupo haya cambiado de posición relativa respecto al conjunto de sistema.

¹⁹⁷ La entropía mide el grado de desorden de un sistema. Si la entropía es alta significa que el sistema es desordenado, si la entropía es baja significa lo contrario. Para este análisis se utilizó la entropía de Shannon (Page, 2011).

de desorden del sistema según la interrelación de las clases tecnológicas. De 1976 hasta los primeros años de la década de los años 80 se observa un incremento acelerado del desorden del sistema (Cf. Gráfica 14). Este comportamiento se explica por la baja actividad inventiva del periodo, de tal manera que la inclusión de una nueva clase altera de todo el sistema.

GRÁFICA 14
ENTROPÍA EN EL SISTEMA DE CLASES DE LOS VE



Fuente: Elaboración propia, *ibid.*

En los años siguientes de la década de 1980, el nivel de entropía es alto pero relativamente estable hasta llegar a un máximo global de 3.48 en 1996.¹⁹⁸ Sin embargo a partir del año 2000 hasta la fecha, la entropía disminuye sistemáticamente a pesar del gran número de patentes que se han registrado en este periodo. La razón de este fenómeno es que el sistema se ha ordenado en los diferentes subsistemas, como se describió más arriba. De esta forma, se ha pasado de una red pequeña y desconectada temporalmente a una red más conectada y ordenada (Cf. Gráfica 14).

¹⁹⁸ En 1992 en adelante se inicia una intensa actividad inventiva. Periodo en el que la red pasó de estar relativamente desconectada a convertirse en una red altamente conectada.

Estructura del sistema

El comportamiento gráfico que se analizó en la presente sección tiene su contraparte cuantitativa sintetizada en la Tabla 1. Esta información permite examinar la evolución y estructura de la red de clases. El número de nodos corresponde al número de clases (N) cuyo crecimiento en el periodo 1976-2012 es exponencial, lo mismo ocurre con los enlaces (k). En principio, los datos muestran que los diámetros¹⁹⁹ de la red son significativos. En los primeros años (1976 y 1977) la red está muy conectada (su diámetro es de 2), debida a las pocas patentes de este periodo. De 1978 a 1992 la red tiende a desconectarse, su diámetro pasa de 3 a 4. Aunque, a partir de 1993 hasta el año 2012²⁰⁰, la red se vuelve a conectar (un diámetro de 3 con distancias geodésicas promedio mayores). Esta mayor conectividad se produce a pesar del explosivo crecimiento de la red, y si se contrastan estos resultados con el nivel de densidad y modularidad²⁰¹ se observa que, a pesar de que el volumen combinatorio de las clases es muy alto (2.86 millones de posibles combinaciones pares) solo se exploran 43 mil combinaciones pares. Es decir, no todo el espacio de posibilidades de solución es explorado, sino sólo un conjunto bien delimitado de combinaciones, asociado a la naturaleza de los problemas tecnológicos que enfrentan los agentes. Por esta razón, se puede señalar que el espacio de exploración de clases tecnológicas en los vehículos eléctricos se encuentra ordenado.

Este mismo fenómeno se observa a nivel de los grupos, sólo que en ellos, el diámetro y la densidad son mayores. Es decir, hay mayor desconexión entre los grupos aunque dentro de cada grupo se explora más, lo cual es un indicador de desacoplamiento

¹⁹⁹ El diámetro de una red es el camino más largo de los caminos más cortos que conectan a cualesquiera de los nodos. Brinda una idea de la conectividad de una red.

²⁰⁰ Que coincide con la explosión en la actividad de invención. Que coincide con la explosión en la actividad de invención.

²⁰¹ Los cuales indican los espacios posibles donde la red puede conectarse.

interno.²⁰² De esta manera se pueden señalar dos aspectos del fenómeno: primero que al interior de los subsistemas se incrementa la complejidad y en segundo lugar que se conforma una estructura ordenada de subsistemas especializados.

TABLA 1

Estadísticos de las redes de los VE (1976-2012)												
Año	Nodos	Enlaces únicos	Enlaces duplicados	Total de enlaces	Nodos / Enlaces	Auto - Loops	Diametro	Distancia geodésica promedio	Grupos	Densidad	Modularidad	
1976	8	16	0	16	0.5	0	2	1.25	2	0.571428571	0.25	
1977	30	85	9	94	0.352941	0	2	1.735556	4	0.204597701	0.453259	
1978	49	170	48	218	0.288235	0	3	1.96918	4	0.159863946	0.430267	
1979	63	208	41	249	0.302885	2	3	2.025699	6	0.115719406	0.48352	
1980	73	251	52	303	0.290837	2	3	2.034903	7	0.104261796	0.494834	
1981	94	333	58	391	0.282282	2	3	2.044817	7	0.081903455	0.542813	
1982	143	527	80	607	0.271347	2	3	2.093277	11	0.055254605	0.588207	
1983	160	577	84	661	0.277296	2	3	2.085469	11	0.048113208	0.582982	
1984	188	708	99	807	0.265537	2	3	2.096084	12	0.042610081	0.579435	
1985	198	729	103	832	0.271605	2	4	2.170442	12	0.039583654	0.587072	
1986	209	777	117	894	0.268983	2	4	2.217165	13	0.038001472	0.605873	
1987	223	858	131	989	0.259907	2	4	2.287036	11	0.036884418	0.594135	
1988	253	996	153	1149	0.254016	2	4	2.261994	12	0.033189033	0.586849	
1989	271	1056	185	1241	0.256629	2	4	2.27151	10	0.030859642	0.583661	
1990	280	1086	281	1367	0.257827	2	4	2.257423	12	0.030363543	0.547263	
1991	297	1132	328	1460	0.262367	2	4	2.216327	12	0.028301028	0.537372	
1992	336	1327	400	1727	0.253203	2	4	2.208493	14	0.025852878	0.514947	
1993	356	1431	498	1929	0.248777	2	3	2.209964	14	0.02522551	0.487046	
1994	402	1656	635	2291	0.242754	2	3	2.197842	17	0.023051823	0.479149	
1995	441	1776	804	2580	0.248311	2	3	2.208997	18	0.020902907	0.463507	
1996	535	2232	1023	3255	0.239695	2	3	2.193261	19	0.017858518	0.455203	
1997	585	2479	1105	3584	0.235982	3	3	2.221866	20	0.016496897	0.470099	
1998	662	2908	1442	4350	0.227648	3	3	2.21514	30	0.015302275	0.444439	
1999	744	3617	2758	6375	0.205695	3	3	2.263647	24	0.015680401	0.416215	
2000	811	4068	3296	7364	0.199361	3	3	2.270525	24	0.014948775	0.399082	
2001	910	4943	4426	9369	0.184009	4	3	2.272018	29	0.014584316	0.348095	
2002	1082	6709	6456	13165	0.161276	5	3	2.264341	37	0.013995735	0.344776	
2003	1230	7789	8121	15910	0.157915	6	3	2.291008	39	0.012570204	0.339868	
2004	1294	8325	9338	17663	0.155435	7	3	2.286256	50	0.012208169	0.318373	
2005	1392	9021	10409	19430	0.154307	9	3	2.279286	73	0.011487022	0.327287	
2006	1473	9623	11210	20833	0.153071	10	3	2.272887	50	0.010941512	0.326016	
2007	1587	10396	11979	22375	0.152655	11	3	2.287462	37	0.010147073	0.335135	
2008	1662	11069	12982	24051	0.150149	15	3	2.278327	47	0.009893566	0.318214	
2009	1800	12348	14658	27006	0.145773	17	3	2.270465	51	0.00948984	0.329608	
2010	1922	13682	16634	30316	0.140477	24	3	2.280906	53	0.009272074	0.316975	
2011	2124	15957	19115	35072	0.133108	33	3	2.281611	51	0.008828072	0.311535	
2012	2394	19669	23895	43564	0.121714	57	3	2.277313	36	0.008603135	0.303294	

Fuente: Elaboración propia, *ibid*.

De esta manera, se pueden identificar cuatro subsistemas permanentes o estables a partir de 1995: 1) Diseño y desarrollo del motor eléctrico (clase 180/65.1); 2) Procesamiento de datos y administración de energía (clase 701/22); 3) Vehículos

²⁰² Sin embargo existen diferencias significativas de grupo a grupo. El grupo principal está más conectado internamente que el grupo subsiguiente de menor importancia.

híbridos (principalmente las clases 180/65.21 y 903/903); y 4) Otros vehículos eléctricos (sillas de ruedas y montables pequeños alrededor de la clase 180/907). Estos subsistemas se encuentran interconectados de tal modo que configuran una red de invención ordenada y jerárquica.

Hasta aquí, se puede señalar que las patentes encapsulan áreas de conocimiento (clases) que brindan solución a problemas tecnológicos concretos. En la acumulación de estas soluciones se forman pequeños micro-patronos que vinculan a las distintas áreas de conocimiento con distintos grados de conectividad. En este proceso emergen actividades inventivas que tienden a converger (inicialmente en torno al desarrollo del motor eléctrico) y a dar lugar a la aparición de agrupaciones o subsistemas. De esta manera, en el transcurso del tiempo se crean nuevas soluciones que forman nuevos espacios cada vez más relevantes. De tal forma que la red de conocimiento evoluciona de manera dinámica y compleja pero ordenada en espacios particulares (motor eléctrico, procesamiento de datos de los diversos subsistemas del vehículo y desarrollo de vehículos híbridos) e interconectados formando una jerarquía de subsistemas. En la siguiente sección se explorará la relación entre la complejidad de las clases tecnológicas y la existencia de patentes traslapadas y de los anti-comunes.

Complejidad, patentes traslapadas y anti-comunes en los VE.

Los resultados anteriores nos ilustran la naturaleza y la evolución compleja de los vehículos eléctricos. Sin embargo, cabe preguntar si existe relación entre esta complejidad y la posible existencia de patentes traslapadas. En particular, si existe relación entre la conectividad de las clases (áreas de conocimiento) y el número de agentes que participan en cada clase. Por ello, el grado de

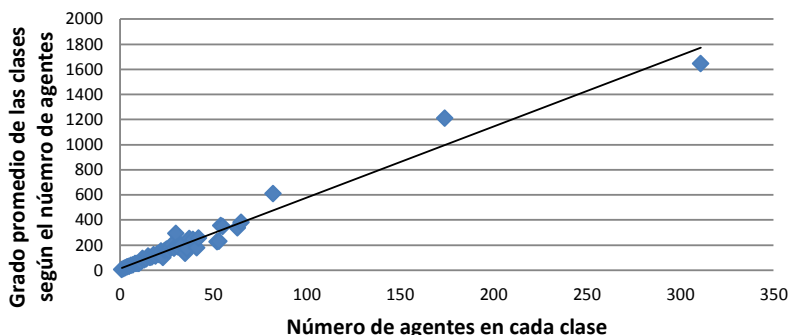
conectividad de cada clase adquiere una nueva importancia. Si el grado de conectividad de una clase (el número de clases con las que se conecta) es bajo o si el grado de conectividad es muy alto pero hay pocos agentes entonces es probable que no haya patentes traslapadas. Por el contrario, si el grado de conectividad conectividad es alto y hay muchos agentes, entonces podemos afirmar que es más probable que existan patentes traslapadas.

Veamos la evidencia. En la actividad inventiva de los vehículos eléctricos, participan 411 agentes distintos.²⁰³ Esto quiere decir que cada agente se relaciona con 5.82 clases en promedio. Sin embargo, la distribución no es normal, es una distribución de ley de potencia: muy pocas clases concentran muchos agentes (o alternativamente muchos agentes se concentran en pocas clases) y muchas clases tienen pocos agentes. Por ejemplo, la clase 180/65.1 concentra a 311 agentes (el 75.66% del total de agentes) mientras que 1499 clases (el 62.61% de las clases) sólo tienen un agente. La media de esta distribución es de 2.98 que resulta, en términos de patentes traslapadas, un número relativamente bajo. Por lo tanto, si consideramos sólo este indicador, cada agente tendría que negociar con un máximo de tres agentes adicionales para cubrir el total de patentes de una clase.

²⁰³ Que pueden ser empresas, centros de investigación (públicos o privados), universidades (públicas o privadas), organizaciones gubernamentales o inventores independientes (considerados en nuestro análisis como un solo agente).

GRÁFICA 15

GRADO PROMEDIO VS NÚMERO DE AGENTES



Fuente: Elaboración propia, *ibid.*

Sin embargo, la evidencia señala que existe una fuerte relación ($R^2=0.967$) entre el grado de conectividad de una clase y el número de agentes que participan en esa misma clase (Cf. Gráfica 15). La razón de este fenómeno se describe a continuación. Los desarrolladores de vehículos eléctricos enfrentan numerosos problemas, algunos de ellos relativamente simples y otros muy complejos²⁰⁴. Cuando el problema es complejo: 1) ningún agente puede resolverlo totalmente (por lo menos en el corto plazo); 2) el problema se divide en sub-problemas más simples los cuales sí pueden ser tratados y; 3) las soluciones a cada sub-problema son complementarias. Así, a nivel de sub-problema, se presentan dos casos: a) el surgimiento de múltiples soluciones a partir de la exploración de diversos campos tecnológicos, o b) el surgimiento de múltiples soluciones a partir de un conjunto común de clases. Estas dos posibilidades implican que un sub-problema puede ser resuelto por muchos grupos de clases distintos y que un mismo grupo de clases puede resolver distintos sub-problemas. De tal modo, que las clases se conectan de acuerdo al grado

²⁰⁴ Por ejemplo, el desarrollo del motor eléctrico o el sistema de acumulación de energía (baterías).

de complementariedad de los sub-problemas. Los agentes seleccionan los problemas y las áreas tecnológicas (clases) que pueden resolver de acuerdo a sus capacidades e intereses. En particular, las empresas automotrices ensambladoras patentan en una parte pequeña del total de clases: sólo en el 11.48% de las clases, pero en clases con grados de conectividad promedio de 66.6. Esto es, tres veces más que el promedio general de conectividad que es de 20.5.²⁰⁵ En todos estos procesos la posibilidad de que la naturaleza compleja del problema conduzca a la conformación de una densa red de clases y derechos de propiedad traslapados (patentes traslapadas) es mayor.

Conclusiones

Para indagar sobre la existencia de patentes traslapadas en el diseño y desarrollo de los vehículos eléctricos, periodo 1974-2012, este trabajo propone, integrando la teoría de Ostrom y la teoría de los sistemas complejos, una forma de representar la evolución del conocimiento tecnológico. A partir de la información que brindan las patentes –en particular la relacionada con las clases tecnológicas– se reconstruye la evolución tecnológica en la cual el conocimiento tecnológico se integra/desacopla en subsistemas cada vez más complejos. A continuación se resumen los principales hallazgos.

La evidencia permite señalar que en la evolución del conocimiento tecnológico de los vehículos eléctricos se presentan por lo menos 6 momentos a lo largo del periodo analizado. En el periodo 1976-1982, la actividad inventiva es baja (41 patentes), con una red de conocimiento/clases desconectada. De tal forma que cualquier incorporación de una nueva clase a esta red incrementa su entropía. De 1983 a 1990, la red de conocimiento prácticamente no se modifica (54 patentes registradas). Estos

²⁰⁵ Fuente de la información: Base de datos UAM/PECI. Proyecto “Sistemas Complejos Adaptables y Cooperación Tecnológica” CONACyT No. I0017-156204.

dos primeros momentos pueden caracterizarse como una fase de escasa actividad inventiva, con una red pequeña y relativamente desconectada.

A partir de 1991 y hasta 1995, la actividad inventiva se incrementa (92 patentes), pero sólo en algunas áreas de investigación (233 clases) –en especial, las vinculadas al desarrollo del motor eléctrico y vehículos pequeños– relativamente desconectadas entre sí. De 1996 al 2000, la actividad inventiva y los espacios de exploración de soluciones se expanden (235 patentes y 510 clases). Fundamentalmente, se incrementa el peso de la clase relacionada con el procesamiento de datos. Durante estos dos periodos la red de clases crece y se conecta más.

De 2001 al 2005, se presenta un fenómeno significativo: aumenta el número de patentes (504), de clases (879) y de subsistemas (de 29 en 2001 a 73 en 2005), pero el nivel de entropía no (con un mínimo de 3.02 y un máximo de 3.1). Es un periodo donde comienzan a emerger los subsistemas más definidos pero sin plena integración. La red comienza a ordenarse. En tanto que de 2005 al 2012 se presentan tres fenómenos. El primero es que, el número de subsistemas se reduce (de 73 a 36) y también el nivel de entropía (de 3.06 a 2.66). El segundo es que, el subsistema de procesamiento de datos mantiene su tendencia creciente y autonomía relativa con respecto del sistema (con un grado de conectividad de 943 para la clase 701/22, segunda clase más conectada) pero pasa al cuarto lugar de importancia relativa de los grupos. Y el tercero es que, el conjunto de patentes relacionadas con el desarrollo del vehículo híbrido tiene mayor número de conexiones entre los sub-sistemas principales (9407 conexiones con los cuatro principales grupos). Estos fenómenos en conjunto implican que la red adquiere un mayor orden jerárquico.

En resumen, la red de conocimiento de los vehículos eléctricos pasa de ser pequeña y relativamente desconectada (1978-1990), a una red más conectada (1991-2000); finalmente, se convierte en a una red conectada jerárquicamente (2001-2012).

Una de las virtudes de la teoría de redes es que permite reconstruir la complejidad de la evolución del conocimiento tecnológico. Es útil para explicar cómo el proceso de incorporación de nuevas clases tecnológicas en la red de clases, se produce por medio de micro-patronos. Y es a través de la existencia de diferentes micro-patronos que se puede explicar la emergencia de los subgrupos o subsistemas tecnológicos.

En la medida en que cada uno de los subsistemas tiene, internamente, un mayor número de interacciones con el resto de los subsistemas, adquiere la posibilidad de diferenciarse, consolidarse e incluso dominar el conjunto del sistema. Esta narración sintetiza la relación, que en un sistema tecnológico complejo, se establece entre los modelos de diseño integral y modular. En el estudio, se identifica y se describe la emergencia de tres subsistemas relevantes en los vehículos eléctricos: el asociado con el desarrollo del motor eléctrico (actualmente dominante), el asociado con el procesamiento de datos (el cual posiblemente dominara a la industria) y el asociado con el desarrollo de los vehículos híbridos (mismo que en los últimos años ha adquirido mayor importancia).

Es justo en estos subsistemas donde se observa simultáneamente tanto una alta conectividad entre las clases como una mayor densidad (población) de agentes participantes, lo cual es un claro indicador de la presencia de patentes traslapadas. De hecho, se demuestra que para el caso de la actividad inventiva de los vehículos eléctricos, existe una relación directa entre el grado de conectividad de las clases y el número de agentes que participan en las mismas. En toda la

red participan 411 agentes: empresas, alianzas, universidades, centros de investigación, gobiernos o inventores individuales. Esta diversidad de agentes implica que existen también diversos tipos de relaciones entre los mismos, sin embargo, los datos indican que en el 11.48% de las clases que se caracterizan por tener un alto grado de conectividad (66.62) patentan las empresas automotrices rivales. Así, es posible afirmar que en el desarrollo en la actividad inventiva de los vehículos eléctricos, existe conocimiento complementario (alta conectividad) y fragmentado (en propiedad de las diversas empresas automotrices rivales) que indican un escenario de anti-comunes. La solución de este escenario requiere de arreglos institucionales novedosos que eviten el mutuo bloqueo entre las empresas.

Después de este recorrido, se puede señalar que la teoría de los sistemas complejos permiten identificar la existencia y evolución de una densa red de: conocimientos tecnológicos, propiedad intelectual y agentes en el desarrollo de los vehículos eléctricos. La técnica de la teoría de redes y en particular la existencia de medidas cuantitativas de la evolución de la red nos permitieron con mayor rigor describir cuál es la relación de la naturaleza del bien con el problema de patentes traslapadas y el problema de los anti-comunes.

Bibliografía

- Baldwin C. J. y K. Clark (1999), *Design Rules*, Massachusetts, MIT Press.
- Ballardini, R. M. (2009) *The Software Patent Thicket: a Matter of Disclosure*. SCRIPTed, 6(2), pp. 208-233.
- Bessen J. y M. J. Maurer (2008), *Patent Failure: How Judges, Bureaucrats and Lawyers Put Innovators at Risk*, New Jersey, Princeton University Press.

- Bessen J. E., J. Ford y M. J. Meurer (2012), The Private and Social Costs of Patent Trolls. Regulation, no. 34, vol. 4, pp. 26.
- Clauset A., M. E. J. Newman y C. Moore (2004), "Finding Community Structure in Very Large Networks". PHYSICAL REVIEW E, 70, 066111.
- Clarkson G. y D. DeKorte (2006), The problem of Patent Thickets in Convergent Technologies. Ann New York Academic of Sciences, Issue 1093, pp. 180-200.
- Coriat B. (2011), From Natural-Resource Commons to Knowledge Commons. Common Traits and Differences. LEM Working Paper Series, núm. 16, pp. 1-26.
- Cowan R. y S. Hultén (1996), Escaping Lock-in: The Case of the Electric Vehicle. Technological Forecasting and Social Change, vol. 53, núm 1, pp. 61-79.
- Fixon S. y M. Sako (2001), Modularity in product architecture: Will the Auto Industry Follow the Computer Industry? (An analysis of Product Architecture, Market Conditions, and Institutional Forces). Fall Meeting 2001 International Motor Vehicle Program (IMVP), Cambridge MA.
- Frenken K., L. Marengo y M. Valente (1998), Interdependencias, Nearly-Decomposability and Adaptacion. Workshop "Agent-based and Population-based Modelling", Max-Planck-Institute, Jena.
- Heller M.A. y R. Eisenberg (1998), "Can Patents Deter Innovation? The Anticommons in Biomedical Research", Science, vol. 280, núm. 5364, pp. 698-701.
- Heller M. A. (2008), The Gridlock Economy, New York, Basic Books.
- ____ (1998), "The Tragedy of the Anticommons: Property in the Transition from Marx to Markets", Harvard Law Review, vol. 111, núm. 3, pp. 621-688.
- Hess C. y E. Ostrom (2007), "Ideas, Artifacts, and Facilities: Information as a Common-Pool Resource", Law and Contemporary Problems, vol. 16, núm. 111, pp. 111-145.
- Holland J. H. (1996), El Orden Oculto, de como la Adaptación Crea la Complejidad, México, FCE.

- IPO (2011). Patent thickets. Team Intellectual Property Office Patent Informatics. Newport: IPO.
- Juliussen E. y R. Robinson (2010), Is Europe in the Driver's Seat? The Competitiveness of the European Automotive Embedded Systems Industry, Lóndres, Institute for Prospective Technological Studies, European Comission.
- Kauffman S. A. (1993), The Origins of Order: Self-Organization and Selection in Evolution, New York, Oxford University Press.
- Langlois R. N. (2002), "Modularity in Technology and Organization", Journal of Economic Behavior & Organization, vol. 9, núm. 1, pp. 19-37.
- Lara A. (2014), "From Complex Mechanical System to Complex Electronic System: The Case of Auto-mobiles", International Journal of Automotive Technology and Management, vol. 14, núm. 1, pp. 65-81.
- Lara A. y C. E. Salazar (2013), "Complejidad, Instituciones y Trayectoria Tecnológica del Automóvil: El Caso de la Batería de Plomo-Ácido". En F. Novelo, El Retorno del Desarrollo, México, UAM-X, pp. 101-121.
- Lara A. y A. Gracia (2005), "Coordinación Interfirma y Cercanía Geográfica. El Caso de Volkswagen-Puebla". En A. Lara, H. Juárez y C. Bueno, El auto global. Desarrollo, competencia y cooperación en la industria del automóvil, Puebla: BUAP, UAM-X, UI y CONACYT, pp. 431-455.
- Mandelbrot B. (1997), La Geometría Fractal de la Naturaleza, Barcelona, Tusquets Editores.
- Ostrom E. (1990), Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action, New York, Cambridge University Press.
- Ostrom E. (2005), Understanding Institutional Diversity, Princeton, New Jersey, Princeton University Press.
- Page S. E. (2011), Diversity and Complexity, Princeton, Princeton University Press.
- Pandremenos J., J. Paralikas, K. Salonitis y G. Chryssolouris (2009), Modularity Concepts for the Automotive Industry: A critical Review.

- CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology, vol. 1, núm. 3, pp. 148-152.
- Poteete A. R., M. A. Janssen y E. Ostrom (2011), *Working Together: Collective Action, the Commons, and Multiple Methods in Practice*, Princeton, New Jersey, Princeton University Press.
- Reyes J. (2012), *Diversidad y Complejidad en el Sector de Baterías en el periodo 1976-2010*, México, UAM, tesis doctoral.
- Sanchez R. y J. T. Mahoney (2003), *Modularity, Flexibility, and Knowledge Management in Product and Organization Design*. En K. A. Garud R., *Managing in the Modular Age. Architectures, Networks and Organizations*, Oxford, Blackwell Publishers, pp. 362-389.
- Shapiro C. (2001), "Navigating the Patent Thicket: Cross Licenses, Patent Pools, and Standard-Setting". En A. B. Jaffe, *Innovation Policy and the Economy*, Cambridge, MIT Press, pp. 119-150.
- Ulrich T. K. y S. D. Eppinger (2009), *Diseño y Desarrollo de Productos*, México, Mc Graw Hill.
- Van Overwalle G. (2009), *Gene Patents and Collaborative Licensing Models: Patent Pools, Clearinghouses, Open Source Models and Liability Regimes*, Cambridge University Press.
- von Graevenitz G, Stefan Warner, Dietmar Harhoff (2011), *How to Measure Patent Thickets: a Novel Approach*. *Economics Letters*, 111(1), pp. 6-9.
- Watts D. J. (1999), *Small Worlds: The Dynamics of Network between Order and Randomness*, Pinceton, New Jersey, Pinceton University Press.

Anexo metodológico

Los pasos generales que se siguieron para la construcción de las redes de este trabajo fueron:

- a) Del sistema de información de patentes de la USPTO (<http://patft.uspto.gov/netahtml/PTO/search-adv.htm>) se descargaron las patentes del 1 de enero de 1976 al 20 de noviembre de 2012 correspondientes a las clases tecnológicas 180/65.1, 180/65.21 y 701/22 por medio del comando de búsqueda (ccl/180/65.1 or ccl/180/65.21 or ccl/701/22)
- b) Se extrajeron todas las clases tecnológicas y se ordenaron en una nueva base.
- c) Con los datos de dicha base, se construyó la matriz de adyacencia de las clases vinculadas por patentes. Es decir, para cada par de clases se la asignaba un vínculo si una patente contenía dicho par de clases.
- d) Se introdujo esta matriz en el programa de análisis de redes NodeXL, anexando una columna en la que se especificaba el año que por primera vez se patentó en cada clase.
- e) Se generaron las redes y sus estadísticos para su análisis posterior.

7

La tragedia de los anti-comunes en la construcción del conocimiento del genoma humano

Helder Osorio

Arturo Lara

Introducción

En la teoría económica institucional, tanto en la tradición de Coase como en la de Ostrom, está ganando importancia un fenómeno novedoso denominado tragedia de los anti-comunes.²⁰⁶ Se señala que la fragmentación de la propiedad intelectual del genoma humano, bajo la forma de patentes, puede detener los procesos de innovación y conducir a la subutilización del bien. La literatura sobre los anticomunes explica este problema desde la perspectiva de la evolución de los derechos de propiedad formales (Heller, 1998; Heller 2008; Michelman, 1985).

²⁰⁶ Mientras que el uso irrestricto de un bien común puede conducir a la sobre-explotación y agotamiento del recurso (Hardin, 1968, 1243-48.); la fragmentación de la propiedad puede conducir a la subutilización del recurso, o tragedia de los anti-comunes. El concepto anti-común fue acuñado por Frank Michelman (1985).

¿La tragedia de los anti-comunes es un problema que gira exclusivamente en torno a las reglas formales? Creemos, siguiendo a Elinor y Vincent Ostrom, que no. Las reglas formales, como los derechos de propiedad intelectual, representan de manera limitada la naturaleza de la acción individual y colectiva. Para construir una explicación más realista es necesario ir más allá de esta explicación.

Es conveniente considerar las normas o reglas informales que construyen los agentes. Elinor Ostrom ha elaborado un programa de investigación muy rico y preciso en este sentido. Programa que permite representar las distintas formas que tienen los agentes para enfrentar el uso de los recursos (bienes y conocimiento) comunes. En esta explicación, los agentes no son actores pasivos sino activos y con múltiples capacidades para comprometerse en distintas actividades de cooperación. Para analizar las distintas variedades de gobierno, Ostrom ha desarrollado una valiosa gramática institucional. En general, la escuela de Bloomington ha enfatizado la necesidad y pertinencia de incluir la información, el conocimiento, la comunicación y la coordinación como bloques de construcción para comprender la emergencia del orden social.

La pretensión de estudiar la evolución del conocimiento y las distintas formas de cooperación en torno al genoma humano puede parecer muy ambiciosa. Sin duda todavía falta mucho para construir una explicación precisa; más aún cuando la ciencia de la genómica está en proceso de construcción. Por ello, no se ofrece aquí tanto respuestas, sino más bien una manera de representar este proceso. Se propone una perspectiva analítica que permita: identificar las dimensiones y variables relevantes; construir preguntas significativas que ayuden a diseñar taxonomías y patrones de explicación más complejas.

La pregunta central que guía el presente trabajo es la siguiente: ¿Cuáles son los factores que explican la cooperación en el

desarrollo del conocimiento del proyecto del genoma humano? Se consideran como factores claves: la naturaleza compleja de gen/función; la evolución de los derechos formales e informales de propiedad, y las características de los agentes (individuos y organizaciones).

El trabajo está dividido de la siguiente manera. En la primera parte, siguiendo una concepción realista del objeto de estudio, se examina la estructura compleja de la interacción gen/fenotipo. La distinción de dos clases de genes (mendeliano y complejo) permite explicar la fragmentación de la propiedad intelectual (patente traslapada) y de la necesidad de construir formas de cooperación. En la segunda parte, se considera la existencia de tres tipos de agentes: i) agente egoístas, ii) agentes cooperadores condicionales, y; iii) agentes altruistas. Esta sección contribuye a integrar la importancia de las reglas informales para el entendimiento de las motivaciones de cooperación de los distintos agentes. En la tercera parte, en el contexto de formas de patentamiento complejos se proponen esquemas conceptuales y explicativos que permitan identificar las distintas trayectorias de cooperación o conflicto. Finalmente, presentamos un conjunto de conclusiones.

Complejidad gen/fenotipo, derechos de propiedad y cooperación

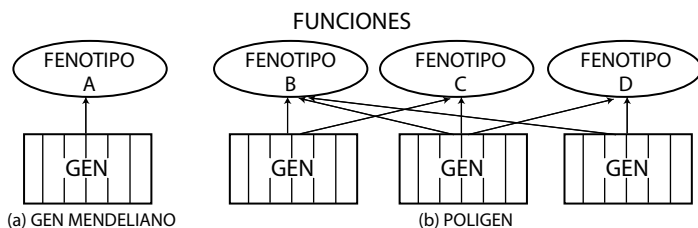
Se considera que existe un conjunto de condiciones objetivas y ontológicas que pueden o no conducir a que los agentes cooperen. En una primera aproximación se puede señalar que la cooperación depende de la estructura de la naturaleza. El hecho que los genes individuales contribuyan, de manera conjunta o separada en la expresión fenotípica, tiene implicaciones sobre la necesidad o no de la cooperación. Se puede identificar un

conjunto de configuraciones genes/funciones que ayuden a dilucidar la estructura del problema. Se distinguen dos casos.

La más sencilla de las interacciones es aquella en la que la expresión fenotípica es producto de un solo gen.²⁰⁷ La interacción gen/fenotipo es estable y bien definida; no existe incertidumbre. A este caso se le denomina gen mendeliano (Cf. Figura 1). La fibrosis quística y la enfermedad de Huntington son ejemplos de enfermedades que se manifiestan por la alteración en un sólo gen específico.

FIGURA 1
MAPA DE LA FUNCIÓN GEN/FENOTIPO

Fuente: Elaboración propia.



Sin embargo, cuando una expresión fenotípica está relacionada con más de un gen, la interacción es compleja o poligénica (Cf. Figura 1). Así, mientras mayor sea el número de genes y mayor su interdependencia, resulta más complicado identificar la conexión gen/fenotipo. Todos estos factores convierten en costosa e incierta la construcción de una explicación causal: El gen “X” tienen la función “Y”. Algunas de las enfermedades crónicas más comunes (como la hipertensión arterial, el Alzheimer, la esquizofrenia, el asma, la diabetes mellitus, las enfermedades

²⁰⁷ Aunque la clasificación de las enfermedades genéticas en mendelianas y poligénicas o complejas resulta un tanto esquemática, esta imagen estilizada nos permite construir hechos estilizados de manera más parsimoniosa o sencilla. Ambos conceptos son utilizados por el National Human Genome Research Institute (<http://www.genome.gov/>).

cardiovasculares y varios tipos de cánceres) son poligénicas, es decir, son producidas por la combinación de diversos factores ambientales y por mutaciones en varios genes.

Aproximadamente 20% de los genes humanos están explícitamente solicitados (claimed) como propiedad intelectual; 63% de esas patentes están asignadas (assigned) a firmas privadas, mientras que el 28% a entidades públicas (gobierno, universidades, instituciones de investigación y Hospitales). Aunque largas extensiones del genoma están sin patentar, regiones específicas presentan una densa actividad de patentamiento. La concentración (o fragmentación) en la propiedad de los genes, medida a través del índice de Herfindahl, está distribuida de la siguiente manera: aproximadamente 3000 genes (con un índice de 10,000 puntos) pertenecen a un único propietario; los demás genes, unos 1700 genes, tienen una propiedad fragmentada (dos o más patentes por gen) con varios niveles de concentración (Jenssen, *et al*, 2005).

Asumiendo que, en la exploración del mapa del genoma humano participan una población numerosa y dispersa de agentes (organizaciones e individuos), y que conforme pasa el tiempo personas distintas obtienen la propiedad intelectual de fragmentos distintos del genoma humano, surge la pregunta: ¿Cuáles son las implicaciones de estas distintas configuraciones sobre los procesos de cooperación?

Patente traslapada y Cooperación

El derecho de propiedad intelectual y su vigilancia son una invención social que tiene como objetivo regular, proteger e impulsar la actividad inventiva de los agentes. Un sistema institucional que se planteó solucionar o al menos regular la

problemática referente a la invención, sin embargo, ha generado sus propios desafíos o amenazas. La regulación de los derechos de propiedad intelectual busca dar certeza a los agentes que asumen el riesgo de llevar a cabo procesos inventivos, a su vez, esta misma iniciativa ha propiciado nuevas áreas de incertidumbre, como las patentes traslapadas (patentes thickets), que afectan el desempeño de los agentes (Ostrom, 1980, 309).

Las patentes traslapadas son un fenómeno que ha sido generado por el régimen de derechos de propiedad intelectual. Éste se da cuando un conjunto de patentes con funciones relacionadas se traslapa, para obtener un resultado comercial es necesario obtener las licencias de múltiples poseedores de patentes (Shapiro, 2001).²⁰⁸

De esta manera, si un agente está interesado en comercializar una tecnología específica debe obtener la licencia de distintos agentes. Por lo tanto, los costos por generar una nueva tecnología se elevan, ya que se debe pagar a múltiples propietarios. Esta problemática impide a la sociedad el acceso a: la información, la generación de nuevas tecnologías y –en consecuencia– la infrautilización del conocimiento. En la literatura se conoce este resultado como la tragedia de los anti-comunes.

Pero ¿cómo o de qué manera emerge esta problemática? En el caso del gen mendeliano cuando un agente identifica la conexión causal entre un gen y su expresión fenotípica, la registra como patente y el proceso concluye en ese punto. El propietario

²⁰⁸ Existen diferentes interpretaciones sobre el significado de patentes thicket. Dependiendo del problema se enfatiza una u otra dimensión. Para D'Silva y DeKorte la dimensión relevante de la patente traslapada, se localiza a nivel de la fragmentación de la tecnología (D'Silva, *et al*, 2006). Para Mossof en cambio el problema reside en cómo los derechos de propiedad traslapados inciden sobre la comercialización de productos (Mossof, 2011). En tanto que para Van Damme y Keunen lo relevante reside en que al menos un propietario bloquea la producción de una innovación (Van Damme y Keunen, 2009).

puede otorgar licencias sin obstáculo alguno. En cambio, cuando la relación de causalidad involucra múltiples genes que actúan de manera interdependiente el proceso de construcción de los derechos de propiedad intelectual y la obtención de licencias resulta más complicado.²⁰⁹

Durante el avance del conocimiento científico se van registrando nuevas relaciones causales gen/fenotipo. Cuando los científicos se encuentran con una interacción compleja de genes, es usual que se identifiquen y patenten sólo un subconjunto de las interacciones. El problema surge cuando distintos tramos de la relación gen/fenotipo han sido patentados por distintos individuos. En consecuencia, para tener acceso a la tecnología se requiere negociar y obtener licencias de múltiples agentes.

Pareciera contra-intuitivo considerar que con un incremento en la capacidad inventiva los agentes se vuelven más ignorantes. Esto se puede explicar ya que con una especialización y profundización del conocimiento en partes específicas por parte de los agentes, en el agregado se tendrá un acervo del conocimiento cada vez mayor, lo que hace que relativamente el agente ignore más sobre lo que los otros saben, aun cuando él comprenda más sobre un área específica. Así, los agentes tendrán problemas al tratar de vislumbrar la gama de posibilidades e implicaciones que puedan tener sus descubrimientos.

De tal suerte que, por un lado, se observa un avance científico debido a un número mayor de investigaciones, pero por otro lado, debido al régimen de propiedad intelectual, se tiene una multitud de “poseedores” de conocimiento. La posible utilización de dichos descubrimientos para propósitos concretos, como su comercialización, precisa el ensamble de esos derechos de propiedad.

²⁰⁹ Si un agente logra identificar el mapa completo de las interacciones multigénicas con el fenotipo, y las registra como patente, entonces el proceso concluye en ese punto.

Una fuerza explicativa que revela la formación de los consorcios de patentes se asocia al grado de complejidad del gen/fenotipo. Si la naturaleza de la relación gen/ fenotipo es compleja y si la propiedad está fragmentada, entonces se requieren distintas formas de cooperación entre los agentes. Si ellos pueden negociar de manera exitosa entonces se evita la tragedia de los anti-comunes. Sin embargo, si no alcanzan un acuerdo, y si no se puede ensamblar las distintas tecnologías complementarias, entonces se produce la tragedia de los anti-comunes. Por lo tanto ¿cuáles son las vías que permiten a los agentes enfrentar esta tragedia?

Frente a este problema se abren distintas formas de cooperación. La primera es que las partes involucradas puedan convenir en algún acuerdo para destrabar esta situación. Los propietarios de las patentes deciden cooperar ensamblando sus patentes complementarias como un consorcio de patentes ("patent pool"). Dicho acuerdo permite a los propietarios negociar con terceros, a bajo costo de transacción y rápidamente. El resultado: permitir el ensamble de derechos y de tecnologías complementarias, para su uso comercial. El objetivo del acuerdo puede ser también el compartir los "royalties", si se desea comprometerse en la producción, o en su defecto crear un sistemas de licencias cruzadas (Goldstein, 2009).

En el caso en el que no prospere acuerdo alguno entre los propietarios, puede intervenir algún agente externo (Gobierno) que contribuya al logro de un acuerdo (Verbeure, 2009). Otra posibilidad es que no exista acuerdo alguno entre los propietarios de patentes. ¿Cómo explicar la emergencia de estas distintas posibilidades? Para formular una respuesta es necesario integrar en el análisis la naturaleza de los distintos agentes, las reglas informales y por ende las instituciones.

Agentes, Instituciones y Cooperación: Hechos estilizados

Teniendo en consideración las distintas experiencias de la comunidad científica internacional comprometida en el desarrollo del genoma humano se construyó una tipología de agentes. La teoría de juegos de segunda generación, de inspiración realista, ha puesto en evidencia una diversidad rica de comportamiento y motivos (Ostrom, 2005). Se puede agrupar esta heterogeneidad en tres clases de agentes. Por una parte agentes: egoístas que no cooperan; cooperadores condicionales y altruistas. Esta tipología concuerda con los resultados reportados por la economía experimental.

▪ Estrategia Egoísta

Un agente se comporta de manera egoísta cuando, dada unas preferencias, busca maximizar su beneficio individual relegando las preferencias y el bienestar de los demás. Su comportamiento y motivación reflejan procesos mentales racionales deliberados que son independientes del ambiente social y ecológico concreto.

En el contexto de nuestra discusión, se puede considerar como egoísta a aquel agente que no tiene motivos para cooperar y compartir información. Con las patentes que posee busca el control de los procesos de investigación y comercialización así como la exclusión de los competidores existentes y potenciales²¹⁰. Aspira al monopolio individual de los resultados de la investigación científica. El agente busca controlar de manera individual la propiedad de sus patentes y de esta manera, capturar la totalidad de las ganancias.

²¹⁰ La empresa biotecnológica Sequana quien realizó estudios relacionados con los genes asociados al asma se negó a revelar sus descubrimientos. Esta acción contravino lo que se tiene acostumbrado en la comunidad científica, es decir, publicar los hallazgos mediante un artículo detallado en alguna revista científica de prestigio. Pronto esta práctica se volvió común entre empresas de biotecnología y farmacéuticas, ya que al hacer esto preservaban una ventaja para con sus competidores y que a la vez podría atraer nuevas inversiones (Davies, 2001).

No está motivado a entrar en formas de cooperación que resulten, por ejemplo, en la creación de un consorcio de patentes. En la literatura se describe a esta estrategia como la resistencia (holdouts) de un propietario de una patente a incluirse dentro de un consorcio de patentes.

Esta clase de agentes puede encontrarse en empresas genómicas que de manera deliberada buscan bloquear la competencia y/o obtener el máximo beneficio en la negociación (Goldstain, 2009). A nivel individual, las reglas informales y formales de las instituciones científicas alientan carreras académicas sobre la base de los logros individuales y no fomentan precisamente la cooperación (Ostrom, *et.al*, 2003).

▪ Agente cooperador condicional

El agente cooperador condicional se guía por objetivos propios, pero a diferencia de un agente egoísta puro, coopera en la medida en que los demás también lo hacen. Es un agente que tiene la capacidad de considerar su entorno y las condiciones específicas de la micro-situación. Esta clase de agente no sólo persigue su interés propio y de corto plazo, él se preocupa por construir una reputación que le permita cooperar en condiciones de confianza y de reciprocidad.

En este sentido, esta clase de agente comunica sus preferencias, así como también presta atención a las preferencias de otros agentes. Para seguir esta estrategia la comunicación es primordial, se deben crear vínculos sociales que contribuyan a la transformación del conocimiento individual en conocimiento común. Esta capacidad (Ostrom, 2005) o racionalidad ecológica (Smith, 2008) le permite al agente establecer acuerdos de cooperación, siempre y cuando los otros agentes sigan la misma norma.

Este comportamiento expone al cooperador condicional a niveles mayores de incertidumbre estratégica. Cooperar implica riesgos, por ejemplo, los agentes con los cuales coopera pueden comportarse de manera oportunista. De esta manera, para asegurarse que los cooperadores sigan las mismas normas, el agente debe monitorear el cumplimiento de los acuerdos. Se trata de actividades de monitoreo que implican frecuentemente grandes costos de transacción (Williamson, 1989). Sin embargo, la estrategia de cooperación condicional, cuando acelera y permite la innovación, genera mayores ganancias para los participantes.

En el proyecto de la genómica este tipo de cooperadores puede asociarse al establecimiento de consorcio de patentes (patent pools). Cabe decir que su uso en la genómica se encuentra en su infancia y que se requieren más investigaciones para detectar su frecuencia.²¹¹

▪ Agente altruista

La estrategia altruista, en el campo científico, no obedece a motivaciones provenientes del mercado. No busca, en primer lugar, excluir a otros de sus propias investigaciones y resultados. En esta población de agentes se encuentran motivaciones heterogéneas.

Por una parte, los agentes motivados por fines altruistas pueden o no patentar sus hallazgos. Si obtienen la propiedad intelectual es para evitar que sus resultados sean apropiados y explotados por otros agentes. Buscan contribuir a la creación de nuevas oportunidades para la investigación científica. Liberar el conocimiento de los límites que impone la propiedad privada,

²¹¹ En el sector electrónico, telecomunicaciones y de software es mucho más frecuente el establecimiento de consorcio de patentes para enfrentar el problema de la patente traslapada (Horn, 2009).

para que más agentes dispongan de nuevos conocimientos y mayores posibilidades de hacer progresar la ciencia.

El comportamiento altruista puede expresar asimismo los compromisos asumidos por parte de los investigadores o centros de investigación con el gobierno o con las instituciones financiadoras interesadas en fortalecer el conocimiento público. El comportamiento altruista puede estar motivado también por una búsqueda de prestigio o de satisfacción personal por parte de los investigadores.

La existencia del altruismo contradice la idea de un agente monolítico, una máquina utilitarista que responde a un solo tipo de motivación. Una parte de los objetivos de los agentes es transmitida por la comunidad a la que pertenecen, como el prestigio, o la satisfacción personal. Estas características del agente no lo hacen menos “racional” o más “ingenuo” (naïve), por el contrario lo hace un agente más “completo”.²¹²

El agente altruista no es un caso imaginario que se construya con propósitos académicos. En el caso de la genómica, se cuenta un ejemplo ilustrativo de agente altruista, el caso de Golden

²¹² El altruismo como problema teórico y empírico ha sido relegado de la teoría económica estándar. No así para un conjunto amplio de disciplinas (economía institucional, economía experimental, neuro-economía, sociología, antropología, psicología, biología evolutiva, neurociencia entre otras), para las cuales el lugar del altruismo permite explicar formas sociales complejas de evolución de la cooperación (Bowles, *et al*, 2011; Ostrom, 2005; Smith, 2008). Incluirla en el análisis puede marcar diferencias notables cuando se busca explicar la cooperación entre agentes. Permite representar de manera realista y compleja al ser humano. Desde el punto de vista de la historia, la evidencia de su importancia se encuentra en la evolución de la especie humana (Gazzaniga, 2008; Hauser, 2006). Incluso una actividad considerada profundamente individualista, como la de los científicos, se relaciona con el altruismo. Numerosos proyectos de cooperación colectiva científica se cristalizan gracias a las motivaciones altruistas de los agentes (Benkler, 2006). Ejemplos paradigmáticos de proyectos de colaboración son Linux, Wikipedia, entre otros (Nielsen, 2012). Estos proyectos funcionan mediante la colaboración masiva de agentes, que alienta la sinergia, la atención compartida y el trabajo en paralelo. Todos estos logros, son explicados por la conjunción de motivaciones extrínsecas e intrínsecas (Benkler, 2006; Deci y Ryan, 2000).

Rice estudiado por Verbeure (Verbeure, 2009). El investigador Potrykus, para enriquecer genéticamente los granos de arroz con caroteno-B, precursores de la vitamina A, y así ayudar a introducir la variedad, en países en desarrollo, descubrió en el transcurso de su investigación que en torno al “arroz dorado” existían 70 patentes de 22 diferentes compañías y universidades. Apoyado en razones humanitarias, Potrykus obtuvo las licencias de seis propietarios de patentes claves para sub-licenciarlas, libre de cargos, a países en desarrollo. En torno a este proyecto se desarrolló una organización humanitaria voluntaria Humanitarian Board (“HumBo”) con el propósito de apoyar a los gobiernos y a los tomadores de decisiones. Este es un caso raro de conjunción de organizaciones públicas y privadas que enfrentan con éxito el problema de las patentes traslapadas y de la tragedia de los anticomunes. Es un caso exitoso motivado por agentes altruistas.

Los Agentes, Estrategias y Trayectorias

¿Qué ocurre cuando agentes distintos poseen patentes complementarias y necesitan cooperar? Para responder a esta pregunta y explorar posibles soluciones a este dilema en esta sección se construye, basado en hechos estilizados, una taxonomía de tipos de trayectorias.

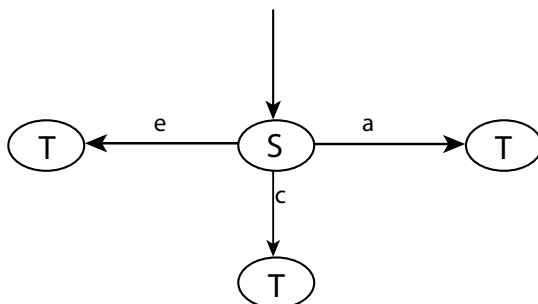
Para simplificar el análisis y para identificar de manera sencilla los distintos dilemas se supone la existencia de dos agentes, S y T. Cada uno de ellos es propietario de una patente (ambas patentes por ejemplo vinculadas a una enfermedad poligénica específica). Ambas patentes son necesarias para lanzar al mercado un medicamento, prueba o diagnóstico clínico.

El comportamiento no es estático. Puede cambiar como resultado de la revisión interna de los valores, de las metas del

agente²¹³ y de las transformaciones que ocurren en el ambiente socio-ecológico (Poteete, 2010). Así, en un primer encuentro, el agente decide cooperar y después, por alguna razón interna o externa, puede cambiar y comportarse de manera egoísta. El agente se adapta a su medio, experimenta diferentes estrategias, se equivoca, engaña a otros agentes, cede para obtener beneficios en el futuro, etc. El agente evalúa sus condiciones y actúa en consecuencia, puede imaginar o anticipar escenarios futuros, en otras palabras, son agentes estratégicos que aprenden y se adaptan al ambiente (Lara, 2012).

FIGURA 2

ESTRATEGIAS DE JUEGO EN CONDICIONES DE PATENTES TRASLAPADAS



Fuente: Elaboración propia.

Desde esta perspectiva, en esta tercera sección, se busca identificar cuáles son las distintas estrategias de juego de dos agentes (S y T). El juego se juega de manera secuencial. Primero juega un jugador, luego el otro. Se considera que cada agente puede comportarse de manera egoísta, cooperador condicional o altruista. Estas tres conductas se examinan a continuación. Al representar la dinámica de esta manera, es posible analizar

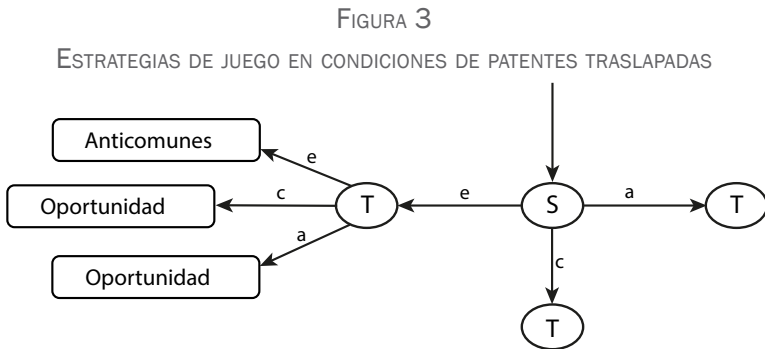
²¹³ Más adelante se expondrán casos en los cuales los agentes cambian de estrategias (y comunidades), o en los que los ambientes se van modificando y esto en conjunto permea la manera en que se lleva a cabo el juego.

cada una de las implicaciones de las trayectorias del juego para resolver los problemas asociados a las patentes “traslapadas”.

Comencemos el juego. EL agente S posee una patente con mayor relevancia²¹⁴ que la patente del agente T, lo cual le permite jugar primero. El esquema 1 ilustra las opciones que tiene el agente S para interactuar con T.

El agente S tiene tres opciones. Puede decidir actuar egoísta (e), cooperador (c) o altruista (a). El agente T tiene también las mismas opciones para responder a cada una de las jugadas de S. Por ello es que, asociado a cada jugada de S se señala una posible respuesta de T.

La figura 3 es una extensión del esquema 2. Se puede observar que el diagrama se ha ampliado del lado izquierdo, significa que sólo se consideran las posibles respuestas de T: egoísta (e), cooperador (c) y altruista (a) dado que S elige la salida egoísta.



Fuente: Elaboración propia

Se puede identificar una primera trayectoria: S y T eligen comportarse de manera egoísta. Para cada uno de los agentes

²¹⁴ Esto puede deberse a que S ha descubierto y/o registrado como patente cierta relación causal antes que el agente T.

esta es una situación no deseable: el conocimiento o tecnología de ambos se bloquea, se produce la tragedia de los anti-comunes. Una segunda trayectoria es que S elija ser egoísta y T coopere. Algo similar ocurre cuando se considera la tercera trayectoria, en la que S juega de manera egoísta y T altruista. En estas dos últimas situaciones el comportamiento de S impide la cooperación. El agente S bloquea las posibilidades de la explotación conjunta de la tecnología. Es posible que S busque obtener mayores ganancias cuando T pague a S los "royalties" por el uso (no autorizado) de su patente, o que pretenda bloquear a la competencia.

En estas dos últimas trayectorias existe la posibilidad de que la interacción entre S y T se extienda. El agente T, al enviar señales a S de cooperación o de altruismo, puede motivar a que S reconsidere o reevalúe su estrategia y se destrabe la situación. El comportamiento de T abre oportunidades a la cooperación. Los agentes aprenden a cooperar observando el comportamiento de los demás.

La figura 4, representa las tres estrategias distintas de T cuando S coopera. La primera, cuando T decide conservar sus derechos exclusivos de manera egoísta. T busca de manera oportunista obtener un pago mayor de la licencia de su patente, o de manera defensiva impedir el uso de su patente por parte de la competencia (Goldstein, 2009). Shapiro (Shapiro, 2001) denomina a esto como un problema de resistencia ("hold-up") del agente a participar en un consorcio de patentes. Esta trayectoria conduce a la tragedia de los anticomunes.

Las estrategias de protección de productos y procesos de investigación a través de las patentes es una medida defensiva que han utilizado los laboratorios farmacéuticos. La demanda y el litigio son parte de las herramientas estratégicas que cada

laboratorio incorpora en su estrategia global de negocios. Las farmacéuticas Lilly ICOS y Pfizer se enfrascaron en el 2002 en una controversia sobre la propiedad y usufructo en posibles segundos usos del Viagra (sildenafil citrate). Otro caso se dio con el medicamento Omeprazol, que se usa para inhibir la secreción de ácidos en el estómago, cuando surgió una manera diferente de administración y se desató un litigio por ver quién poseería los derechos de esta nueva presentación.

En la segunda trayectoria T coopera²¹⁵ (Cf. Figura 3). S y T entonces pueden construir acuerdos que les permitan ensamblar sus derechos de propiedad y explotar de manera conjunta sus patentes complementarias²¹⁶. La cooperación entre S y T puede conducir (entre varias opciones) a la creación de un consorcio de patentes, o a una cámara de compensación (“clearinghouse”).

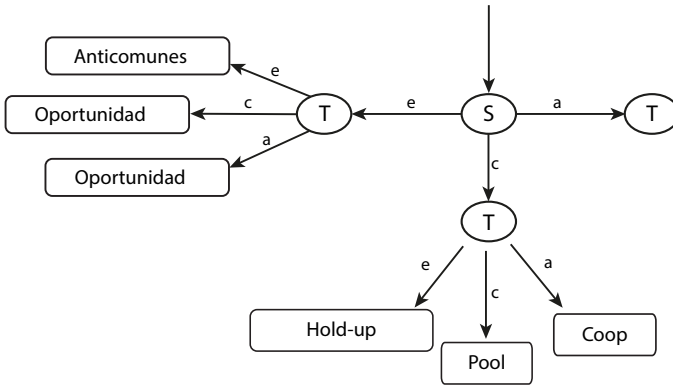
El consorcio de patentes permite integrar en un solo “paquete” patentes relacionadas de dos o más propietarios. Este tipo de convenios tiene como finalidad resolver los posibles conflictos entre propietarios, además de brindar una representación conjunta hacia terceros. Asimismo permite solucionar el

²¹⁵ El caso de la insulina ejemplifica esta situación. La primera insulina resultante de estudios genéticos se logró al asociarse Genentech (Boyer) y el laboratorio Eli Lilly (1982). Esta última pagó royalties a la primera para lograr su producción. Asimismo, podemos mencionar casos en los que la cooperación se dio al interior de la comunidad científica: La ubicación del gen responsable de la enfermedad de Huntington (1993), fue una colaboración internacional entre sesenta investigadores (Davies, 2001, 106). El aislamiento del gen responsable de la fibrosis quística fue resultado del trabajo conjunto de Lap-Chee Tsui quien lo había ubicado en el cromosoma 7 y Francis Collins quien ideó un método de secuenciación llamado “clonación posicional” (1989). (New York Times, 23 de Agosto 1989: <http://www.nytimes.com/1989/08/23/us/research-group-reports-success-in-finding-gene-for-cystic-fibrosis.html>), Un caso similar sucedió con el gen responsable de la neurofibromatosis (Davies, 2001, 19,104-105). Por otro lado, podemos mencionar acuerdos ente empresas: Para 1994, Millennium Pharmaceuticals y la farmacéutica Hoffman-LaRoche llegan a un acuerdo por 70 millones de dólares para desarrollar medicamentos contra la diabetes y la obesidad (*Ibid*:98). La corporación biofarmacéutica Human Genome Sciences (HGS) vendió el acceso a sus bases de datos sobre marcadores de secuencia expresada o EST a la farmacéutica británica SmithKline-Beechan (SKB) por la cantidad de 125 millones de dólares. A su vez, este hecho desencadenó una serie de acuerdos similares (*Ibid*:134).

²¹⁶ Acuerdos que suponen la existencia de costos de transacción (Coase, 1960).

problema de las patentes traslapadas. Dos ejemplos de consorcio de patentes ilustran esta posibilidad. El caso del Síndrome Respiratorio Agudo Severo [Severe Acute Respiratory Syndrome] SARS; y el caso de la Proteína Verde Fluorescente, GFP [Green Fluorescent protein].

FIGURA 4
ESTRATEGIAS DE JUEGO EN CONDICIONES DE PATENTES TRASLAPADAS



Fuente: Elaboración propia.

Otro mecanismo, para lidiar con el problema de la patente traslapada es la cámara de compensación (clearinghouses) Mediante este mecanismo, un grupo de propietarios de patentes acuerdan crear un sistema de compensación por el uso de patentes. Este esquema de cooperación busca reducir los costos de transacción, al tener un esquema más laxo, pero más amplio con respecto al consorcio de patentes. Un ejemplo del potencial de esta forma de gobierno se relaciona con las patentes vinculadas al diagnóstico genético (Van Zimmeren, 2009).

En la tercera trayectoria, S coopera y T responde de manera altruista (Cf. Figura 4). El agente S sin embargo coopera con condiciones: creando restricciones o exigiendo compensación a

T por el uso de sus patentes. Un ejemplo de este comportamiento es el de Celera.²¹⁷ Con el fin de levantar barreras al uso de las patentes del genoma humano y así fomentar nuevas investigaciones Celera puso a disposición de la comunidad científica una parte de su información genética. La liberación, sin embargo, se produce con arreglo a ciertas condiciones. A cambio del uso de sus patentes, Celera demanda a los usuarios de la misma tener acceso a sus resultados de investigación, seis meses antes de su publicación²¹⁸.

El TIGR (The Institute for Genomic Research) es uno de los centros de investigación genómica más importantes y, por algún tiempo fue contraparte en la carrera por la secuenciación del genoma humano por parte del Human Genome Project. Craig Venter, un científico de los NIH fue su fundador y líder. El éxito de TIGR para obtener y organizar información fue el uso del ordenador y de algoritmos computacionales, con lo que se podía ahorrar tiempo. El acceso a las bases de datos de TIGR contaban con restricciones debido a sus vínculos comerciales con HGS, una empresa biofarmacéutica; todos los investigadores que utilizaran las bases debían firmar un acuerdo en el cual se estipulaba que primero debían reportar sus hallazgos con el fin de que HGS juzgara si debía someter algunos resultados a patentamiento. Con todo, fue bajo este esquema que se pudo aislar uno de los genes causantes del cáncer de colon y otro relacionado con el Alzheimer (Davies, 2001).

Sin embargo, esto no eximía que se duplicara el trabajo entre grupos de investigación diferentes que no tuvieran la misma información y si los mismos propósitos. Cuando se anunció el descubrimiento del gen de la policistitis renal por parte de

²¹⁷ Empresa que compitió con las organizaciones gubernamentales por decodificar del genoma humano (Davies, 2001).

²¹⁸ En otros casos Celera demandó un pago por el uso de sus bases de datos (*Ibid*, 279, 287).

científicos de Oxford (El país, 1994), se reveló que TIGR había aislado varias EST correspondientes al mismo gen, las cuales, si hubieran sido localizadas antes se hubiera acortado el tiempo de trabajo necesario (Davies, 2001).

GlaxoSmithKline, uno de los mayores laboratorios farmacéuticos en el mundo, recientemente liberó sus bases de datos sobre pruebas clínicas y componentes relacionados con sus investigaciones. Unos dos millones de componentes que han sido probados para inhibir la tuberculosis se han puesto a disposición de la comunidad sin ánimo de lucro. Para el año 2009, Glaxo hizo una acción similar pero con sus bases de datos relacionadas con la Malaria (The Guardian, 2012). Asimismo, en el 2000, la transnacional biotecnológica Monsanto ya había realizado una estrategia parecida, pues anunció la compartición de su secuencia genética del arroz, con el fin de “facilitar y estimular la investigación básica para la mejora del arroz y otros cultivos alimenticios” (El País, 2000). Estas tres últimas trayectorias encierran un amplio abanico de posibilidades. Sólo hemos mencionado algunos casos²¹⁹.

La figura 5 representa las tres posibles respuestas de T cuando S es altruista. El agente S ha puesto a disposición de T el conocimiento incorporado en sus patentes. Sin embargo, T actúa de manera egoísta, explota los recursos de S, sin compartir de manera recíproca parte de las ganancias. Por esta razón a esta trayectoria se le ha denominado oportunista. El ejemplo de Myriad Genetics ilustra esta trayectoria. A principios de los años 90, la genetista Mary-Claire King, con años de estudio en el tema, difundió la ubicación aproximada del gen causante del cáncer de seno²²⁰. Una vez hecho esto, comenzó una carrera por aislar el gen entre varios grupos de investigación. Para

²¹⁹ Para un estudio más a detalle véase Van Overwalle (2009).

²²⁰ El cáncer de seno asociado a los genes BRCA1 y BRCA2.

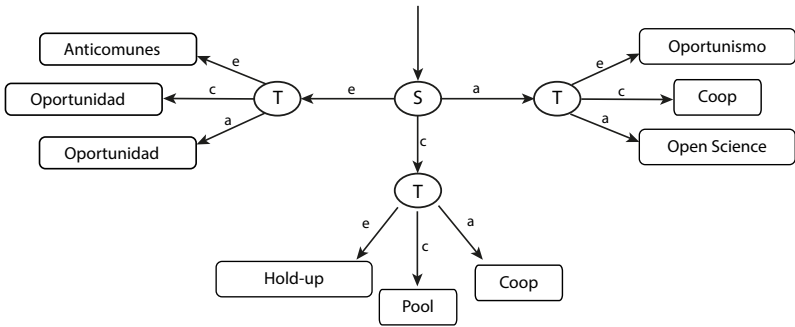
1994, Myriad había ganado la carrera. De esta forma, la empresa de biotecnología explotó los resultados de más de veinte años de investigación de Marie-Claire King y de esta manera, obtuvo la patente (Davies, 2001).

La población Islandesa posee características como el aislamiento y la homogeneidad que la hacen adecuada para realizar investigaciones genéticas. Una sola empresa biotecnológica deCODE Genetics posee los derechos sobre todos los datos médicos de los poco más de 300 mil personas que viven en la isla, entre ellos los provenientes de ADN. En 1998 deCODE firmó un acuerdo por 200 millones de dólares con la farmacéutica Hoffman-LaRoche para ceder los derechos sobre los descubrimientos en doce alteraciones genéticas. Estas investigaciones se realizaron usando la información del ADN de los Islandeses (Davies, 2001).

Otro caso, Celera, al estar inmersa en una especie de carrera por secuenciar el genoma humano, integraba a su propia base de datos los ya obtenidos por el proyecto público, con lo que claramente obtenía ventaja. Como parte de sus planes de negocios, Celera vendía suscripciones para el acceso a sus bases de datos, entre aquellos que se suscribieron se encontraban la Universidad de Harvard, el Southwestern Medical Center de la Universidad de Texas y el Howard Hughes Medical Institute, ésta última es la mayor fundación médica de EUA (Davies, 2001).

FIGURA 5

ESTRATEGIA DE JUEGO EN CONDICIONES DE PATENTES TRASLAPADAS



Fuente: Elaboración propia.

La segunda posibilidad es que S inicie el juego de manera altruista, y que el agente T coopere. T bien puede comportarse de manera egoísta y aprovechar de manera exclusiva todos los beneficios del altruismo. En el corto plazo la estrategia egoísta podría dar a T buenos resultados. No así en el largo plazo. Cooperar conviene cuando existe en el futuro la probabilidad de llegar a nuevos acuerdos. La reputación de cooperador de T puede ayudarle a crear bases de confianza necesarias para transacciones futuras. Por esta razón T decide cooperar.

En respuesta al avance y éxito que había tenido TIGR y HGS al vender el acceso a sus bases de datos, otros agentes que se veían afectados de manera negativa reaccionaron. Para 1994, la gigante farmacéutica Merck, al no tener acceso a las bases de datos de TIGR como las demás empresas farmacéuticas, realizó una subvención por 10 millones de dólares a la Universidad de Washington en EUA para que generara centenares de miles de EST durante los dos años siguientes (Davies, 2001). A diferencia de las bases de TIGR, éstas se publicarían de inmediato y sin

condiciones, esto con el fin de hacer frente a SmithKline-Beecham quien tenía el control de las bases por la compra que había realizado anteriormente a HGS²²¹. Sin embargo, esto no evitaba que el propio TIGR pudiera acceder a estas bases.

Por último, ambos agentes S y T se comportan de manera altruista. Existen diferentes motivaciones para comportarse de manera altruista. Una de ellas puede vincularse a agentes que buscan construir una “ciencia abierta” (Open Science). La acción altruista en este contexto tiene como una de sus metas, acelerar la diseminación y la aplicación del conocimiento, mediante el libre acceso a los resultados científicos²²². Esta clase de agentes aspiran a una comunicación científica libre de las restricciones que impone la propiedad privada. Dentro de la comunidad científica existe un núcleo de investigadores que han propugnado por esta manera de hacer ciencia. Este espíritu se puede asociar a una parte de la comunidad científica asociada a la decodificación del genoma humano. Desde esta perspectiva, Hope examina las posibles ventajas de un diseño institucional que conserva la libertad en el uso del conocimiento generado por las investigaciones provenientes del genoma.

El producto que se dio como resultado de la puesta en marcha del PGH fue el GenBank²²³. Éste fue la base de datos donde todos los centros de investigación relacionados con el proyecto público

²²¹ Una vez que habían cambiado las condiciones, pues ahora sería cada vez más difícil conseguir suscriptores que pagaran por sus bases de datos, Venter entendió que había que cambiar de estrategia. Poco después, TIGR contraatacó haciendo públicos todos sus datos sobre ADN humano, unas 345 mil EST. No obstante, una pequeña cantidad de información referente a algunos genes no fue publicada (*Ibid.* p. 143).

²²² Para 1998, Sanger Center, una institución dedicada a la investigación genética, y la Universidad de Washington de St Louis EUA, tras 10 años de cooperación lograron la secuenciación del nematodo “c. elegans”. Dicha investigación tuvo como objetivo comunicar los resultados que se fueran obteniendo, esto se hizo diariamente durante todo el proceso (*Ibid.* p. 128).

²²³ National Center for Biotechnology Information: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>

depositaban sus resultados diariamente²²⁴, así también ellos y otros agentes podían acceder al banco de datos.

Asimismo, un proyecto antecesor del PGH, el CEPH (Davies, 2001) (Centre d'Étude du Polymorphisme Humain) contempló la creación de una base de datos central a partir de compartir muestras de ADN. A cambio de recibir las muestras de ADN los investigadores se comprometían a depositar sus resultados en la base de datos central²²⁵.

El altruismo puede también expresar el mandato de los gobiernos y las financiadoras. En este caso el comportamiento altruista de esta población de agentes puede no tener motivaciones intrínsecas altruistas. Si este fuera el caso, el comportamiento altruista refleja sólo las condiciones exigidas a los investigadores por parte de las organizaciones que financian la investigación científica.

El Open Source Drug Discovery (OSDD)²²⁶ es un proyecto de colaboración científica para desarrollar medicamentos contra la malaria y el paludismo, esencialmente. La manera de gestionar la información se ha basado en el modelo que se ha seguido para el software libre. Cuando un compuesto es aceptado para su uso humano se convierte en un medicamento genérico (generics) por tanto no se puede patentar²²⁷.

²²⁴ Un suceso que marcó el proceso de secuenciación del genoma humano, fue el llamado "acuerdo de Bermudas" en el cual se establecía que toda información sobre la secuencia del genoma debía ser de dominio público para así impulsar la investigación y desarrollo y de esta manera maximizar su provecho a favor de la sociedad. Todos los grandes laboratorios se comprometieron a seguir estos principios (aunque no todos lo acataron) (Sanger 1998).

²²⁵ Años después, un investigador llamado Daniel Cohen quien había colaborado en el proyecto de CEPH se convirtió en el cofundador de la empresa biotecnológica Millennium Pharmaceuticals (Davies, 2001).

²²⁶ Open Source Drug Discovery. Página web: <http://www.osdd.net/>

²²⁷ Honey bee es una red conformada por organizaciones en su mayoría no gubernamentales que se ha encargado de documentar y gestionar los derechos sobre Conocimiento Tradicional (Traditional Knowledge TK) (entre uno de los TK que se consideran son los derivados de los recursos genéticos de las poblaciones indígenas), reconociendo la fuente primaria de donde emanó. En los últimos 20 años ha recopilado 100 mil ideas, innovaciones y prácticas de conocimiento tradicional (Scaria y Dedeurwaerdere, 2012).

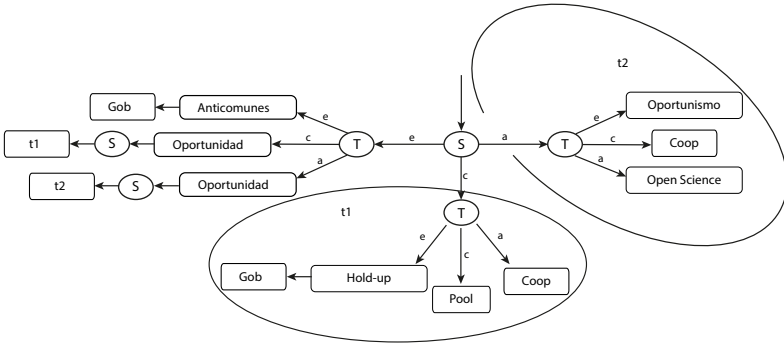
Extensión del juego e intervención del Gobierno.

Los cuatro esquemas que se presentan concentran, desde nuestro punto de vista, las principales trayectorias de juego vinculadas a la existencia de patentes traslapadas o fragmentación del conocimiento. Como se ha examinado más arriba, en varias de las trayectorias, en una primera interacción se resuelve el dilema de cooperar o no. En otros casos determinadas trayectorias pueden dar lugar a una nueva ronda de interacciones. Esto se debe al hecho de que, aun cuando en una primera jugada se actúe de manera egoísta, en la medida que el agente tiene capacidad de aprendizaje y adaptación, puede no necesariamente desembocar el juego en la tragedia de los anti-comunes. La capacidad de aprendizaje de los agentes permite que un conjunto de trayectorias del juego no terminen, entonces se amplían las posibilidades de que se extienda el juego.

Si se incluye al Gobierno como un agente se puede destacar dos trayectorias (Cf. Figura 6). Por ejemplo el caso en el que S juega de manera egoísta (Cf. Figura 6). En esta situación T no puede comercializar su patente con la consecuente subutilización del bien. Sin embargo, en aquellos casos en los que la salud pública se ve comprometida, el gobierno puede modificar los derechos de propiedad del agente que retiene una patente y obligar a negociar o liberar la patente (Verbeure, 2009). Para el caso del SIDA se ha considerado esta situación en algunos países muy pobres²²⁸, principalmente los ubicados en África. Dependiendo de la importancia de la patente, una intervención por parte del Gobierno es posible también cuando T decide actuar de manera egoísta (Cf. Figura 6).

²²⁸ Las licencias obligatorias permiten producir o importar medicamentos de patente (sin pagar regalías) cuando exista una “emergencia nacional” ligada a una crisis sanitaria. Para mayor información se puede consultar la página web de la World Trade Organization (WTO) en el apartado de los ADPIC: http://www.wto.org/spanish/tratop_s/trips_s/pharmpatent_s.htm

FIGURA 6
ESTRATEGIA DE JUEGO CON INTERVENCIÓN DEL GOBIERNO



Fuente: Elaboración propia.

El National Institute for Biological Standards and Control (NIBSC)²²⁹ a través del banco de células madre del Reino Unido es una organización financiada por el gobierno que se encarga de gestionar la investigación proveniente de dichas muestras biológicas. Al controlar el acopio y almacenamiento de las células madre puede determinar, en cierta manera, los propósitos de las investigaciones y sus correspondientes aplicaciones clínicas (George, 2012).

En el año 2006, un brote de la influenza tipo H5N1 provocó un gran número de víctimas alrededor del mundo. Esta situación levantó una alerta que exigió a la Organización Mundial de la Salud (WHO, por sus siglas en inglés) a poner en marcha protocolos para el control de la enfermedad. Sin embargo, las muestras correspondientes de materiales biológicos relacionados con la enfermedad se encontraban en diferentes países lo que entorpeció tener un adecuado acceso a estas muestras. Esta multitud de “poseedores” de las muestras llevó

229 National Institute for biological Standards and Control: http://www.ukstemcellbank.org.uk/about_us/nibsc_and_the_stem_cell_bank.aspx

a que la WHO, una organización internacional, estableciera un régimen de gobernanza sobre la propiedad intelectual sobre los resultados de las investigaciones provenientes de esas muestras (Baldiman, 2012).

Para finales de la década de los noventa, las máquinas de secuenciación más populares habían sido manufacturadas por una empresa llamada Applied Biosystems (AB). Para el año 1998, Venter, encargado del TIGR invitó a Hunkapiller, el CEO de AB, para que se asociaran con el fin de secuenciar el genoma humano completo. La sinergia tenía por un lado la experiencia para secuenciar de Venter y las más de 300 máquinas de secuenciación de última generación que poseía AB (Davies, 2001). Este cambio de estrategia y esta nueva coalición cambiaría la manera de llevar a cabo la secuenciación y las implicaciones a futuro de esta información.

Con el esquema presentado es posible imaginar la incorporación de nuevos elementos al análisis, por ejemplo, un mayor número de iteraciones, o de agentes. Incorporar nuevas categorías, como la reputación, etc.

Conclusiones

Después de todo este análisis regresamos a la pregunta: ¿Cuáles son los factores que explican la cooperación en el desarrollo del proyecto del genoma humano? En primer lugar, se consideró la naturaleza simple/compleja de la relación gen/fenotipo. Se distinguieron los genes mendelianos de los genes complejos (poligen). Esta distinción ayudó a identificar en qué condiciones objetivas puede surgir la cooperación: cuando la propiedad intelectual de un gen/fenotipo complejo se divide entre múltiples agentes. ¿Estas condiciones conducen necesariamente a la tragedia de los anti-comunes? Consideramos que no.

Las reglas de derechos de propiedad formales acotan el espacio de las posibilidades de solución y existen factores adicionales. Para considerar si la fragmentación de la propiedad privada conduce a la tragedia de los anti-comunes, se requiere examinar tanto las reglas informales como la capacidad de adaptación de los agentes. La consumación o no de la tragedia de los anti-comunes depende de la conducta, la motivación y la capacidad de aprendizaje diferencial de los distintos agentes involucrados.

La presente investigación recupera un componente básico para el entendimiento de los dilemas sociales: la elección como proceso definitorio del orden y del cambio institucional. Las elecciones de los agentes, al momento de interactuar, dan cuenta de dinámicas sociales complejas de cooperación o de conflicto. Sobre la base de la existencia de una diversidad de orientaciones e intereses, se identificó, utilizando la teoría de juegos, un grupo de nueve trayectorias de juego. Estas distintas trayectorias permitieron examinar la riqueza y la variedad de formas de interacción entre los agentes en el contexto de la existencia de patentes traslapadas y la tragedia de los anti-comunes.

Los esquemas que se presentaron permiten sintetizar las diferentes maneras en la que los agentes resuelven dilemas sociales. Si bien su construcción abstrae detalles y por ende estiliza el proceso de cooperación, se considera que contienen los parámetros claves para explicar la evolución de la cooperación. Desde esta perspectiva se buscó construir modelos que, más que sustituyan o subroguen, representen la realidad.

Bibliografía

- Baldiman, D. (2012), "Patent Chokepoints in the Influenza-Related Medicines Industry: Can Patent Pools Provide Balanced Access?", en: *Tulane Journal of Technology & Intellectual Property*, 2012. URL: [http://ssrn.com/abstract=2049035-](http://ssrn.com/abstract=2049035)
- Benkler, Y. (2006), *The Wealth of Networks: How Social Production Transforms Markets and Freedom*. Yale University Press.
- Bowles, S. y H. A. Gintis (2011), *Cooperative Species: Human Reciprocity and Its Evolution*. Princeton, Princeton University Press.
- Coase, R. H. (1960), "The Problem of Social Cost". *The Journal of Law and Economics*, vol. 3. (Oct., 1960), pp. 1-44. The University of Chicago Press.
- Davies, K. (2001), *La Conquista del Genoma Humano*. España, Paidós.
- Deci, E. L. y Ryan, R. M. (2000), "The "What" and "Why" of Goal Pursuits: Human Needs and the Self-Determination of Behavior", *Psychological Inquiry*, vol. 11, núm. 4, pp. 227-268.
- D'Silva, G. C. y D. DeKorte (2006), "The Problem of Patent Thickets in Convergent Technologies", *Annals of the New York Academy of Sciences*, vol. 1093, pp. 181.
- Gazzaniga, M. S. (2008), *Human, The science of what make us unique*. Ecco Books, New York, HarperCollins Publishers.
- George, C. (2012), "Openness, the UK Stem Cell Bank and the delivery of cell therapies: conceptual foundation for facilitation", *Conference Proceedings: Governing Pooled Knowledge Resources: Building Institutions for Sustainable Scientific, Cultural and Genetic Resource Commons*, UCL Louvain-la-Neuve, Belgium 2012. Disponible en: <http://biogov.uclouvain.be/iasc/doc/full%20papers/George.pdf>
- Goldstein, J. A. (2009), "Critical analysis of patent pool". En Van Overwalle, G. (Editado) *Gene Patents and Collaborative Licensing Models: Patent Pools, Clearinghouses, Open Source Models and Liability Regimes*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Hardin, G. (1968), "The Tragedy of the Commons", *Science, New Series*, vol. 162, núm. 3859, pp. 1243-1248.

- Hauser, M. (2006), *Moral Minds: How Nature Designed Our Universal Sense of Right and Wrong*. New York, HarperCollins Publishers.
- Hess, C. y Ostrom, E. (2007), *Understanding Knowledge as a Commons: From theory to Practice*. The MIT Press.
- Heller, M. A. (2008), *The Gridlock Economy: How too Much Ownership Wrecks Markets, Stops Innovation, and Costs Lives*, New York, Basics Books.
- _____(1998), "The Tragedy of the Anticommons: Property in the Transition from Marx to Markets", *Harvard Law Review*, vol. 111, núm. 3, pp. 621-688.
- Heller, M. A. y Eisenberg R. (1998), "Can Patents Deter Innovation? The Anticommons in Biomedical Research", *Science* vol. 280, núm. 5364, pp. 698-701.
- Hope, J. (2009), "Open source genetics. Conceptual framework", En Van Overwalle, G. (Editado) *Gene Patents and Collaborative Licensing Models: Patent Pools, Clearinghouses, Open Source Models*. What problem does it solve in biopharma and genetics?", En Van Overwalle and Liability Regimes, Cambridge, Cambridge University Press.
- Horn, L. A. (2009), "Case 1. The MPEG LA Licensing Model", en G. Van Overwalle (Editado), *Gene Patents and Collaborative Licensing Models: Patent Pools, Clearinghouses, Open Source Models and Liability Regimes*, Cambridge, Cambridge University Press, pp. 33-41.
- Jensen, K. y Murray, F. (2005), "Intellectual Property Landscape of the Human Genome", *Science* vol. 310, núm. 5746, pp. 239-240.
- Lara, A. (2012), "Agente Adaptable, Aprendizaje y Estructura del Ambiente: Un Enfoque Alternativo", *Revista de Economía Institucional*, vol. 14, núm. 26, pp. 95-120.
- Michelman, F. (1982), "Ethics, Economics and the Law of Property", en J. Pennock y J. Chapman (editado), *Ethics, Economics and the law, Nomos XXIV*. New York: NYU Press, pp. 663-690.
- Michelman, F. (1985), "Is the Tragedy of the Common Inevitable", Remarks at property Panel, The Association of American Law Schools (AALS), January.

- Mossof, A. (2011), "The Rise and Fall of The First American Patent Thicket: The Sewing Machine War Of The 1850s", *Arizona Law Review*, vol. 53, núm. 165, pp. 165-211.
- Nielsen, M. (2012), *Reinventing Discovery: The new era of Networked science*. Princeton, Princeton University Press.
- Ostrom, E. (2005), *Understanding Institutional Diversity*. Princeton University Press.
- _____(1998), "A Behavioral Approach to the Rational Choice Theory of Collective Action", *American Political Science Review*. vol. 92, núm. 1, pp. 1-22.
- Ostrom, E. y Walker, J. (2003), *Trust and Reciprocity: Interdisciplinary lessons from experimental research*. Russell Sage Foundation.
- Ostrom, V. (1980), "Artisanship and Artifact", *Public Administration Review*, vol. 40, núm. 4, July-August, pp. 309-317.
- _____(1973), "Order and change amid increasing relative ignorance", working paper no. w73-1, workshop in political theory and policy analysis. Bloomington, IN, Indiana University,
- Poteete A.R., Janssen M.A. y Ostrom, E. (2010), *Working Together: Collective action, the commons, and multiple methods in practice*. Princeton University Press.
- Tuominen, N. (2010), "Defensive Patent Protection Strategies in the Pharmaceutical Industry. A response to a legal problem?" Tesis de maestría en estudios europeos. URL: http://www.mayerbrown.com/public_docs/Thesis_Nicoleta_Tuominen.pdf
- Sanger Centre y Washington University Genome Center (1998), "Toward a Complete Human Genome Sequence", *Genome Research*, núm. 8, pp. 1097-1108.
- Scaria A. y Dedeurwaerdere T. (2012), "Towards a contractually created commons in traditional knowledge and genetic resources for scientific research and innovation in India: scope and challenges". Conference Proceedings: Governing Pooled Knowledge Resources: Building Institutions for Sustainable Scientific, Cultural and Genetic Resource Commons, UCL Louvain-la-Neuve, Belgium. URL: <http://biogov.uclouvain.be/iasc/doc/full%20papers/Scaria-Dedeurwaerdere.pdf>

- Shapiro, C. (2001), "Navigating the patent thicket: cross licenses, patent pools, and standard-setting", *Innovation Policy and the Economy*, Volume I, Adam Jaffe, Joshua Lerner, and Scott Stern, eds., MIT Press. URL: <http://haas.berkeley.edu/~shapiro/thicket.pdf>.
- Smith, V. (2008), *Rationality in Economics: Constructivist and Ecological Forms*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Van Damme, E. y Keunen, S. (2009), "Empirically Detecting Patent Thickets". Tilburg University. URL: www.tilburguniversity.edu/.../18122009/vandam.
- Van Overwalle, G. (Coord) (2009), *Gene Patents and Collaborative Licensing Models: Patent Pools, Clearinghouses, Open Source Models and Liability Regimes*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Van Zimmeren, E. (2009), "Clearinghouse mechanisms in genetic diagnostics". En Van Overwalle, G. (Coord) *Gene Patents and Collaborative Licensing Models: Patent Pools, Clearinghouses, Open Source Models and Liability Regimes*, Cambridge, Cambridge University Press.
- _____(2006), "From One-Stop to One-Stop-Shop: Patent Pools and Clearinghouse Mechanisms as Pragmatic Solutions for Patent Thickets and Non-cooperative Patent Holders in Genetic Diagnostics?". Working paper IPSC 2006 Berkeley, 10 and 11th of August.
- Verbeure, B. (2009), "Patent pooling for gene-based diagnostic testing". En Van Overwalle, G. (Editado) *Gene Patents and Collaborative Licensing Models: Patent Pools, Clearinghouses, Open Source Models and Liability Regimes*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Williamson, O. (1989), *Las Instituciones Económicas del Capitalismo*, D.F., México, Fondo de Cultura Económica.

GOBIERNO DE BIENES COMUNES:
EL CASO DEL AGUA

Las ideas y el proceso político en las estrategias para hacer frente a la crisis del agua: Dos casos mexicanos¹⁶¹

Alex R. Caldera

Introducción

La premisa que inspiró este capítulo ha sido aquella que plantea que la actual crisis del agua, es ante todo, una crisis de gobernanza. En este sentido se entiende que los problemas relativos al acceso al agua y a los servicios de saneamiento, la degradación y agotamiento de los ecosistemas acuáticos y acuíferos, o los daños y riesgos relacionados se explican por la fragmentación en la gestión, los medios utilizados, así como por una visión sectorizada a partir de los usos del recurso.

Este capítulo se describe y analiza la transformación de dos subsistemas de política en torno a la gestión del agua subterránea en México. Particularmente se concentra en los casos mexicanos,

¹²⁸ Una versión corta de este capítulo se publicó en *Revista del Colegio de San Luis*, Nueva época • año II, número 4, julio a diciembre de 2012.

el del acuífero de León, Guanajuato y de Aguascalientes. La base del estudio es la propuesta por Elinor Ostrom (2000, 2005) y se dirige al análisis de las ideas, valores y creencias de los actores van expresando en sus discursos en torno a la crisis del agua.

En los dos casos se han creado estructuras, mecanismos e instrumentos que expresamente buscan revertir la tendencia negativa que genera la crisis del agua. Los dos diseños institucionales parten de iniciativas diferentes y presentan rasgos distintivos: Lo sucedido en el caso del acuífero de León es parte de un proceso en donde la élite local ha ido creando todo un entramado institucional para la gestión del agua en el orden estatal motivada por la búsqueda de autonomía frente al gobierno central, lo que ha llevado a plantear esquemas de descentralización en la planeación hídrica y participación social, mientras que en el caso del acuífero de Aguascalientes se ha creado un marco institucional bajo una lógica totalmente tutelada por el gobierno federal a través de la CNA, en un esquema poco descentralizado y limitado en participación social.

Sin embargo, en términos generales se puede decir que las instituciones del agua creadas hasta el momento en México y en las regiones, más que servir de instrumento para mediar el conflicto y construir acuerdos razonados, deliberados y duraderos entre la mayoría de los involucrados en un proceso democrático, lo mantienen latente o lo eliminan arrojando ganadores del lado de quienes más concentran el uso del recurso y reproducen la dinámica de mayor presión sobre los acuíferos.

En la primera parte del capítulo se describe lo relativo a la llamada crisis del agua, y lo que en el mundo ha sido considerado la solución dominante en términos institucionales: la gestión integrada de recursos hídricos. Después se presenta consideraciones lo que desde la ciencia política podría ser

llamado un nuevo tipo de institucionalismo centrado las ideas, complemento de las perspectivas de elección racional, históricas y sociológicas que en los últimos años ha venido desarrollando desde las perspectivas académicas. En este momento no sólo se resalta la contribución de Elinor Ostrom al estudio de los problemas de elección colectiva en torno al manejo de recursos de uso común, sino que se retoma para presentar una propuesta analítica centrada precisamente en las ideas, los valores y las creencias de los actores y su peso en el diseño institucional. Por último se aplica dicho análisis a los casos propuestos aquí.

La crisis del agua y la solución dominante

Son dos los planteamientos que guían analíticamente el presente trabajo: primero, que detrás de los problemas de la escasez y sustentabilidad del agua hay una explicación esencialmente política referida a los asuntos de la cooperación entre actores involucrados (Ostrom, 2000), y segundo, resulta asertivo tratar de explicar los pobres resultados en los intentos por resolver la crisis del agua a partir de la disputa en torno al conjunto de ideas (visiones, valores y creencias acerca de las causas de dichos problemas y del cómo solucionarlos) manifiestas en el proceso político de construcción institucional y elaboración de políticas públicas (Castro, et. al. 2006; Olvera 2004).

La primera idea es sinónimo del enunciado dominante en el subsistema de política en el orden internacional que dice que “la actual crisis del agua es, ante todo, una crisis de gobernanza”,¹⁶² el cual ha guiado a los tomadores de decisiones a concentrarse

¹⁶² Por ‘subsistema de política’ se entiende el ámbito sectorial (i.e. gestión del agua, protección del medio ambiente, reforma educativa, etc.) donde se desarrolla una política pública, el cual está formado por el grupo de actores individuales y colectivos, públicos y privados, que interactúan de forma regular en la formulación e implementación de esa política (Sabatier y Jenkins-Smith, 1999:119).

en los temas de la gestión, el diseño de instituciones y de estrategias dirigidas a superar dicha crisis.¹⁶³ Los promotores de esta idea, como el Banco Mundial (BM), el *World Water Council* (WWC) o el *Global Water Partnership* (GWP), se han convertido en los principales defensores de arreglos institucionales que ellos llaman de ‘buena gobernanza’, es decir, que promueven la participación de usuarios, un manejo integrado del recurso con miras en la maximización del aprovechamiento de los beneficios del recurso escaso y la procuración de lo que se ha dado en llamar el desarrollo sustentable.¹⁶⁴

Esta perspectiva se sintetiza bien en el concepto de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) tal cual la define el GWP: “un proceso que promueve el manejo y el desarrollo coordinado del agua, la tierra y los recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico resultante de manera equitativa, sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales” (Rogers y Hall, 2004:4).

La GIRH se ha establecido como paradigma dominante en el diseño de estrategias nacionales del manejo hídrico e inicio de procesos de reforma para adecuar las instituciones del agua a esta perspectiva. Por muchos esta idea se ha asumido como neutral en términos políticos, como el mejor camino para enfrentar la crisis del agua en escenarios complejos donde el Estado o el gobierno ha perdido centralidad en el espacio público y capacidad de respuesta a la demanda social o ante un mundo globalizado que actúa mediante mercados liberalizados. Sin embargo, los

¹⁶³ Una definición útil de gobernanza es la de Hanf y Jansen (1998: 3), para quienes es “la configuración y mantenimiento de los arreglos [institucionales] de autoridad y poder dentro de los cuales los actores toman decisiones y enmarcan políticas que son vinculantes para los actores individuales y colectivos dentro de los diferentes límites territoriales, como son el estado, los distritos y los municipios”.

¹⁶⁴ La Comisión Brundtland de 1987 define al ‘desarrollo sustentable’ como aquel “satisface las necesidades del presente sin comprometer la habilidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades” (Pierri y Falordi, 2004:55).

casos particulares y la evidencia empírica demuestran que hay una disputa real por los significados en torno a la gobernanza del agua. Un enfoque analítico que permita identificar este conflicto inherente en el proceso político de gestión del agua quizá ayude mejor a ubicar ‘condiciones profundas’ de persistencia de los problemas de escasez y degradación de este recurso natural.

El juego del poder y el conflicto:

Las explicaciones neoinstitucionalistas a la crisis del agua

Al asumir que el principal problema con la crisis del agua — manifestada en la mayoría de las veces como escasez, degradación de la calidad de los cuerpos superficiales y subterráneos del agua— es un asunto de instituciones, procedimientos, incentivos y organización, desde el mundo académico, particularmente desde la ciencias sociales, la respuesta hegemónica la ha dado los enfoques neoinstitucionalistas.

Dentro de la ciencia política tradicionalmente se identifican tres perspectivas analíticas que han propuesto regresar al estudio de las instituciones como variables explicativas del comportamiento y los resultados políticos: el Nuevo Institucionalismo de Elección Racional (NIER) en el que las instituciones son incentivos a la acción cooperativa, el Nuevo Institucionalismo Histórico (NIH) en el que las trayectorias decisionales o las rutas de dependencia explican las preferencias de los actores, y el Nuevo Institucionalismo Sociológico (NIS) en el que la estructura social, la cultura y los roles se convierten en reglas que explican lo apropiado del comportamiento (Hall y Taylor, 1999).

Sin embargo, la corriente dominante para el estudio de la crisis del agua ha sido sin duda la perspectiva del NIER. Los planteamientos neoinstitucionalistas de la escuela encabezada

por la recientemente galardonada con el premio Nobel de economía, Elinor Ostrom, han generado importantes avances a partir del reconocimiento de que los problemas de degradación y escasez de los recursos de uso común (entre ellos el agua) y las respuestas oportunistas de ciertos actores pueden solucionarse a través de instituciones que incidan en el proceso de toma de decisiones, la resolución de conflictos y la coordinación para generar acción colectiva. Esta postura ha permitido observar que el éxito de los sistemas de gobierno de los recursos de uso común se encuentra en un diseño institucional en el que participan de manera efectiva los usuarios, y en el que ampliamente están representados sus intereses y preferencias.¹⁶⁵

Bajo los postulados básicos del NIER, un arreglo institucional eficiente es aquel en el que los usuarios han participado en el diseño de las propias reglas que permiten obtener mayor información y mejorar la comunicación entre los usuarios en torno a los cambios en el sistema natural (es decir, el acuífero, el río, la presa, el lago).¹⁶⁶ Se concluye que el diseño policéntrico toma ventajas de la especialización y la escala, resuelve los problemas complejos a pesar de la capacidad limitada de los actores para procesar la información potencializando el mejoramiento de la habilidades a partir de la experiencia y desarrollando sentido de la equidad, incrementando la innovación, la adaptación y el aprendizaje (Ostrom, 2000; Blomquist, 1992; Scholz y Stiftel, 2005).

¹⁶⁵ El Premio Nobel de Economía 2009 a Elinor Ostrom corresponde a un reconocimiento tanto a los aportes de la economía institucional, como a los planteamientos que muestran que ante los problemas de acción colectiva existen 'alternativas' a las posturas extremas que se ubican por un lado en soluciones de intervención directa del Estado o por otro en el Mercado, proponiendo arreglos institucionales de propiedad comunitaria o de gobierno policéntrico.

¹⁶⁶ Las instituciones según Ostrom (2000:94) son "el conjunto de reglas de trabajo (o reglas en uso) que se utilizan para determinar quién tiene derecho a tomar las decisiones en cierta área, qué acciones están permitidas o prohibidas, qué reglas de afiliación se usarán, qué procedimientos deberán sugerirse, qué información debe o no facilitarse y qué retribuciones se asignarán a los individuos según sus acciones".

No obstante, una visión institucionalista que parta de presuponer que la cooperación puede surgir de elecciones voluntarias entre hombres racionales autointeresados, que pueden obtener ganancias mutuas a través de instituciones que así lo permitan, puede dejar fácilmente de lado la observación de que estas mismas instituciones son por un lado causa de asimetrías en la capacidad de acción de los actores (diferenciales de poder) y por otro son producto de distintas creencias y valores acerca de lo que las instituciones deberían resolver, a quiénes incluir y los caminos para lograrlo (Moe, 2005; Sabatier y Jankins-Smith, 1993,1999).

Cabe aquí la distinción que hace Ronald (1994) entre instituciones de ‘movimiento rápido’ (las normas legales u operativas, las estructuras y los planes organizativos) e instituciones de ‘movimiento lento’ (como las orientaciones sociales). Esto lleva a identificar que la esfera del poder está estructurada a partir de niveles profundos de la vida social, es decir, de las instituciones del segundo tipo, mientras que las posibilidades y alcances de la acción social se estructuran a partir de las instituciones del primer tipo. No es posible sólo observar a las instituciones como medios para cristalizar oportunidades, sino más bien es necesario verlos como sitios donde se llevan a cabo prácticas, rutinas, aprendizajes, luchas y resistencias.

El enfoque de la Gobernanza que prefiero adoptar es aquel que se presenta como una nueva semántica que trata de incluir la idea de que lo político (la coordinación y cooperación entre actores con capacidades e intereses diversos) y lo institucional (el régimen político) son básicos para estructurar lo público y lograr objetivos sociales (entre ellos superar la crisis del agua).

Un entendimiento cabal de las instituciones y su transformación requiere entender que estas están incrustadas en un complejo

sistema de relaciones de poder que a su vez son reflejo de los planos simbólicos que estructuran la vida social. Es decir, las instituciones políticas no sólo son un conjunto de reglas, sino rutinas relacionadas entre sí, que definen las acciones ‘adecuadas’ en una relación entre función y situación (March y Olsen, 1997:252).¹⁶⁷ En este escenario, la observación tanto de los ‘proyectos políticos’ defendidos por cada conjunto de actores y las asimetrías de poder en el desarrollo institucional y el desempeño de las políticas públicas se convierte en básico para un buen entendimiento del proceso de gobernanza del agua.¹⁶⁸

Tanto el comportamiento de los actores políticos, como los valores y preferencias a los que se hace referencia con dicha acción, no son exógenos con respecto a las instituciones políticas, sino que se desarrollan en su seno, así, se genera un proceso que fortalece las estructuras de valores y conocimientos preexistentes. Los hechos y los valores están vinculados en esta previa comprensión y las instituciones políticas organizan estas interacciones con objeto de dar forma a las interpretaciones y preferencias.

En realidad esta idea no está ausente en Elinor Ostrom. Su planteamiento acerca de que “las reglas están incrustadas en otro conjunto de reglas que define la forma en que puede cambiarse el primer conjunto” (Ostrom, 2000:95), es un reconocimiento de que los arreglos institucionales de una sociedad, situados en un espacio y tiempo determinados, son más que simples reglas, sino

¹⁶⁷ Así, la definición de instituciones que considero más apropiada es la que dice que éstas son el conjunto de estructuras formales e informales que regulan los patrones generales de comportamiento en el proceso de toma de decisiones y que en términos de la historia política ayudan a entender la naturaleza del desarrollo político y económico, en medio de conflictos y decisiones, las cuales van dando forma al propio desarrollo (Portes, 2006:25).

¹⁶⁸ Al seguir a Olvera (2004:4) queda claro que el concepto de proyecto político está tomado como instrumento heurístico que posibilita seguir analíticamente los “núcleos de significación de la acción, de la imaginación política y de las expectativas normativas que orientan la práctica política de los actores”. Para la relación entre gobernanza y proyectos políticos véase Caldera (2008).

que se incluyen estructuras de significado que los actores tienen en mente cuando diseñan las instituciones. Se trata de una ratificación del planteamiento de que un sistema de gobernanza es un proceso político complejo de interacciones, básicamente reticular entre actores a partir de una colección conectada de reglas, rutinas, mecanismos y estructuras organizativas, patrones compartidos de expectativas, sistemas de incentivos, metaestructuras, sistemas cognitivos compartidos.

Ostrom reconoce tres tipos de instituciones. Las llamadas operativas (*operational rules*), es decir, el conjunto de reglas que afectan directamente las decisiones cotidianas de los apropiadores de recursos, relativas al cuándo, dónde y cómo extraer las unidades, quién debe supervisar, qué información debe intercambiarse o retenerse, qué recompensas o sanciones asignar (Ostrom, 2000:96). En términos de transformación se trata de aspectos técnicos que no trastocan ni los objetivos, ni las estrategias para alcanzarlos. En el siguiente nivel institucional están las *reglas de elección colectiva (policy rules)*, es decir, reglas que enmarcan las elecciones operativas y que son utilizadas para definir las y diseñar políticas. Entre estas están los instrumentos que regulan la asignación de derechos, los instrumentos que tratan de resolver las controversias y los conflictos entre usuarios, o definen los criterios para las políticas o los planes operativos, además de las propias estructuras organizacionales, los mecanismos de participación o de rendición de cuentas. La transformación de este nivel de reglas es un cambio en los instrumentos utilizados para lograr un objetivo concreto, que va más allá de los aspectos técnicos, es decir, son reglas de decisión. Estos dos niveles institucionales, tienen un carácter más procedimental y dicen a los actores qué es lo que está permitido y constreñido en la red, quién tiene acceso a la red, y qué tipo de juego es al que se entra. Lo cerrado o abierto de la red está determinado por este tipo de

instituciones, el lenguaje o jerga que se usa y la dependencia de recursos.

Y por último, están las reglas llamadas *constitucionales* (*legal rules*), las cuales establecen mecanismos y capacidades para tomar decisiones a nivel de elección colectiva, crean o ‘empoderan’ a instancias nacionales, regionales o locales para la toma de decisiones. Se trata de reglas que también definen valores, normas y orientaciones de las políticas. El cambio en este nivel implica cambios en la estructura de autoridad y del ejercicio del poder, así como de la concreción de ideas y valores que definen no sólo los objetivos políticos e instrumentos, sino inclusive define la naturaleza de los problemas. Este tipo de reglas finalmente proveen a los actores soporte para determinar la fortaleza de la red de políticas, su realidad (es decir, determina cuáles son los buenos o malos argumentos en el debate público) y la posición específica de cada actor. Se trata de ‘metaestructuras’ que definen la naturaleza de la práctica social, incluso lo constitutivo de lo social o lo político. La consideración de este último nivel institucional es el que nos lleva a plantear una propuesta alternativa para hacer el análisis del proceso de hechura de políticas públicas a partir no sólo del análisis somero de las instituciones del agua, sino a concentrarnos en un elemento tan trascendental como son las ‘ideas’ de los actores en la formulación de políticas y el cambio institucional.

El análisis de las ideas: el Nuevo Institucionalismo Discursivo

En ciencia política se ubican varios intentos por estudiar el peso de las ideas que condensan las creencias, las concepciones del mundo, las tradiciones y los dilemas o rupturas en la formulación de políticas públicas y el cambio institucional (Edelman, 1985).

Estos estudios han puesto atención en la dimensión ‘ideacional’ de la política a partir de la concepción, por ejemplo, de coaliciones de defensa (Sabatier y Jankins- Smith, 1993) o comunidades epistémicas (Haas, 1992). Recientemente se habla de que puede haber un neoinstitucionalismo de cuarto tipo que constituye una visión integradora de los otros tres descritos en el apartado anterior: el Nuevo Institucionalismo Discursivo (NID) (Schmidt, 2006 y 2008).

El NID se trata de una perspectiva desarrollada desde varios frentes que comparten las siguientes características: primero, se toma a las ideas y a los discursos en las políticas de forma seria (aunque la definición de lo que es una idea o el cómo se hace el análisis del discurso varía entre distintas perspectivas);¹⁶⁹ segundo, se apoya en los otros nuevos institucionalismos (el NIER, el NIH y el NIS) y sirve de complemento a su interpretación del papel de las instituciones; tercero, hace el análisis de las ideas en contextos determinados, es decir, se reconoce que las ideas están contenidas en discursos que reflejan sólo su propia realidad histórica-contextual; por último, su visión es más dinámica del cambio —en comparación con las otras perspectivas—, ya que se considera que las ideas son el vehículo del cambio o de la estabilidad (Schmidt, 2008:304).

El haber dejado de lado el análisis de las ideas hacía que se ignoraran preguntas muy importantes en política, cuestiones como las que los filósofos políticos, a través de varias épocas, han tratado de armar como rompecabezas, es decir, el rol de las ideas en la constitución de la acción política, el poder de la persuasión en el debate político, la centralidad de la deliberación para la

¹⁶⁹ El positivismo relegó el interés por las creencias y las ideas, ya que lo consideraba cosa ‘poco seria’. Normalmente los científicos políticos trataron de evitar apelar directamente a las creencias, reduciendo su posible intervención en los hechos y las acciones de los actores identificando únicamente sus intereses materiales y objetivos (Bevir, Rhodes y Weller, 2003:2).

legitimación democrática, la construcción y la reconstrucción de los intereses y valores políticos, y la dinámica del cambio en la historia y la cultura.

El nuevo interés por las ideas pone énfasis en la producción individual y social de significado (Bevilacqua, 2005). Este proceso subjetivo y social es asociado e identificado como las “creencias programáticas” que operan en el espacio entre las visiones del mundo y las ideas específicas sobre las políticas que tienen los actores involucrados en un asunto público; son los “núcleos de política” que proveen conjunto de diagnósticos y prescripciones para la acción (Sabatier y Jankins- Smith, 1993,1999). Es el nivel profundo que finalmente estructura a las políticas y los programas.

Esta forma de explicar las creencias y los deseos de los actores es la descripción de las teorías que los agrupan y los articulan en un conjunto de entendimientos del mundo, es decir, configura proyectos políticos que serán la bandera a defender en la disputa política en torno al diseño de las políticas y en la búsqueda de sus resultados (Olvera, 2004). Es el uso del lenguaje (el tipo y sus características); los mapas mentales (las relaciones y causalidades de sus ideas); las principales preguntas y respuestas que se hacen los actores en el proceso de toma de decisiones públicas (Bevir, Rhodes y Weller 2003:12).

Tanto a nivel de reglas operativas (distribución, restricción y habilitación), reglas de elección colectiva (políticas, programas) o incluso reglas constitucionales (filosofías públicas) se pueden identificar dos tipos de ideas: ideas cognitivas e ideas normativas. Las ideas cognitivas hacen referencia al “qué es y qué hace”, mientras que las ideas normativas indican “qué es bueno o malo acerca de lo que se hace” a la luz de “qué es lo que deberíamos hacer” (Schmidt, 2008:306).

Las ideas cognitivas también son conocidas como ideas causales, provee las fórmulas, las guías y los mapas para la acción política y sirve para justificar las políticas y programas hablando de sus intereses basados en la lógica de lo necesario. Las ideas cognitivas hablan de cómo (en primer nivel o de reglas operativas) las acciones ofrecen solución a los problemas, cómo (segundo nivel o de reglas de elección colectiva) las políticas y los programas definen los problemas a ser solucionados así como quiénes participan, y cómo ambos, políticas y programas, engranan con el núcleo básico (tercer nivel o de reglas constitucionales) de principios y normas del paradigma dominante o las disciplinas científicas relevantes (Ibid: 307).

Las ideas normativas por su parte abordan los valores de la acción política y sirven para legitimar las políticas en un programa a través de lo que resulta 'apropiado' para determinada situación (March y Olsen, 1997). Las ideas normativas hablan acerca de cómo (primer nivel o de reglas operativas) las acciones cumplen con los objetivos y cómo (segundo nivel o de reglas de elección colectiva) los programas y políticas están acordes con el núcleo profundo (tercer nivel o de reglas constitucionales) de principios y normas de la vida pública, mientras surgen unos nuevos valores en la sociedad o permanecen indefinidamente los actuales en el repertorio societal, es decir, se logran o no las aspiraciones y los ideales del público en general.

Efectivamente, como ya se mencionó, en ámbitos más visibles, como el primer y segundo nivel (operativo y de elección colectiva), se identifican cambios en las reglas, las prácticas institucionales, así como un cambio en las organizaciones o los programas, los cuales pueden modificarse en periodos relativamente cortos (instituciones de movimiento rápido) debido a la transformación de condiciones contextuales 'dinámicas', como puede ser una

crisis económica, nuevos descubrimientos técnicos y tecnológicos, alternancia política (que puede llegar a ser un simple cambio de funcionarios o una transformación más profunda de la élite en el poder) así como transferencia de políticas ('recomendación' o imposición de principios, programas o esquemas organizativos desde ordenes de decisión o jurisdicción mayor). Mientras que en el ámbito más profundo, el tercer nivel del cambio institucional (constitucional) se debe a factores más estables, es decir, presenta parones de largo aliento para su transformación (instituciones de movimiento lento), y sólo verificable a partir de cambios exógenos en los valores, las normas y las estructuras de poder, o en las condiciones físicas de los recursos de uso común en disputa. En el siguiente cuadro se explican sucintamente esta relación entre tipos institucionales y factores de cambio.

CUADRO 1
RELACIÓN ENTRE NIVELES DE ANÁLISIS INSTITUCIONAL,
IDEAS, TIPO Y FACTORES DE CAMBIO

Instituciones	Contenido	Ideas cognitivas	Ideas normativas	Tipo de cambio	Factores exógenos de cambio
<i>Reglas constitucionales</i>	Valores, creencias, orientaciones sociales	¿Qué problemas se deben solucionar? ¿Cómo se definen los problemas?	¿Cuál es el núcleo de valores, normas y principios?	Lento	Factores estables: Cambios en los valores, las normas y las estructuras de poder, transformación radical del régimen político, o de las condiciones físico-naturales de los recursos de uso común en disputa.
<i>Reglas de elección colectiva</i>	Políticas, estructuras organizacionales, instrumentos de participación, información y rendición de cuentas	¿Quién participa? ¿Cómo se participa? ¿Qué estructuras e instrumentos?	¿Cómo estas reglas, estructuras o instrumentos están acorde con el núcleo?	Más o menos rápido	Factores dinámicos: Crisis económica, nuevos avances técnicos, cambios en la opinión pública, cambio en la coalición gobernante (o designación de nuevos funcionarios), transferencia de políticas.
<i>Reglas operativas</i>	Reglas de apropiación, planes organizativos, procedimientos, proyectos	¿Cómo se ofrecen soluciones?	¿Cómo lograr las aspiraciones?	Rápido	

Fuente: Elaboración propia a partir de Caldera (2009).

Lo que se trata de identificar con esto son las influencias causales más allá de las intenciones manifiestas de los actores, así como explicar por qué mucho resultados no logran los objetivos planteados o se obtienen otros no esperados. La gran pregunta en este ámbito sería pues, ¿por qué ciertas ideas se convierten en políticas, programas y filosofías, por qué unas dominan y otras no?

Todos estos factores requieren ser tomados en cuenta para completar la visión parcial que ve en las instituciones sólo estructuras de cooperación voluntaria que permiten resolver los problemas de acción colectiva. La realidad es que tanto el NIER, como el NIH, el NIS, o cualquier otro tipo de institucionalismo, pueden ser complementarios. La cuestión es corregir las omisiones acerca del poder, el conflicto, los valores y tratar de verificar históricamente el cómo se forman las preferencias y por qué se han elegido ciertos objetivos sobre otros.¹⁷⁰

El hacer visible a las ideas sólo es posible mediante el análisis del contenido sustantivo de los discursos de los agentes. Obviamente el discurso no es igual que la idea en sí misma. El término discurso se refiere a “estructuras institucionalizadas en las que el pensamiento político y la acción se manifiesta en una dirección concreta” (Connolly, 1983). Es una representación de ideas mediante múltiples patrones argumentativos. Las ideas contenidas en los discursos son sólo cabalmente entendidas enmarcándolas en el contexto determinado en el que se da: cuándo, dónde, cómo y por quién fue dicho. El discurso no sólo

¹⁷⁰ El seguimiento al proceso trazado (*process tracing*) es fundamental para entender las alianzas entre los actores, la formación de grupos o coaliciones de defensa, incluso entre actores con intereses encontrados y ambiguos. En ese sentido hay que identificar el proceso político particular, abarcando un periodo histórico en el que pertinentemente se explique el porqué de la convergencia de intereses y creencias (Thelen y Steinmo, 1998:9).

se refiere a la estructura (qué es lo que dijo o dónde o cómo), sino a la agencia (cómo dijo, para quién o para qué).¹⁷¹

El proceso discursivo nos ayuda a explicar las ideas exitosas de otras que fallan en el sentido de cómo las dicen y dónde. El discurso en este sentido se debe evaluar en términos de qué tanto ayuda a promover las ideas. En la representación de la ideas cualquier discurso puede articular o no diferentes niveles de ideas (acerca de reglas operativas, de elección colectiva o constitucionales) y diferentes tipos de ideas (cognitivas y normativas), así como diferentes formas de ideas (narrativas, mitos, marcos, memorias colectivas, historias, *scripts*, escenarios, imágenes y más).

Un discurso es exitoso cuando está dirigido y tiene efecto sobre la audiencia adecuada (especialistas, tomadores de decisiones o público en general). Los mensajes pueden tanto convencer en términos cognitivos (es decir, ser justificable), así como puede ser persuasivo en términos normativos (puede lograr el estatus de apropiado y/o legítimo). Un discurso exitoso es aquel que difunde bien sus ideas, que es adecuado, aplicado, apropiado, consistente, coherente, creíble y tiene resonancia (Schmidt, 2008:313).

El NID ve a las instituciones en su doble papel: como estructura y como constructo de los actores. Las instituciones — vistas como estructuras de incentivos, patrones históricamente establecidos o normas socialmente constituidas— enmarcan el discurso. Por su parte las instituciones existentes dan forma a las ideas de los actores, y esas ideas dan forma a nuevas instituciones. La transformación de las ideas se ve impulsada por

¹⁷¹ El discurso no es sólo lo que se dice, sino que incluye quién lo dice, cómo, quién y dónde (en qué momento) dentro del proceso de políticas públicas o de comunicación política en el espacio público (Habermas, 1989).

hechos contingentes en el contexto, el desempeño de las propias instituciones y los aprendizajes propios de los actores.

Por un lado los agentes demuestran “habilidades discursivas de respaldo” (*background ideational abilities*), las cuales hacen referencia al contexto en el que se expresan o dan lugar las ideas, al por qué han sido creadas ciertas instituciones, y por otro están las “habilidades discursivas de proyección” (*foreground discursive abilities*) las cuales dan guía a los agentes para cambiar o mantener las instituciones de acuerdo a sus proyectos políticos o núcleos de creencias y valores que defienden (Schmidt, 2008:315).

El resultado de todo esto es que se ve a la acción, además de producto del cálculo racional de los actores, de las trayectorias de dependencia o a partir de lo apropiado de acuerdo a reglas, como resultado del conjunto de habilidades discursivas de los agentes que dan sentido y explican la racionalidad de la acción. Es decir, en el diseño de instituciones y formulación de políticas públicas existe una lógica comunicativa.

El discurso es un proceso interactivo que permite a los agentes cambiar instituciones, porque la naturaleza deliberativa del discurso permite concebir y hablar acerca de los objetivos de las instituciones a la distancia, y disociarlas de su continuidad. Esto es posible porque el discurso trabaja en dos niveles: el nivel de todos los días que genera comunicación acerca de la situaciones que se van dando, del desempeño cotidiano de las instituciones, y en un meta nivel, como un segundo orden crítico de comunicación entre agentes acerca de qué quieren o esperan de esas instituciones, y en el que se establece una deliberación y persuasión como preludeo de la acción a partir de sus valores y creencias.

Implicaciones para la gobernanza del agua

Todo lo anterior es coincidente con la consideración de que las instituciones del agua son tanto el resultado como el vehículo de procesos políticos, los cuales han moldeado el cambio institucional y sus resultados (Castro et. al., 2006:247). Los procesos políticos son relativos al ejercicio de poder y pueden ser mejor entendidos si se remiten a un proceso de enfrentamiento entre proyectos políticos rivales en torno al entendimiento mismo de la crisis del agua y las formas para hacerle frente.¹⁷²

La adopción del paradigma de la GIRH ante esta idea se presenta como un entramado institucional al que le dan contenido los actores que intervienen en su implementación. Es decir, no es neutral ni ajeno en torno el conjunto de valores, creencias y orientaciones sociales que los sujetos imprimen en su acción política.

Algunos análisis identifican que los temas relativos a la gobernanza del agua que resultan más disputados en este sentido son: (a) ¿Bajo qué principios se logra el mejor gobierno del agua?; (b) ¿Cómo lograrlo? ¿Con quiénes?; (c) ¿Con qué objetivos? ¿A través de qué programas y proyectos?¹⁷³ Al respecto se identifican dos visiones del mundo encontradas a partir de la concepción que se adopte relativa a la naturaleza del recurso hídrico: (a) el agua como bien económico; (b) o agua como derecho humano. A parte de la tensión existente entre estas dos visiones en torno a la inclusión o exclusión en el acceso entre estas dos visiones hay una disputa relativa al alcance de la descentralización del proceso de toma de decisiones y de la participación ciudadana. Aquí, los proyectos políticos se toman como ‘tipos ideales’ de lo que defienden los actores en un momento determinado, a partir de su concepción de la naturaleza del agua, del entendimiento

¹⁷² Para referencia de lo que se entiende por proyecto político véase nota 7 de este capítulo.

¹⁷³ En lo particular hago referencia a los análisis hechos en Caldera y Torregrosa (2010), Castro (2005), Varios (2006) y Dourojeanni y Jouravlev (2001).

que se tenga del origen o causas de los problemas, así como de las soluciones y sus estrategias que se planteen como las más adecuadas para superar la crisis del agua.

CUADRO 2

TIPOS DISCURSIVOS A PARTIR DE LOS PROYECTOS POLÍTICOS DEFENDIDOS POR LOS ACTORES EN EL PROCESO DE GOBERNANZA DEL AGUA

Instituciones	Tipo de ideas	Coalición	
		Agua como bien económico	Agua como derecho humano
<i>Reglas constitucionales</i>	Normativas	El agua es un bien económico y el mercado el mejor instrumento para la asignación eficiente.	El agua un derecho universal e inalienable, constitutivo de la dignidad humana, su asignación debe estar gobernada por principios de equidad y justicia social.
	Cognitivas	Se deben solucionar los problemas de asignación entre usos competitivos, procurando el cuidado sostenible de los recursos naturales en tanto bienes económicos escasos.	Se deben solucionar los problemas de inequidad en el acceso al agua, superación de la pobreza y asegurar la sustentabilidad del los recursos naturales en un compromiso intergeneracional.
<i>Reglas de elección colectiva</i>	Normativas	La GIRH es un medio para estructurar eficientemente los mercados de agua e introduce incentivos para el cuidado del medio ambiente.	La GIRH es un medio que permite la participación democrática y la asignación justa del agua. La GIRH además transparente y sanciona las posibles acciones oportunistas de los actores.
	Cognitivas	La participación se da en asociaciones público-privadas. Los mercados de agua existen a nivel de cuenca. Son necesarios los derechos de propiedad (privada) sobre el agua.	La sociedad civil asegura participación y control democrático sobre el manejo del agua. Debe asegurarse la propiedad pública del agua. Las agencias gubernamentales deben facilitar el proceso de coordinación.

	Normativas	Se privilegian estrategias orientadas a incrementar la oferta de recurso Cooperación y asociación ente actores involucrados, preferentemente estatales y de la iniciativa privada.	Se requieren estrategias orientadas a la demanda y supeditación del modelo económico al medio natural. Deliberación y consenso entre involucrados, buscando beneficiar a la comunidad frente actores en lo particular.
<i>Reglas operativas</i>	Cognitivas	Se requiere inversión en proyectos de infraestructura que incrementan la disponibilidad del recuso. Descentralización y participación social acotada, conservando facultades exclusivas la autoridad política central. Preferentemente se busca la auto-regulación de procesos de asignación y uso y donde la autoridad estatal es sólo un árbitro neutral entre usos competitivos.	Cambio en los patrones de consumo que equilibren necesidades con disponibilidades. Descentralización y participación social efectiva a nivel cuenca. La regulación es responsabilidad de la autoridad estatal, que conjuntamente con actores sociales, da seguimiento a los acuerdos entre actores con diferentes capacidades de acción y representación.

Fuente: Elaboración propia a partir de Caldera (2009) y Caldera y Torregrosa (2010).

El reconocimiento de la disputa a partir de proyectos políticos defendidos en la construcción de las instituciones del agua se debe de dar en los diferentes órdenes de interacción entre actores protagonistas del debate, diseño y adopción de las políticas que a fin de cuentas se implementan para hacer frente a los principales problemas relativos a la escasez, la distribución, la calidad y el aprovechamiento del agua. En este sentido, la misma adopción del paradigma GIRH desde los foros internacionales en los que se han definido las orientaciones generales de esta fórmula de manejo del agua, pasando por los países y hasta el nivel de los sistemas hídricos (acuíferos, ríos, lagos, presas, etcétera) en

los que se ha promovido su adopción refleja el disenso por los significados y los intereses.¹⁷⁴

De manera significativamente visible se ubica la disputa entre dos coaliciones de defensa: La primera de ellas comparte en su núcleo de valores la visión del agua como bien económico. Los principales instrumentos para una asignación eficiente del recurso es precisamente la GIRH, la cual deberá constituir la base de instauración del mercado de agua, en donde los derechos de propiedad están claramente definidos. El agua es sólo un bien más del conjunto de recursos productivos, por lo tanto su conservación obedece más a una lógica de precios y en donde se debe procurar un equilibrio entre desarrollo económico futuro y disponibilidad. La gestión de los servicios conexos debe ser manejada bajo premisas de mercado, preferentemente por actores privados o mezclas público-privadas. La cooperación y la coordinación se procura preferentemente entre actores gubernamentales y la iniciativa privada, acotando los alcances de la descentralización en el proceso de toma de decisiones y la participación social a nivel de cuenca. La representación de intereses en los espacios se da básicamente a partir de usuarios 'acreditados' y donde la autoridad sólo es un árbitro neutral en la disputa por los usos competitivos del recurso. Las estrategias que tienden a privilegiarse son aquellas que están orientadas a incrementar la oferta del recurso en la cuenca, como por ejemplo, la construcción de infraestructura para el almacenamiento y el trasvase entre cuencas.

La segunda coalición de defensa se concentra alrededor del núcleo de valores que prioriza el derecho humano del agua o ve a este recurso como un bien esencialmente social. La propiedad del

¹⁷⁴ El principal foro en el orden internacional ha sido sin duda han los Foros Mundiales del Agua organizados por la WWC verificados en Marruecos en 1997, la Haya en 2000, Kioto en 2003, México en 2006 y Estambul en 2009. Véase Caldera y Torregrosa (2010).

recurso en este sentido debe ser en todo momento 'pública' y la GIRH debe ser un instrumento que asegure la materialización de este derecho en el ámbito de la cuenca, así como los principios de equidad y justicia social. En tanto bien social el agua debe procurar cubrir necesidades básicas y ser un elemento a través del cual se trate de aliviar las condiciones de pobreza, pero que a la vez asegure la conservación del recurso para las generaciones futuras. Gobierno local y comunidad son corresponsables de la gestión del agua a través de mecanismos de deliberación, consenso y coordinación. Mediante estos últimos procesos se pretende introducir mecanismos de control que procuren el beneficio comunitario antes que el de beneficio particular. La autoridad estatal en este sentido es la responsable de procurar el cumplimiento de los acuerdos entre los actores participantes en los espacios de representación, a quienes además se les reconoce diferentes capacidades de acción y representación. Las estrategias privilegiadas son aquellas orientadas a administrar la demanda, como por ejemplo aquellas que buscan cambiar patrones de consumo hasta equilibrar lo más posible la disponibilidad del recurso en la cuenca con la dinámica socioeconómica.

La observación tanto de los proyectos políticos defendidos por cada conjunto de actores y las asimetrías de poder en el desarrollo institucional y el desempeño de las políticas públicas se convierte en básico para un buen entendimiento del proceso de gobernanza. Incluso, quizá el logro del consenso y la promoción de la cooperación en el proceso de toma de decisiones políticas sólo sea posible si se reconoce primero esta confrontación entre proyectos políticos.

El caso de los acuíferos del valle de Aguascalientes y del Valle de León

Los casos resultan significativos pues los dos son de los acuíferos más sobreexplotados del país.¹⁷⁵ Los dos casos son representativos en la zona centro-norte de México, donde la gravedad del problema se configura a partir de la importancia social y económica de las regiones y su disponibilidad de agua cada vez menor.

Ambos tienen al agua subterránea como su principal fuente de abastecimiento para todos los usos, pero principalmente para consumo humano. Su perfil sociodemográfico y económico es muy parecido, y los dos concentran una presión importante sobre su sistema natural a partir, primero, de la extracción que se da en el sector agrícola, segundo, de la demanda del recurso que hacen poblaciones que en ambos casos sobrepasa el millón de habitantes, y tercero, la contaminación del agua que se da principalmente a partir de una intensa actividad industrial.

El agua para consumo humano en León depende actualmente en un 90% del agua subterránea, mientras que en Aguascalientes el dato es del 100%. El agua superficial está destinada principalmente al sector agrícola. Los balances hídricos para ambos acuíferos muestran que para el caso Aguascalientes la sobreexplotación llega a los 199 hm³, mientras que para el acuífero de VL es de 48.3 hm³ por año. Los dos acuíferos presentan abatimiento promedio de dos metros por año, agravándose la situación en las zonas metropolitanas, donde la extracción se está haciendo a 400 y 500 metros, con abatimientos de 4 y 5 metros por año en León y Aguascalientes, respectivamente.

¹⁷⁵ La CNA identifica 104 acuíferos que presentan algún grado de sobreexplotación, es decir, donde la extracción es mayor a la recarga (CNA, 2008). Entre ellos se encuentran los dos acuíferos de este trabajo.

La presión más extensa sobre ambos acuíferos es a partir del uso agrícola, el cual en ambos casos ronda el 70% del total de consumos. A pesar de que la región que comprende al acuífero del VL tiene veda presidencial desde 1948 (ratificada y ampliada en 1983) y el de acuífero OAE desde 1964, las políticas agrícolas de la década de los sesenta, e inclusive las posteriores, siguieron alentando la perforación de pozos para este uso.

En términos de superficie sembrada para riego la región del acuífero VL en 2005 registró 15,289 hectáreas (has.), mientras que la del acuífero OAE ascendieron a 50,000 has. Esto se ve reflejado en el número de pozos registrados para uso agrícola, mientras la primera región registra 789, la segunda 1,539, más de la mitad (véase cuadro 1).

El siguiente sector demandante de agua es el público-urbano para León y Aguascalientes, 26% y 22%, respectivamente. En León opera el Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de León (SAPAL), organismo público considerado uno de los más eficientes del país en términos comerciales y técnicos, mientras que en Aguascalientes desde 1993 el servicio se concesionó a una empresa llamada Concesionaria de Agua de Aguascalientes, S.A. (CAASA), siendo uno de los primeros y uno de los pocos sistemas de agua potable y alcantarillado en México en los que la iniciativa privada tiene bajo su responsabilidad la operación integral del servicio.

En cuanto al uso industrial efectivamente se muestran datos conservadores para ambos casos (1% para León, 2% para Aguascalientes), tomando en cuenta la proporción con respecto a los otros usos, así como por la importancia y tipo de industria instalada, por lo que uno de los grandes asuntos alrededor de este sector se traslada más bien a la cuestión de la contaminación, rehabilitación y aprovechamiento posterior de esta agua.

En general los balances hídricos muestran datos que plantean que para el caso del acuífero de Aguascalientes el minado llega a los 199 hm³, mientras que para el acuífero de León es de 48.3 hm³.

CUADRO 3
BALANCE HÍDRICO DE LAS DOS REGIONES

Concepto	Región del acuífero León ^(a)	Región del acuífero Aguascalientes ^(b)
	hm ³ /año (%)	
Volumen concesionado (REPGA)	285.3	396
	213 (68%)	306 (70%)
Volumen agrícola	80 (26%)	95 (22%)
Volumen público-urbano	2.5 (1%)	7 (2%)
Industrial	11 (3%)	15 (4%)
Otros (incluye pecuario)	7 (2%)	10 (2%)
Otras salidas (fugas y evaporaciones)	312.6	433
	264.3	234
Volumen de extracción total	48.3	199
Recarga		
Minado		

Fuente: (a) GUYSA (1998 [2003]); (b) OMM, COTAS/OAE (2006).

En términos económicos las dos regiones resaltan por su dinamismo. León, Guanajuato tiene una tradición más añeja como zona con vocación industrial dado que desde la primera mitad del siglo XX la industria curtidora y zapatera arraigada ahí se ha convertido en una de las más importantes del país, mientras que Aguascalientes ha vivido un proceso de transición en las últimas cuatro décadas en el que de ser una economía esencialmente agrícola se ha pasado a otra de tipo industrial y de servicios altamente atrayente de inversiones nacionales y extranjeras. Los diagnósticos existentes plantean que la tendencia de la sobreexplotación de los acuíferos no se está revirtiendo lo suficiente con lo que en un futuro no mayor a 20 años se comprometerá no sólo el patrón de desarrollo económico

de estas regiones, sino la disponibilidad de agua para la vida digna. La historia de la que aquí se da cuenta trata acerca de cómo la visión dominante del agua como bien económico compromete este futuro al plantear soluciones que quizá que un planteamiento del agua como derecho humano pudiera plantear alternativas más sustentables.

Este estudio del cambio institucional en el sector agua se centra en el periodo comprendido entre 1989 y 2008. Esta temporalidad se justifica dado la identificación de la instauración en el orden nacional mexicano de un paradigma de ‘modernización’ y redefinición de papel del Estado, que Luis Aboites lo llama “mercantil ambiental” de la política hídrica (Aboites, 2009). Dicho paradigma ha sido impulsado a la par de la creación de la Comisión Nacional del Agua (CNA) en 1989, la agencia federal encargada de la política hídrica. En este mismo año además, se ubican procesos políticos locales en Aguascalientes y Guanajuato que impactarían directamente a este sector en las dos décadas siguientes.

En términos metodológicos el análisis de los casos de estudio se basó tanto en entrevistas a actores clave, como en revisión hemerográfica de los principales diarios locales tanto de León, como de Aguascalientes. El trabajo de campo se realizó entre noviembre de 2008 y agosto de 2009.¹⁷⁶

El diagnóstico principal en el sector agua en los dos casos de estudio durante las dos últimas décadas es el mismo: la crisis del agua se manifiesta a partir de la sobreexplotación de sus acuíferos principales de forma preocupante y amenazante para el desarrollo local sostenible. Las autoridades y los principales actores, como los empresarios locales, insistentemente en ambos casos insertan en sus discursos su preocupación por dicha crisis pues la consideran potencialmente el principal freno

¹⁷⁶ En la bibliografía se indican tanto los diarios revisados, como las entrevistas realizadas.

para el desarrollo económico y competitividad de las regiones en un futuro próximo. Sin embargo, las historias particulares y las condiciones económicas, sociales y políticas de las regiones, así como los valores y creencias de los actores principales moldearon la forma como ellos 'estructuraron' el mismo problema y diseñaron acciones para tratar de atenderlo.

En los siguientes apartados se presenta un análisis discursivo que muestra el cómo se estructuraron y moldearon las instituciones del agua que están operando en dos casos relevantes con crisis del agua en México, tanto el caso del valle de León, como de Aguascalientes. Para sistematizarlo lo dividí a partir del conjunto de reglas constitucionales, de elección colectiva y operacionales, propuesta que expliqué antes como marco analítico. Como apoyo de esto además, presento al final un anexo donde se reseñan algunos párrafos seleccionados de discursos de actores destacados, tratando de caracterizar las ideas dominantes en el proceso político de diseño institucional para hacer frente a los problemas de escasez y contaminación del agua en las regiones estudiadas.

Nivel institucional de reglas constitucionales (IRC)

Comienzo por el nivel de reglas constitucionales, ya que este se refiere a la arena donde se definen o se disputa los valores, normas y orientaciones de las políticas (dimensión normativa), así como los objetivos políticos y define la naturaleza de los problemas (dimensión cognitiva).¹⁷⁷ Al concentrarse precisamente en las

¹⁷⁷ Las reglas llamadas constitucionales, que Klijn las define más bien como 'reglas de las arenas', son reglas estructurantes (metaestructuras) de la red, es decir, llegan a configurar la naturaleza de la estructura de autoridad y de ejercicio del poder. Erik-Hans Klijn, *Complexity in decision-making: connecting decisions, arenas and actors*, Paper for Seminars Series "Communication and space for change; actors, interfaces and interactions", Wageningen University, 2007, p. 11-2.

ideas detrás de las estrategias diseñadas durante estas dos décadas se pueden enumerar coincidencias importantes, pero a la vez diferencias trascendentales.

▪ IRC-normativas

La primera coincidencia que abría que resaltar es el dominio de una valoración del agua como bien económico —en contraposición a la idea del agua como un derecho humano— por parte de los actores más visibles y con mayor incidencia en el proceso de toma de decisiones en lo local. En ambos casos se comprueba en el discurso de los agentes gubernamentales o empresariales el dominio de esta perspectiva, en donde recurrentemente se hace referencia a la idea de que la crisis del agua, manifestada como escasez, es el principal reto a superar para el desarrollo económico de las respectivas regiones, y donde uno de los principales caminos para procurar su cuidado es considerar su valor mercantil.

Para el caso de Guanajuato en lo general y de León en particular, esta visión se constata en el discurso de las autoridades locales en la que se manifiesta que el problema del agua en lo local es un asunto de eficiencia para lograr nuevas inversiones que contribuyan a llevar agua a la ciudad donde la aportación financiera de los consumidores se pone como central para lograr los objetivos de disponibilidad.

En contraposición a la postura de las autoridades de León, particularmente con respecto a la consideración del agua como bien estratégico para desarrollo de la ciudad y la prioridad en proyectos económicos que implican llevar agua a la ciudad desde fuentes ubicadas fuera de la zona del propio acuífero (i.e. la instalación de una batería de pozos llamados La Muralla en los municipios vecinos de Silao y Romita y la intensión de

construcción de la presa en Zapotillo en Jalisco), se identifica un conjunto de actores que manejan el discurso contrario a partir de la idea del agua como derecho humano.

En el caso de Aguascalientes la contraparte al discurso de las autoridades que justifican la valoración del agua como bien económico sólo ha estado por parte de quienes se han opuesto al modelo de participación privada en el servicio de agua potable en el municipio capital durante las últimas dos décadas, sin embargo, aunque su discurso no está claramente sustentado en una concepción manifiesta del agua como derecho humano, podemos encontrar ubicar una crítica clara a la concepción economicista. El discurso de estos actores, principalmente dirigentes partidistas de oposición y líderes de organizaciones populares ha sido poco estructurado y dirigida sólo al modelo de concesión y donde se ubica una concepción donde el gobierno local debe recuperar su responsabilidad sobre el servicio.

▪ IRC-cognitivas

Las diferencias entre los casos en torno al nivel institucional de reglas constitucionales parte también de la consideración acerca de la naturaleza del problema principal —la sobreexplotación de los acuíferos y la consecuente escasez del agua— y de problemas adyacentes —como el de la calidad del agua—, así como de las principales causas. En este sentido se vuelve pertinente identificar el enfrentamiento manifiesto entre actores a partir de la posición social, económica y política.

En el caso de León por ejemplo, un tema central junto al de la escasez es el de la contaminación del agua a partir de los desechos de la industria en general, pero principalmente de la curtidora. Este ha sido un asunto público altamente debatido y controvertido a lo largo de las dos décadas que incluye la revisión

del presente análisis. Por el lado de quien condena la falta de compromiso de los empresarios curtidores con la sustentabilidad del acuífero del valle de León, también les recriminan la captura de los espacios de decisión y vigilancia del cuidado del medio ambiente en el ámbito local, así como cierta complicidad de las autoridades para no cumplir con la ley. Por su parte los industriales curtidores defienden su posición a partir de sus esfuerzos por certificar sus procesos.

Tanto para León, como para Aguascalientes se torna significativa la disputa en torno a la idea de los actores relativa al dónde dirigir o concentrar la atención y diseñar las principales acciones para bajar la presión sobre el acuífero. En términos mediáticos es claro que en León por ejemplo, el asunto de la contaminación industrial de los afluentes genera más cobertura tanto por las declaraciones de los industriales que emiten los contaminantes, como de las mismas autoridades locales. Lo mismo sucede en Aguascalientes donde los actores políticos y los medios concentran de manera importante su atención a los asuntos relativos al servicio de agua potable en el municipio capital, en particular los temas en torno a las acciones de la empresa concesionaria, los cortes del servicio, los tandeos o cobros a los usuarios.

En Aguascalientes hay una clara división entre quienes opinan que las soluciones más efectivas son las que posibiliten una disponibilidad mayor de agua a través de proyectos de tecnificación y la promoción de cultivos menos consumidores de agua y más rentables económicamente, y otros que añaden que esto no será suficiente sino se promueve el asociacionismo y la participación entre usuarios para concientizarlos primero de que es necesario ensayar medidas drásticas.

Nivel institucional de reglas de elección colectiva (IEC)

Dos de los asuntos básicos en este nivel son, por un lado, la forma como se estructuró la participación social en la gestión del agua, y por otro, el cómo se asumió la perspectiva de la Gestión Integral de los Recursos Hídricos (GIRH) en el diseño institucional local. El tipo de estructuras creadas y las acciones desarrolladas por los actores en esta arena debería corresponder tanto al tipo de valores prioritarios, como a las suposiciones en torno a la naturaleza de la crisis del agua en cada uno de los casos estudiados, elementos descritos anteriormente.

▪ IEC-normativas

En Guanajuato, la valoración por la autonomía política y administrativa con respecto al gobierno federal en la gestión del agua llevó paralelamente a un aprecio por la participación de actores locales no estatales como medio o instrumento para lograr lo primero. En el contexto de los primeros triunfos electorales reconocidos al Partido Acción Nacional (PAN) en la entidad, existía un gran optimismo por abrir los espacios de decisión a más sectores sociales o por lo menos a los sectores directamente interesados en los asuntos del agua.

En general en Guanajuato, y en particular en León, se trataba en un primer momento de un ímpetu por ir en ‘contracorriente’ al centralismo de la CNA —aún parte de un gobierno priísta—, dice alguno de los actores entrevistados, pero a la vez también confluían otros procesos que a la par nutrían en términos de ideas a un diseño institucional que quería ir un paso adelante de lo que nacionalmente se proponía. Ricardo Sandoval Minero, persona a quien se le encargó operar el sistema de planeación en su primera etapa y que después fue nombrado Secretario Ejecutivo de la Comisión Estatal del Agua de Guanajuato (CEAG)

para dar continuidad al proyecto iniciado con Vicente Guerrero Reynoso, plantea bien estos procesos: Primero, Vicente Fox como gobernador, y a partir de sus antecedentes como agricultor local, sabía bien que con un sistema de planeación y participación social como el que se le proponía podía llegar en mejor posición a las negociaciones de los trasvases dentro del marco del Consejo de Cuenca Lerma-Chapala (CCLCH), ya que esto le posibilitaba el consenso y el respaldo de los agricultores interesados. En este mismo sentido, también su perspectiva empresarial acabó por convencerlo de que este diseño institucional permitiría una planeación a largo plazo a favor de estos agricultores locales, por lo que en un principio encargó este proyecto a la Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Rural (SDAyR) encabezada por Javier Usabiaga, con apoyo del Instituto Mexicano de Tecnologías del Agua (IMTA), institución que estaba especialmente interesada en materializar este proyecto de participación social que la CNA, a pesar de estar considerada en la legislación nacional, se había tardado en implementar. Y segundo, Vicente Guerrero desde la CEAG, se hizo allegar de un equipo de asesores encabezados por Eduardo Mestre, que junto a Emiliano Rodríguez Briceño, Enrique Aguilar Amilpa, así como Axel Dourojeanni,¹⁷⁸ le plantearon el proyecto de ‘aterrizar’ un diseño institucional en materia de política hídrica basado en los principios de descentralización, la GIRH y la participación social. Los planteamientos de este grupo de asesores, con la intermediación de Guerrero Reynoso, convencieron a Fox de cederle a la CEAG el diseño y la operación del nuevo entramado institucional en el que los Consejos Técnicos de Aguas (COTAS)¹⁷⁹ y su integración en el CEH serían la piedra

¹⁷⁸ Todos ellos, tanto como funcionarios, como expertos reconocidos internacionalmente, son agentes activos de las ideas de la GIRH.

¹⁷⁹ Se aprovechó el acrónimo de COTAS utilizado por la CNA de sus Comités Técnicos de Aguas Subterráneas, pero que Guanajuato se les denominó Consejos Técnicos de Aguas, porque originalmente atenderían tanto asuntos de aguas subterráneas, como de superficiales en alguna medida sin contraponerse a las unidades y distritos de riego (Marañón, 1999).

angular para tratar de materializar estos principios (Ricardo Sandoval Minero, especialista en política hídrica, entrevista, diciembre de 2008).

En Aguascalientes, la idea alrededor del año 2000 de crear un espacio de participación como el COTAS y el diseño de la propia ley estatal no provino de los actores locales, sino de la propia CNA, y sólo la disposición del entonces director del Instituto del Agua del Estado (Inagua), y el apoyo tanto de la dependencia federal como instancias como el Banco Mundial o la Organización Meteorológica Mundial, le dieron fuerza y presencia al propio COTAS durante algunos años hasta que una nueva administración gubernamental en el orden estatal, menos interesada en este impulso, disminuyó el trabajo coordinado entre el gobierno, a través del Inagua, y el organismo ciudadano.

La otra vertiente en este tipo de ideas son las referidas a la GIRH. Aquí los dos casos han encontrado similitudes en torno a las resistencias por parte de algunos actores para implementar una gestión de este tipo y los intentos de avanzar por otro. Lo logrado en todo caso parece obedecer más a las voluntades de los integrantes de los gabinetes gubernamentales y otros actores que coyunturalmente se han dado, pero en términos institucionales hay un *déficit* en esta materia para ambos casos, aunque se ubican algunas diferencias entre ellos que pudieran consolidar o no un manejo integral en un futuro inmediato.

En Guanajuato por ejemplo, el proyecto original de reforma jurídica en el año 2000 integrado por los asesores de CEAG consideraba esencial que todo el entramado institucional estuviera fincado sobre cuatro funciones básicas: Primero, debía asegurar el conocimiento tanto para autoridades como para usuarios (¿Cuánta agua se dispone? ¿Cuáles son los niveles de recarga y extracción?); Segundo, la organización de

los usuarios debe permitir el autocompromiso, autocontrol, así como la generación de estrategias coordinadas para reducir las extracciones y evitar contaminación de los cuerpos de agua; Tercero, se debía procurar la regularización administrativa (control efectivo de las concesiones); y cuarto, las acciones para asegurar el uso eficiente del agua en términos productivos, tanto para agricultores como industriales, debe partir de un aseguramiento y priorización del agua para consumo humano y una efectiva estrategia para arraigar en todos los usuarios una cultura del uso racional del agua (entrevista a Sandoval Minero, diciembre 2008).

Sin embargo, la consideración de los diputados locales de Guanajuato fue aprobar una Ley Estatal de Aguas parcialmente de acuerdo con los dos primeros principios, pero totalmente en contra de los dos últimos.¹⁸⁰ El primero de los principios ya había sido incorporado en el diseño organizacional que la CEAG venía operando desde 1998 con una dirección de planeación, encargada de los estudios y diagnósticos tanto de los acuíferos como de las fuentes subterráneas del estado, con un equipo de profesionales en modelación matemática el cual se hizo cargo del sistema de información que debía proveer tanto a la CEAG, como a la SDAyR, y en general a los usuarios. Lo mismo sucedió con el segundo principio, ya que tanto los COTAS como CEH tuvieron precisamente desde el principio como principal objetivo estar acorde con este planteamiento. Para rechazar el tercero y cuarto principios se argumentó simplemente la ‘inconstitucionalidad’ de

¹⁸⁰ Uno de los artífices de la propuesta original lo pone de esta manera: “Nosotros hicimos un proyecto de ley mucho más interesante del que finalmente se aprobó. Desgraciadamente el tratamiento con la CNA y los intereses locales en aquel momento fue terrible, y la ley fue mutilada totalmente, o sea, yo veo la ley que se aprobó finalmente y ni se entiende y le faltan un montón de cosas que nosotros habíamos puesto de otra manera en el proyecto de ley” (entrevista a Emiliano Rodríguez Briceño, diciembre de 2008).

ambos y la inoperancia en el orden estatal.¹⁸¹ La legislación que finalmente se aprobó en mayo de 2000 además limitó el campo de acción de la CEAG a la atención al uso público-urbano, mientras que a la SDAyR se le asignó los asuntos del uso agropecuario.¹⁸²

Coincidentemente algunos de los entrevistados opinaron que las resistencias que limitaron el alcance de la reforma parece que provinieron principalmente de grupos económicos ligados al sector agropecuario, los cuales, dicen, siguen manteniendo una relación clientelar entre gobierno y campesinos. “Para ellos todo se debe traducir en apoyos, esa es su palabra favorita...” (Entrevista a Sandoval Minero, diciembre de 2008).

Tanto Vicente Guerrero como Ricardo Sandoval estuvieron de acuerdo con el planteamiento de que no obstante estas limitantes de la legislación, el trabajo con los COTAS y su integración en el CEH, posibilitó poner la semilla para un manejo integrado en Guanajuato. Se aceptó por otro lado que entre dependencia como la CEAG y la SDAyR hubo momentos en que se trabajó defendiendo lógicas distintas. Mientras la CEAG buscaba bajar extracciones lo más posible, la SDAyR con su objetivo de lograr rendimientos competitivos para los agricultores se incentivaron técnicas y modelos de producción con consecuencias desastrosas para los recursos naturales, entre ellos el agua y la tierra principalmente.

Por su parte, como se ha descrito a lo largo de este trabajo, el organismo responsable de la política hídrica en el orden estatal en Aguascalientes desde inicios de la década de los noventa se

¹⁸¹ Opiniones coincidentes al respecto entre Ricardo Sandoval Minero y Vicente Guerrero Reynoso (ambos entrevistados en diciembre de 2008).

¹⁸² Vicente Guerrero Reynoso lo pone de esta manera: “En su momento, cuando presentamos al Congreso local nuestra iniciativa de Ley Estatal del Agua, integrábamos en la ley a todos los usuarios, como es el caso de la Ley de Aguas Nacionales, sin embargo los diputados lo rechazaron señalando que era inconstitucional nuestro proyecto. Considero que ahora es el momento de que se hiciera la modificación y que fuera la CEAG quien viera todos los usos y los regulara en el estado” (entrevista a Guerrero Reynoso, diciembre de 2008).

empezó a perfilar como una instancia constructora de obra no sólo para el uso público-urbano o rural, sino que empezó intensamente con la promoción de infraestructura para el tratamiento de aguas residuales, y para almacenamiento de agua para el uso agrícola (i.e. el caso de la construcción de lagunas de oxidación por todo el estado), sin embargo, la legislación hídrica local publicada en 2000 no reconoció como un área de atención el uso agrícola, y al industrial sólo lo hizo en términos de la participación que el gobierno del estado tiene como regulador de las descargas que este uso hace a los afluentes locales (entrevista a Pedro de Jesús Toledo Echegaray, abril de 2009). La colaboración se ha dado más bien de forma transversal con la instancia responsable de las políticas agrícola e industrial local, es decir, la Comisión de Desarrollo Agropecuario del Estado (Codagea) y la Secretaría de Desarrollo Económico, respectivamente. Este consideración legal generó conflictos al inicio de los trabajos del Inagua —hasta del propio COTAS del acuífero Interestatal Ojo Caliente-Aguascalientes-Encarnación (COTAS/OAE)— pues dejó a voluntad de los funcionarios del gabinete estatal en turno la posibilidad de un abordaje de los asuntos del agua desde una perspectiva más integral.

Esto último da pie a la revisión de otro conjunto de ideas (las cognitivas) en este mismo nivel institucional de reglas de elección colectiva ya que esta consideraciones acerca de la participación social y el manejo integrado de la gestión del agua conlleva una discusión paralela en torno al quién debe participar, cómo y a través de qué estructuras o instrumentos.

▪ IEC-cognitivas

El debate en torno a quién debe participar en la gestión del agua, y los instrumentos adecuados para ello es una discusión actual y presente en ambos casos de estudio. Mientras que para el caso

de Guanajuato en general y León en particular se identifica una discusión clara en torno a las posibilidades y amplitud de la participación social estructurada hasta el momento a nivel regional, en Aguascalientes se identifica cierta precariedad, incluso confusión, al respecto.

Por ejemplo, en el caso de Guanajuato se ubican referencias claras a un balance positivo acerca de la aportación hecha hasta el momento de los instrumentos de participación social existentes, y a justificar el papel del gobierno para incentivar y ‘acompañar’ dicha participación.

Por el contrario, para el caso de Aguascalientes, el discurso de actores gubernamentales entrevistados deja ver que el tema de la participación social no ha sido asumido ni articulado del todo, no ha sido considerado un elemento central para articular la acción pública que busca superar la crisis del agua en lo local, pues pareciera que hay cierta reducción del asunto a una simple cuestión de cultura en el consumo y uso racional del agua por parte de los usuarios, más que a la necesidad de una incidencia real de ellos en el proceso de gobierno.

Y cuando la autoridad en Aguascalientes ha tenido la oportunidad de hacer referencia pública a los instrumentos de participación existentes, ésta no destaca las potencialidades que se le podrían atribuir a la participación misma dentro de estos espacios, o a los compromisos que el propio gobierno puede asumir con los propios usuarios con respecto al diseño e implementación de estrategias radicales para reducir las extracciones del acuífero, y por el contrario, como ya se mencionó, hay una tendencia a asumir que la simple promoción de una “cultura del uso adecuado del agua” es suficiente para lograr la sustentabilidad del acuífero.

Algunos otros de los entrevistados sin embargo hacen observable un diagnóstico claro de la situación de la participación social en Aguascalientes. Mientras unos son optimistas, otros no lo son tanto, pero se coincide en que las razones de lo limitado de la participación en Aguascalientes está en el diseño institucional actual, pues este deja en manos de la voluntad personal (y política), tanto de las autoridades en turno, como de ciertos usuarios, el peso efectivo que potencialmente pueden tener estos espacios —ya sea el Consejo Directivo de CCAPAMA, el Consejo Consultivo del Inagua o el mismo COTAS/OAE— en la toma de decisiones de la política hídrica en el orden de gobierno respectivo.

Mientras en León, y en todo Guanajuato, el discurso de los actores en torno la participación social y la GIRH es claro que logró incidir de alguna manera en el diseño del marco institucional de la gestión del agua, en Aguascalientes también parece evidente que está pendiente una apropiación más profunda de estos conceptos por parte de los actores locales. En esto también ciertas condiciones estructurales de la red de políticas explican la diferencia: En Guanajuato la autoridad estatal aceptó parcialmente una reforma institucional apegado a estos principios porque contribuían al valor de autonomía política y administrativa buscado desde hace tiempo por la élite económica y política local con respecto a la autoridad federal, y lo hizo sólo en la medida que la apertura de esos espacios de participación no vulneraran la posibilidad de que estos grupos aseguraran incidir directamente en la política hídrica de acuerdo a sus intereses y una priorización de los usos productivos del agua. Por su parte en Aguascalientes, una parte importante de los principales instrumentos de la gestión del agua en lo local han sido adoptados a partir del ‘acompañamiento’ de la autoridad federal y otros actores externos para tratar de atender la crisis

local del agua (i.e. el otorgamiento de la concesión del servicio de agua potable a la iniciativa privada, la reformas a la legislación local en el 2000 y la instalación del COTAS/OAE). A pesar del cambio político en lo local en Aguascalientes, la valoración por un proceso de gobierno ‘cerrado’ en las políticas hídricas permanece, el cual sólo se ha abierto a algunos de los sectores económicos más influyentes, pero principalmente a través de mecanismos no institucionalizados y a través de una intermediación directa entre estos grupos y la clase gobernante.

Nivel institucional de reglas operativas (IRO)

En este nivel institucional se identifica dos debates importantes en los cuales me concentro: el primero con respecto al papel de la planeación y la forma como deberá instrumentarse esta desde el gobierno, y segundo, el tipo de estrategias y acciones concretas para atender la crisis del agua en lo local.

▪ IRO-normativas

Como se dijo antes, uno de los principios sobre los que Guanajuato logró fincar su reforma institucional fue la de instrumentar un sistema de planeación e información hidrológica que permitiera tener disponible el conocimiento para autoridades y usuarios en la estructuración del Plan Estatal Hidráulico y el trabajo emprendido por las organizaciones de usuarios, pero principalmente tener una mejor posición ante las negociaciones con la federación y los demás estados en la distribución de las aguas superficiales en el contexto del conflicto con Jalisco manifestado el Consejo de Cuenca Lerma-Chapala. El grupo de asesores de la CEAG insistió que la estructuración de un sistema de planeación hídrica y participación social como el que se proponía, era la mejor forma para asegurar acciones a largo plazo, y generar compromisos

entre los usuarios para participar con los programas que ellos mismos debían definir.¹⁸³

Se resalta coincidentemente, por dos de los entrevistados, que las fortalezas del sistema de planeación en Guanajuato son, por un lado la posibilidad de una visión a largo plazo, y por otro la apertura para que participen los usuarios. Ricardo Sandoval, por ejemplo, plantea que lo acertado del diseño no sólo fue institucionalizar, mediante la legislación local, la planeación y el trabajo técnico de modelación y diagnóstico hidrológico que la CEAG debe realizar, sino que en este proceso se liga con la participación social para que los planes resultantes tengan la posibilidad de generar auto-compromiso tanto por parte de la autoridad como a los propios usuarios (Entrevista a Sandoval Minero, diciembre de 2008).

Este esquema de trabajo planteó en su momento la necesidad de que una vez aprobado el Plan Estatal Hidráulico de Guanajuato, cada COTAS en su respectivo acuífero debería formular y aprobar su respectivo Plan Integral de Manejo. En este tema particular sí hubo un involucramiento tanto de la CNA como del propio Banco Mundial que, dentro de los acuerdos del Programa de Modernización del Manejo del Agua (PROMMA) en general y del del proyecto de Manejo Sostenible de Aguas Subterráneas (MASAS) en particular, decidieron incorporar el caso de Guanajuato en su estrategia general para hacer funcionar la figura de los COTAS en los 100 acuíferos más sobreexplotados del país. Hasta el momento sólo cuatro de los 14 COTAS de Guanajuato han presentado propuestas de sus respectivos planes de manejo,

¹⁸³ Ricardo Sandoval refiere que Eduardo Maestre utilizaba este argumento recurrentemente pues decía él “es la única forma de que los usuarios realmente reduzcan sus consumos ante la imposibilidad de la autoridad de obligarlos a hacerlo” (entrevista a Ricardo Sandoval Minero, diciembre de 2008).

de los cuales León no figura.¹⁸⁴ Las razones de que el acuífero del valle de León no haya avanzado en la integración de un plan integral de manejo de su acuífero se atribuyen a la imposibilidad que ha existido hasta el momento para poner de acuerdo a tan diversos actores e intereses,¹⁸⁵ inclusive hay opiniones con respecto a que el trabajo del COTAS de León es de los menos destacados en el estado, a pesar de su importancia.¹⁸⁶ Incluso se llega a identificar que el principal problema para lograr consensos en León parte de una cuestión de intereses encontrados, lo cual a la vez se explica como producto de la forma como se estructura la política en este lugar, donde generalmente se yuxtaponen poder económico y político (Entrevista a Emiliano Rodríguez Briceño, director general de SAPAL, diciembre de 2008).

Por su parte, una opinión común identificada entre algunos entrevistados en el caso de Aguascalientes, es que precisamente una de las principales limitantes para lograr el equilibrio en el acuífero es la falta de instrumentos que aseguren la continuidad y compromiso con estrategias y acciones radicales para bajarle a las extracciones (entrevista a Víctor Parada Chávez, gerente operativo del COTAS/OAE, abril de 2009). Por el lado de la vocación de la instancia estatal de la política hídrica en Aguascalientes

¹⁸⁴ Los cuatro acuíferos con Plan Integral de Manejo son Irapuato, Pájamo, Silao y Acámbaro, que si bien son los acuíferos más sobreexplotados del estado sin contar a León, éste último es uno de los más importantes dada la dinámica económica y social que ya he mencionado, y que lleva a pensar la urgencia de un instrumento de estos para el acuífero. Véase Haro y Peña (2007:26-31).

¹⁸⁵ La opinión acerca de que en León no ha sido posible concretar un plan integral de manejo debido a que no se ha podido poner de acuerdo a los involucrados es de Ricardo Sandoval. Dice por ejemplo, que los agricultores de papa —quizá los productores agrícolas más poderosos de León— son de los que más se resisten a tecnificar y a generar mecanismos que ayuden a consumir menos agua, pues se justifican diciendo que su cultivo da poco margen para ello (entrevista a Sandoval Minero, diciembre de 2008).

¹⁸⁶ El propio Vicente Guerrero comentó: “Desgraciadamente [el COTAS de León] lo considero de los menos avanzados. Realmente su presencia social es mínima. Ni los Presidentes que ha tenido ni el Gerente han sabido socializar su importancia. Es una entidad casi desconocida, es una asignatura pendiente. SAPAL que es quizá el usuario más importante no le ha dado la debida importancia a este tema” (Entrevista a Guerrero Reynoso, diciembre de 2008).

se reconoce que hay un déficit en materia de planeación, pues se considera que esta se ha concentrado más en funciones de construcción de obra hidráulica (Entrevista a Pedro de Jesús Toledo Echegaray, subdirector de la CNA en Aguascalientes, abril de 2009).

Algo que es indicativo de la forma como se maneja la gestión hídrica en Aguascalientes en este momento, y que es interpretado a partir de la entrevista al titular de Inagua (Luis Javier Campos Hermosillo, abril de 2009), es que se concibe de inicio que tanto la planeación como la responsabilidad general del diseño de las principales acciones para enfrentar el problema de la sobreexplotación es una función eminentemente gubernamental, con poca necesidad de involucrar a más actores en el proceso de formulación e implementación de la acción pública.

De manera consecuente se puede explicar el bajo compromiso con respecto a propuestas que impulsa directamente el COTAS/OAE, como es el caso del Plan Integrado de Manejo del Agua en el Acuífero Interestatal (PIMAGUA), lo cual la dirección del Inagua en 2009 balo justifica insistiendo que antes de asumir cualquier compromiso como este es necesario que la autoridad respectiva, es decir la CNA, controle la sobre-concesión.

Aunque se demuestra que entre los casos hay diferencias estructurales en torno al rol que se le da a la planeación participativa en el andamiaje institucional de la gestión del agua, y eso en un futuro podría marcar diferencias mayores en cuanto a los resultados para atender las crisis del agua en lo local, se ubican de manera similar resistencias para lograr compromisos con estrategias radicales como las que plantea el PIMAGUA en el caso de Aguascalientes, o las que efectivamente necesita plantear León y que ni siquiera ha logrado plasmar en algún boceto de proyecto de plan integral. En los siguientes párrafos

me concentro en las ideas en torno a las acciones que finalmente sí se han seguido como parte de la política hídrica en los casos estudiados.

▪ IRO-cognitivas

El escenario ideal para algunos de los entrevistados es avanzar precisamente en una estrategia integral que no sólo sea efectiva en reducir las extracciones de los acuíferos respectivo, sino que sea democráticamente consensada para que asegure un compromiso de cumplimiento por parte de los actores involucrados, tanto por el lado del gobierno, como de los propios usuarios. Sin embargo, es claro que dos tipos de factores son los que han frenado la adopción de una gestión de este tipo de forma plena en los dos casos de estudio: primero la resistencias ‘naturales’ provenientes principalmente del sector agrícola que es donde se requiere las reducciones más drásticas, y segundo, las resistencias por parte de ciertos actores ubicados regularmente en instancias gubernamentales que se oponen a la descentralización y a la democratización de los espacios de decisión.

En ambos casos el desarrollo de marcos institucionales y estrategias con el objetivo expreso de hacer frente a la crisis del agua en lo local ha ido acompañado de acciones dirigidas a atacar el problema por el lado de la demanda del recurso, es decir, mediante programas que tratan de reducir las extracciones al incentivar el uso de aguas tratadas en la industria y la agricultura, cambio de cultivos en la producción agrícola, uso de tecnologías para hacer más eficiente el riego, rehabilitación de redes de agua potable y alcantarillado, incluso el trabajo en torno a la educación en nueva cultura del uso eficiente del agua, entre otras. No obstante, estas acciones hasta el momento han tenido resultados muy limitados, e incluso también se ubican ciertas resistencias para implementar algunas de ellas. Quizá producto de esto, el tipo de estrategias

dominantes o preferidas por la élite política y económica de ambas regiones han sido los megaproyectos de obra hidráulica. Para el caso de León se ubica el proyecto de Río Verde/Zapotillo, y para el de Aguascalientes el proyecto de entubamiento del Distrito de Riego 001 de la Presa Plutarco Elías Calles.

El proyecto de la presa El Zapotillo (antes Río Verde) es una aspiración presente en León desde finales de la década de los ochenta. Se trata de la transferencia de agua desde la zona conocida el Zapotillo, Jalisco hacia esta ciudad guanajuatense, en el que se construirá además la presa Arcediano para abastecer agua a la ciudad de Guadalajara y regenerar el Lago de Chapala.¹⁸⁷ Para el grupo gobernante del Bajío es una obra estratégica y prioritaria, a través del cual se asegura “el crecimiento de la ciudad de León y la sustentabilidad de su acuífero”.¹⁸⁸

Principalmente funcionarios gubernamentales y empresarios de León coinciden en que este proyecto es el más importante o con mayor peso para tratar de regenerar a la cuenca. La obra está en marcha, y en 2010 inició su construcción. Alguno de los entrevistados manifestó su opinión al respecto: “la obra se llevará a cabo... de eso no hay duda. Fox la impulsó como su gran proyecto para León, y por parte de algunos empresarios locales hay gran soberbia y evitarán a toda costa que se caiga el proyecto”.¹⁸⁹

La oposición al proyecto es intensa y se reconoce que “la violencia pudiera surgir en cualquier momento... así lo dice la

¹⁸⁷ El proyecto el Zapotillo involucra una inversión superior a los \$8 mil millones de pesos, recursos que quedaron depositados en un fideicomiso manejado por Banobras. Se trata de una obra hidráulica que almacenará 411 millones de metros cúbicos; la cortina se elevará a 105 metros de altura, y canalizará 5.6 metros cúbicos de agua por segundo.

¹⁸⁸ Exposición del ingeniero Antonio Iglesias Benítez, director general del Organismo de Cuenca Lerma-Santiago-Pacífico, *Presentación del proyecto Presa Zapotillo y el Acueducto Zapotillo-Altos de Jalisco-León, Guanajuato*, Hotel Radisson, junto a la CMIC. 8 de agosto de 2008, disponible en la página de la CMIC: http://www.cmic.org/mnsectores/agua/reunionCONAGUA/R_080808/index_3.htm (9 de diciembre de 2008).

¹⁸⁹ Quien manifestó esta opinión me pidió omitir su nombre si decidía incluir la cita textual.

experiencia de León” (entrevista a Felipe Polo Hernández, director estatal de CNA en Guanajuato 2007-2009, diciembre de 2008). Esta oposición principalmente se ubica en los movimientos surgidos a partir de la resistencia de los afectados por las inundaciones y de grupos sociales,¹⁹⁰ y redes de intelectuales de la ciudad de Guadalajara.

En un mitin en Temacapulín el que estuvo presente el excandidato presidencial Andrés Manuel López Obrador en apoyo del movimiento en contra de la construcción en la presa de El Zapotillo, una de las consignas representativas más escuchadas fue: “A Fox se le secó la noria, quiere agua del río Verde, ¿y qué le vamos a dar? ¡Puro chile verde!” (Milenio, 6 de febrero de 2009).

A pesar de la abrumadora defensa por parte de autoridades y empresarios leoneses del proyecto de la presa El Zapotillo, se ubica una acotación por parte de algunos actores entrevistados, principalmente personajes ligados al trabajo de los COTAS en Guanajuato, quienes subrayan que este proyecto solo tendrá verdadero éxito si de manera paralela se sigue insistiendo en las estrategias de reducción de la demanda dentro de la zona de influencia, es decir, el acuífero del valle de León.¹⁹¹

En Aguascalientes el proyecto más importante de los años recientes ha sido el llamado “Modernización del Distrito de Riego 001 de Pabellón”, el cual consiste en el entubamiento del canal principal de la presa Plutarco Elías Calles, fuente de abastecimiento del primer distrito de riego del país (fundado en 1929 por el presidente Calles), para dotar de agua a los sistemas de riego de 6,100 hectáreas (has), lo cual significaría

¹⁹⁰ La zona de inundación, ubicada en la llamada Cañada de Obregón, abarca los pueblos de Acásico (365 habitantes), Palmarejo (185 habitantes), Temacapulín (480 habitantes).

¹⁹¹ Coincidencia identificada a partir de las entrevistas de Vicente Guerrero Reynoso, Emiliano Rodríguez Briceño, Ricardo Sandoval Minero y Aureliano Navarrete (éste último director general de gestión social de la CEAG, noviembre de 2008).

una sustancial incremento de la superficie regada con el agua de esta fuente superficial ya que actualmente sólo 4,000 has la aprovechan.¹⁹² Con una inversión de \$582 millones de pesos en este proyecto se espera que 187 pozos que actualmente operan en la zona de influencia del DR 001 y de los cuales se extrae 60 hm³, dejen de operar por completo esos pozos, y que sólo 32.5 hm³ de agua abastecidos por la presa, mediante un sistema altamente tecnificado, sean aprovechados por los campesinos para regar sus cultivos.¹⁹³

Es así que en ambos proyectos la estrategia y las acciones básicas dominantes son proyectos ingenieriles de gran envergadura, tratando de ampliar la oferta de recurso, y marginando otras de gestión de la demanda.

Conclusiones

Tanto en León como en Aguascalientes, la apuesta por los megaproyectos de infraestructura hidráulica y los magros resultados de los incipientes esfuerzos por tratar de atacar el problema por el lado de la gestión de la demanda, confirman la hipótesis general de este documento, la cual plantea que el cambio en las instituciones de la gestión del agua han estado determinados por la disputa entre actores que defienden proyectos políticos —conjunto de ideas en torno a la naturaleza de los problemas y qué políticas implementar para solucionarlos— divergentes en torno a la gestión del agua, en

¹⁹² La superficie que potencialmente puede regar la presa Calles se calcula en 11,879 has. Dato en “Presentación del proyecto del entubamiento del DR-001”, Luis Armando Reynoso Femat, gobernador del estado de Aguascalientes en IV Foro Mundial del Agua, 17 de marzo de 2006”. Inagua: <http://www.aguascalientes.gob.mx/inagua/EventosyParticipaciones/IVForo/DistritoDeRiego001.aspx> (consultado el 02 de enero de 2008). Véase también AMITECH México, *Pipes Today*, Boletín para clientes, primer número de 2007. Disponible en: <http://www.amitech.com.mx/> (los dos documentos consultados el 4 de diciembre de 2008).

¹⁹³ Se espera que esto signifique un ahorro de 57.7 hm³ de agua al año. El dato de la inversión en *El Heraldo de Aguascalientes*, 13 de julio de 2009.

donde las coaliciones que defienden el principio del agua como bien económico han capturado el diseño institucional desde el nivel de reglas constitucionales, lo que ha dado forma tanto a las reglas de elección colectiva y operativas, mientras que las coaliciones que defienden el agua como derecho humano, principio de sustentabilidad y esquemas participativos y de GIRH han logrado un impacto limitado sobre el diseño de instituciones y las estrategias finalmente llevadas a cabo para atender la crisis del agua en lo local.

A partir de lo descrito hasta el momento es posible identificar que en el subsistema de política de la gestión del agua de los casos estudiados se confrontan de alguna manera dos proyectos políticos. Por un lado, en ambos casos de estudio destacan actores que se han apropiado de una forma u otra el discurso de la necesidad de profundizar en el diseño institucional basados en principios de la GIRH y la participación social, mismos que subrayan la necesidad de concentrarse en acciones dirigidas a la *gestión de la demanda*, es decir, aquellas que buscan la reducción de los consumos de agua mediante el cambio de patrones culturales, organizacionales y tecnológicos en el uso y aprovechamiento del recurso, así como la utilización de mecanismos e instrumentos participativos y cooperativos que incentiven el auto-compromiso ente los usuarios con medidas de reducción de la demanda de agua. Los arreglos institucionales que se priorizan bajo este esquema de gestión son aquellos que en el mundo académico se dice corresponden a un esquema de “buena gobernanza hídrica”, es decir, los cuales permiten que...

[...] todos los actores de la cuenca involucrados en la gestión de los recursos hídricos contribuyen a la determinación de los objetivos, negocian los principios de relación entre ellos, los implantan posteriormente y evalúan los impactos ocasionados así como las relaciones entre los actores, quedando al gobierno la capacidad de intervenir subsidiariamente

cuando los demás actores no alcancen un acuerdo sobre los objetivos o sobre cómo conseguirlos. (Parrado 2003, 23)

Sin embargo, por otro lado, en los dos casos también se identifica que las estrategias y acciones preferidas o dominantes entre los actores con poder de decisión corresponden a un esquema de *gestión de la oferta*, es decir, una visión de la problemática hídrica que resalta a la obra hidráulica como elemento esencialmente articulador de la dinámica social y productiva del agua, y según ellos como principal medio para asegurar su disponibilidad y propiciar un uso eficiente del recurso. Este esquema de gestión va acompañado con una concepción de la acción pública que se articula de forma vertical y centralizada, donde la burocracia hidráulica pone énfasis en los grandes presupuestos, y además la opinión y la fuerza de las visiones alternativas no son consideradas.

Los problemas públicos en torno a la crisis del agua en los dos casos de estudio han sido definidos a partir de una agenda determinada por la propia estructura de la red de políticas y las ideas dominantes en la misma. Para el caso de León en lo particular y Guanajuato en lo general, una valoración positiva por la autonomía frente al poder central en el diseño de las instituciones del agua (reglas constitucionales), ha llevado a identificar en arreglos más cercanos al manejo integral y descentralizado las posibilidades de fortalecer la posición del gobierno del estado frente a la Comisión Nacional del Agua (CNA), generando los propios recursos de información mediante la planeación en el orden estatal y reforzada con legitimación política a través de mecanismos que incentivan claramente la participación social a través de mecanismos como los COTAS y el Consejo Estatal Hidráulico (reglas de elección colectiva). Esa misma valoración por la autonomía por parte de la clase empresarial leonesa particularmente (reglas constitucionales), es la que explica la

apropiación por parte de este grupo de actores del SAPAL a través de su Consejo Directivo, y a su vez ayuda a entender por qué la privatización no fue una salida optada en su momento, ya que se considera que el organismo operador, al estar manejado por empresarios, por medio de principios empresariales, encuentra un desempeño eficaz y eficiente (reglas de elección colectiva).

Mientras que en Aguascalientes se ubica una valoración temprana por parte de la élite política por redimensionar el papel del Estado y una creencia firme en que los mecanismos de mercado serían la fórmula óptima para frenar la sobreexplotación del acuífero (reglas constitucionales), llevaron a privatizar el servicio de agua potable de la capital del estado (reglas de elección colectiva) hacia principios de la década de los noventa. Así mismo una valoración positiva de la cooperación entre gobierno federal y estado (reglas constitucionales), ha propiciado asumir sin ningún problema la 'sugerencias' de la CNA en materia de diseño institucional, acotando las capacidades de la dependencia responsable de las políticas hídricas en el estado a una simple constructora de obra, gestora de programas y apoyos para los usuarios, y consultora de los organismos operadores de los municipios (reglas de elección colectiva). En este sentido la participación social no ha sido asumida como parte consustancial de la gestión del agua en el orden local.

La relación entre red de políticas e ideas también configura una de las principales diferencias entre los casos, mientras que en Guanajuato se logró establecer una 'comunidad epistémica' que promovió abiertamente la idea específica de la GIRH y de promoción positiva de los alcances de la participación social (sobre todo a partir de los funcionarios y asesores de la CEASG/CEAG entre 1995 y 2006), en Aguascalientes no se ubicó un grupo suficientemente fuerte que pudiera liderar el cambio de las instituciones del agua

hacia estos principios. Aunque en esta última entidad empieza a surgir una incipiente comunidad de este tipo a partir de los actores ligados al trabajo del COTAS/OAE, sin embargo, su alcance es todavía muy limitado, dado la baja de intensidad en el apoyo a esta organización y su trabajo dirigido a la gestión de la demanda por parte del gobierno estatal a partir de 2005.

No obtente para ambos casos se coincide a nivel de reglas operativas. Como se mencionó arriba, la valoración de estrategias de gestión de la demanda han sido aplicadas a una escala de alcance francamente mínima, subestimadas o preferidas en segundo término frente a salidas de gestión de la oferta. La apuesta por los proyectos de infraestructura para traer agua a León desde cuencas externas (i.e. La Muralla y Zapotillo), y los de infraestructura hidroagrícola en Aguascalientes (i.e. Entubamiento del DR 001 y construcción de varias plantas de tratamiento durante la administración estatal 2005-2010) son la principal prueba de ello.

CUADRO 4

RESUMEN DE LOS DISCURSOS INSTITUCIONALES DOMINANTES

Casos / Nivel institucional		Constitucionales	De elección colectiva	Operacionales
León	<i>Ideas normativas</i>	El agua es elemento estratégico, es decir, elemento esencial para el crecimiento económico y de mantenimiento del actual modelo industrial, agropecuario y urbano de la región.	El diseño de un sistema de planeación hídrica en el estado es importante para empoderar a los actores locales otorgando autonomía, frente a las negociaciones con actores de otros estados o el gobierno federal.	El actual modelo de desarrollo económico, basado en industria y agricultura de uso intensivo de agua debe mantenerse encontrando soluciones que acrecienten la disponibilidad actual del recurso.

Continúa...

León	<i>Ideas cognitivas</i>	El problema del agua es principalmente un asunto de eficiencia para lograr nuevas inversiones que contribuyan a llevar agua a la ciudad o tratar la contaminada.	Es importante la participación de los actores locales, principalmente los usuarios más significativos en términos de su aporte a la economía del municipio y del estado.	El incremento de la disponibilidad se dará a partir de proyectos que aseguren el trasvase de otras cuencas lo que implica inversiones públicas y privadas significativas.
	<i>Ideas normativa</i>	Sólo observando al agua como bien económico se encontrarán soluciones viables a la escasez.	No es necesario instrumentar soluciones diseñadas localmente, sino que es se prefiera asumir las estrategias propuestas exógenas (i.e. El gobierno federal o por otros actores como los organismos internacionales).	Centralmente el gobierno (federal, estatal y municipal), y eventualmente actores económicos poderosos, diseñarán la mejor solución técnica para incrementar la disponibilidad del recurso.
Aguascalientes	<i>Ideas cognitivas</i>	El principal problema es de solvencia financiera para encontrar soluciones técnicas. El mercado y el apoyo gubernamental a usuarios de mayor consumo (productores agrícolas) son suficientes para superar la crisis del agua (idea cognitiva)	Las estrategias deben atender el problema de manera sectorial, es decir, a partir de cada uso del agua en lo particular, con poca participación de los usuarios. (Idea cognitiva)	Se apuesta por mayor disponibilidad a partir de megaproyectos de infraestructura hídrica, y cambio en los patrones de consumo a partir de acciones poco articuladas dirigidas a los usuarios.

Fuente: Elaboración propia.

Para ambos casos es claro que las políticas del sector agua no están integradas con el diseño de otras acciones públicas impulsadas por los gobiernos estatales y locales que finalmente

siguen potenciando la presión sobre los acuíferos. No hay ninguna intención de cambiar los modelos de crecimiento económico tradicionales en las dos regiones. Para los dos casos, los principales puntos de veto (oposición) se siguen ubicando en los sectores productivos más importantes (para León los industriales curtidores y en Aguascalientes los empresarios agrícolas de gran escala) y autoridades atraídos por el manejo sectorial y la centralización de las decisiones.

Lamentablemente para los dos casos el reconocimiento por el trabajo intersectorial para tratar los temas relativos al agua no están totalmente respaldado, ni articulado a través de una estructura o reglas formales que procuren continuidad en el establecimiento de políticas o acciones integradas, así como el compromiso de cumplimiento por parte de todos los involucrados —y me refiero no sólo a los actores gubernamentales, sino a los actores económicos y sociales en torno a los usos del agua— a largo plazo.

En esto particularmente Guanajuato tiene una ventaja que le da su propio entramado institucional de planeación estatal articulado alrededor del Consejo Estatal Hidráulico, en el que se procura tanto el manejo integrado entre usos (público-urbano, agrícola, industrial y comercial) y tipo de aprovechamientos (subterráneos y superficiales), como un planteamiento de políticas, acciones y estrategias con una visión a largo plazo a través de la participación de los usuarios en la integración y validación del Plan Estatal Hidráulico.

Obviamente la realidad no se presenta así de maniquea, pero si tomamos a los proyectos políticos como ‘tipos ideales’ de lo que defienden los actores en un momento determinado. Quizá estemos en posibilidad de entender con mayor profundidad las razones de por qué en este momento aún se está lejos de

conseguir la sustentabilidad de los acuíferos estudiados, y qué potencialidades se tienen en los subsistemas de política respectivos para lograrlo a mediano o largo plazo, así como los retos institucionales que se necesitan afianzar para tener más posibilidades.

Los intereses pesan, definen en condiciones específicas, pero las ideas cohesionan la resistencia y persisten en la imagen hacia la que hay que transitar para conseguir mejores resultados, y en última instancia son el elemento que mejor explican el comportamiento de los actores más allá de la coyuntura.

Bibliografía

- Aboites, L. (2009), *La Decadencia de Agua de la Nación. Estudio sobre Desigualdad Social y Cambio Político en México*. Distrito Federal, El Colegio de México.
- AMITECH México (2007), "Pipes Today," Boletín para clientes, primer número de 2007. URL: <http://www.amitech.com.mx/> última consulta diciembre de 2008.
- Bevilacqua L. (2005), "La Circulación de las Ideas como Factor de Incidencia en los Procesos Políticos", *Revista Uruguaya y Latinoamericana de Trabajo Social*, vol. XIX, núm. 34, pp. 28-36.
- Bevir, M., W. Rhodes y P. Weller, (2003), "Traditions of Governance: Interpreting the Changing Role of the Public Sector in Comparative and Historical Perspective", *Public Administration*, núm. 81, pp. 1-17.
- Blomquist, W. (1992), *Dividing the Waters. Governing Groundwater in Southern California*. San Francisco, ISC Press.
- Caldera, A. (2008), "Gobernanza y Proyectos Políticos: Una Revisión Crítica Desde la Teoría Normativa de la Democracia", *Documentos de Trabajo*, núm. 2.
- Caldera, A. y M. L. Torregrosa (2010), "Proceso Político e Ideas en Torno a la Naturaleza del Agua: Un Debate en Construcción en el Orden

Internacional”, en Jiménez Laura, María Luisa Torregrosa, Luis Aboites, El agua en México: Cauces y Encauces, México, Academia Mexicana de Ciencias y Comisión Nacional del Agua.

Campo, L., Inagua, Entrevista realizada en abril de 2009.

Carabias, J. y R. Landa (2005), Agua, Medio Ambiente y Sociedad: Hacia la Gestión Integral de los Recursos Hídricos. Distrito Federal, Universidad Autónoma de México-El Colegio de México- Fundación Gonzalo Río Arronto.

Castañeda, J., Inagua, Entrevista realizada el 18 de noviembre de 2008.

Castro, E., K. Kloster y María Luisa Torregrosa (2004), “Ciudadanía y Gobernabilidad en México: El Caso de la Conflictividad y la Participación Social en Torno a la Gestión del Agua”, en Blanca Jiménez y Luis Marín, El agua en México vista desde la academia, México, Academia Mexicana de Ciencias.

Castro, E. (2005), “Agua Y Gobernabilidad: Entre la Ideología Neoliberal y la Memoria Histórica”, Cuadernos del CENDES, núm. 22, pp. 1-21.

CNDH (Comisión Nacional de Derechos Humanos) (2002), “Informe Especial Caso Agua Fría”, texto completo, URL: http://cndh.org.mx/Principal/document/inf_espec/CaguaFria.htm, última consulta 23 junio de 2004.

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) (2008) “Estadísticas del Agua en México”, texto completo, URL: http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/EAM_2008.pdf

Connolly, W. (1983), The Terms of Political Discourse. New Jersey, Princeton University Press.

Dourojeanni, A. y A. Jouravlev (2001), “Crisis de Gobernabilidad en la Gestión del Agua. Desafíos que Enfrenta la Implementación de las Recomendaciones Contenidas en el Capítulo 18 del Programa 21”, Serie Recursos naturales e Infraestructura, CEPAL, núm. 35.

Edelman, M. (1985), “Political Language and Political Reality”, American Political Science Association, vol. 18, núm. 1, pp. 10-19.

- Esch, S., M. Delgado, Silke Helfrich, Hilda Salazar Ramírez, María Luisa Torregrosa y I. Zúñiga (2006), *La gota de la vida: Hacia una gestión sustentable y democrática del agua*. México, Fundación Heinrich Böll.
- Geofísica de Exploraciones (2003), *Estudio Hidrogeológico y Modelación Matemática del Acuífero del Valle de León*, texto completo, URL: guanajuato.gob.mx, última consulta 14 de octubre de 2008.
- González, F., Entrevista realizada en Aguascalientes en noviembre de 2008.
- Haas, P. (1992), "Introduction: Epistemic Communities and International Policy Coordination", *International Organization*, núm 46, pp. 1-35.
- Habermas, J. (1989), *The Structural Transformation of the Public Sphere*. Cambridge, MIT Press.
- Hall, A. y R. Taylor (1999), "La Ciencia Política y los Tres Nuevos Institucionalismos", *Revista Conmemorativa del Colegio Nacional de Ciencias Políticas y Administración Pública*, pp. 15-54.
- Hanf, K. y A. Jansen (1998), *Governance and Environment in Western Europe: Politics, Policy and Administration*. Harlow, Addison Wesley Longman.
- Hernández, F., Comisión Nacional del Agua, Entrevista realizada en Guanajuato en diciembre de 2008.
- Iglesias, A. (2008), "Presentación del Proyecto Presa Zapotillo y el Acueducto Zapotillo-Altos de Jalisco-León", página de la CMIC, agosto, URL: http://www.cmic.org/mnsectores/agua/reunionCONAGUA/R_080808/index_3.htm última consulta diciembre de 2008.
- Klijin, E. (2007), "Complexity In Decision-Making: Connecting Decisions, Arenas And Actors", Paper for Seminars Series "Communication and space for change; actors, interfaces and interactions", Nederland.
- Marañón, B. (1999), "La Gestión del Agua Subterránea en Guanajuato. La experiencia de los COTAS", *Estudios Agrarios*, núm. 12, pp. 153-173.

- March, G. y J. Olsen (2005), "Elaborating the 'New Institutionalism'", en Political Institutions. The Oxford Handbook of Political Science. pp. 28.
- _____(1997), El Redescubrimiento de las Instituciones. La Base Organizativa de la Política. México, Fondo de Cultura Económica-Colegio Nacional de Ciencias Políticas y Administración Pública, A.C.
- Mestre, E. (2004), "Descentralización de la Administración Pública en la Gestión del Agua: El Caso de México", IV Congreso Ibérico de Planificación y Gestión de Agua, Tortosa, España.
- Moe, T. (2005), "Power and Political Institutions", Perspectives on Politics, Vol 3, núm. 2, pp. 215-233.
- Navarrete, A., CEAG, Entrevista realizada en noviembre de 2008.
- Olvera, A. (2004), "Ajuste Neoliberal, Democracia de Baja Intensidad y Proyectos Políticos Emergentes en América Latina", Simposio O Brasil e as Américas no novo milenio, Berlín, Alemania.
- Ostrom, E. (2000), El Gobierno de los Bienes Comunes. La Evolución de las Instituciones de la Acción Colectiva. México, Fondo de Cultura Económica-Universidad Nacional Autónoma de México.
- Parada, V., COTAS/OAE, Entrevista realizada en abril de 2009.
- Parrado, S. (2003), El Análisis Institucional de los Consejos de Cuenca y de su Aportación al Sistema Nacional Mexicano de la Gestión del Agua. México, Organización Meteorológica Mundial.
- Paulo, L. (2005), "La Circulación de las Ideas Como Factor de Incidencia en los Procesos Políticos", Revista Uruguaya y Latinoamericana de Trabajo Social, núm. 34, pp. 28-36.
- Pedroza, P., Entrevista realizada en Aguascalientes el 7 de abril de 2009.
- Peña, S. y S. Peña (2007), "El Manejo de los Recursos Hídricos en el Estado de Guanajuato", Aquaforum, núm. 45, pp. 26-3.
- Pierri, N. y G. Foladori (2004), ¿Sustentabilidad? Desacuerdos sobre el Desarrollo Sustentable. México, Colección América Latina y el Nuevo Orden Mundial.
- Portes, A. (2006), "Instituciones y Desarrollo: Una Revisión Conceptual", Cuadernos de Economía, vol. XXV, núm. 45, pp. 13-52.

- Reynoso, L. (2006), "Presentación del Proyecto del Entubamiento del DR-001", IV Foro Mundial del Agua, Ciudad de México.
- Rodríguez, E., SAPAL, Entrevista realizada en octubre de 2011.
- Rogers, P. y A. Hall (2003), "Effective Water Governance", Tec Background Papers, núm. 7.
- Roland, G. (2004), "Understanding Institutional Change: Fast Moving and Slow Moving Institutions", Studies in Comparative International Development, vol. 38, núm. 4, pp.109-131.
- Sabatier, A. y H. Jenkins (1999), "The Advocacy Coalition Framework. An Assessment", en Paul A. Sabatier y Hank C. Jenkins-Smith, Theories of the Policy Process, San Francisco, Westview Press.
- _____(1993), Policy Change and Learning. An Advocacy Coalition Approach. San Francisco, Westview Press.
- Schmidt, A. (2008), "Discursive Institutionalism: The Explanatory Power of Ideas and Discourse", Annual Review of Political Science, pp. 303-26.
- _____(2006), Give Peace a Chance: Reconciling Four (not Three) "New Institutionalisms", The annual meeting of the American Political Science Association, Philadelphia, United States of America.
- Scholz, T. y B. Stiftel (2005), Adaptive Governance and Water Conflict. New Institutions for Collaborative Planning. Washington, D.C, Resources for the Future Press Book.
- Thelen, K. y S. Steinmo (1998), "Historical Institutionalism in Comparative Politics", en Sven Steinmo, Kathleen Thelen y Frank Longstreth, Structuring Politics: Historical Institutionalism in Comparative Analysis, New York, Cambridge University Press.
- Toledo, P., Comisión Nacional del Agua, entrevista realizada el 17 de abril de 2009.
- Vargas, H. y J. Sosa (1996), "Agua: Desafíos y Oportunidades para el Siglo XX", I Memoria del Seminario Internacional sobre la gestión Eficiente del Agua, Aguascalientes.

9

Gobernanza de los Recursos de Uso Común: Tareas pendientes del diseño institucional para la gestión del agua en México

Ma. de Lourdes Amaya

Introducción

En este ensayo se plantea que, en el caso de México, la redefinición de los arreglos institucionales en torno al agua ha quedado incompleta, además de enfrentarse a múltiples resistencias que no se han sabido superar hasta el momento. Se argumenta que esta situación resulta, al menos en parte, de que en el rediseño que representó la descentralización del agua no se consideró que el desarrollo institucional se encuentra inserto en parte de procesos multidimensionales más amplios propios de la evolución de la sociedad. En ese sentido, la hipótesis del artículo plantea que mientras no se reconozca que existen estas deficiencias y no se tomen en cuenta estos procesos de mayor envergadura, la modificación del arreglo institucional implementada a través de la política descentralizadora impulsada

en la década de los noventa, no logrará contribuir a un manejo más eficiente del recurso.

El problema del manejo del agua posee tanto un nivel macro (relacionado con el marco institucional general para el manejo del recurso) como un nivel micro (consistente en la dinámica interna propia que los diferentes sistemas de gestión desarrollan). Para tener una idea concreta de la manera en que funciona la gestión del agua en México es necesario conocer cómo se combinan ambos niveles. En este capítulo pretendemos dar un primer paso al hacer una revisión del diseño institucional que enmarca el manejo del recurso, poniendo especial énfasis en sus deficiencias o limitaciones. Esto nos lleva a señalar la necesidad de realizar nuevos ajustes a la reforma institucional que representó la puesta en marcha de una política descentralizada del agua en México.

Para sustentar estas afirmaciones recuperamos el marco teórico construido en torno a los recursos de uso común (RUC), y los planteamientos de autogestión para la resolución de problemas de acción colectiva que surgieron en gran medida del estudio de experiencias concretas en la gestión de recursos hídricos. Con este propósito, se aplican los principales puntos de la teoría de los RUC en el análisis de las limitaciones que el diseño institucional de la gestión del agua en México tiene para tratar la problemática relacionada con el manejo de dicho recurso. Consideramos que los elementos de la teoría desarrollada por Ostrom nos permitirán entender por qué, a pesar de la redefinición institucional que representó la descentralización, la problemática del agua persiste sin haber mostrado mejoras significativas en su tratamiento.

Cabe señalar que en este ensayo se hace referencia específicamente al subsector del agua potable y no al conjunto de políticas relacionadas con el ciclo hídrico que implica su recolección, tratamiento y distribución. Nuestro trabajo se enfoca a la gestión local

del servicio de agua potable partiendo de que en su organización se refleja la disposición de los actores para encontrar arreglos que permitan un uso compartido del recurso. Desde la implementación de la política descentralizadora, la problemática específica de la gestión local del agua que se identificaba oficialmente giraba en torno a la ineficiencia y la falta de recursos financieros que caracterizaban a los sistemas locales de gestión. Otros aspectos que caracterizan al tema del agua desde una perspectiva general, pero que también se relacionan con el funcionamiento de los sistemas locales de gestión, se han señalado en documentos oficiales como el Programa Nacional Hídrico y la Agenda del Agua 2030. En el Cuadro 1 se enlistan dichos temas a partir de los objetivos rectores y las iniciativas que se señalan en dichos documentos oficiales:

CUADRO 1

PROBLEMAS RELACIONADOS CON LOS SISTEMAS LOCALES DE GESTIÓN DEL AGUA

<i>Programa Nacional Hídrico 2007-2012 (objetivos rectores)</i>	<i>Agenda del agua 2030 (iniciativas)</i>
Incrementar el acceso y calidad de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento.	Dar una responsabilidad más relevante a los gobiernos estatales en materia de agua potable y saneamiento.
Promover el manejo integrado y sustentable del agua en cuencas y acuíferos.	Promover la certificación sistemática del personal directivo y técnico de los organismos operadores de agua y saneamiento.
Mejorar el desarrollo técnico, administrativo y financiero del sector hidráulico.	Fomentar que la definición de tarifas de agua siga criterios técnicos y se desvincule de los aspectos políticos.
Consolidar la participación de los usuarios y la sociedad organizada en el manejo del agua y promover la cultura de su buen uso.	Fortalecer las capacidades y las atribuciones de la Conagua y de las Comisiones Estatales del Agua para fomentar, supervisar y regular los servicios de agua y saneamiento.

Fuente: Programa Nacional Hídrico 2007-2012 y Agenda del Agua 2030.¹⁶¹

¹⁶¹ Al momento de redactar este texto, se encuentra en proceso la elaboración del programa Nacional Hídrico 2013-2018, por lo que no fue posible incluir datos de

De acuerdo con el cuadro anterior, podemos apreciar que los problemas o retos que enfrentan los sistemas de gestión del agua tienen que ver con deficiencias técnicas, responsabilidades políticas y participación ciudadana. En este ensayo pretendemos ilustrar de qué manera el diseño institucional contribuye o no a atender estos aspectos y a propiciar un contexto favorable a la autogestión en el manejo del agua.

Para el desarrollo del argumento, el texto se organiza en cinco apartados: el primero de ellos resume las grandes líneas de la teoría neo-institucionalista desarrollada en torno a los RUC; en el segundo, se plantea el por qué es pertinente adoptar un enfoque institucional para abordar el tema del agua; en la tercera sección se discute la aplicabilidad de esta teoría para el análisis de la problemática del agua en México a partir de los dilemas de RUC identificados por Ostrom; en el cuarto apartado, se analizan los ajustes necesarios en el entramado institucional del sector del agua a partir de los siete principios de diseño institucional propuestos por esta misma autora. El texto concluye con una sección de consideraciones finales en la que se plantean las deficiencias fundamentales del diseño institucional planteado a partir de la descentralización del sector agua en México.

La problemática de los recursos de uso común: ¿cómo escapar a la tragedia?

La economía clásica distingue entre dos tipos básicos de bienes: las mercancías y los bienes públicos. Los primeros son aquellos que se colocan en un mercado y que son el objeto de una transacción entre dos agentes (el oferente y el demandante) sobre la base de un precio. Los bienes públicos, por su parte, se caracterizan por estar a disposición de una colectividad (por lo general, representada por una cierta sociedad en un momento histórico dado) lo cual implica que una vez provisto el bien no se

puede excluir a nadie de su consumo. Pueden ser provistos por el Estado o bien estar al alcance de los individuos de manera natural, además de que no existe rivalidad entre los usuarios del bien, es decir, el consumo por parte de un individuo no afecta la posibilidad de consumo de los otros individuos. Cuando el bien público es provisto por el Estado, puede establecerse un precio o tarifa para tener acceso a dicho bien; aunque la definición del precio no se dejaría a las leyes de la oferta y la demanda, sino que éste se fijaría con base en criterios de redistribución y de equidad¹⁶².

El hecho de no poder excluir a nadie de su consumo hace que la provisión de los bienes públicos se convierta en un problema de acción colectiva: si los usuarios no pueden ser excluidos del disfrute del bien, no cooperarán para garantizar su provisión. En términos de Elster (1997), debido a esta característica los individuos se mostrarán indiferentes, al no sentirse incentivados para cooperar voluntariamente en la provisión del bien. El problema es que dicha cooperación es necesaria, ya que el Estado requerirá de fondos para asumir los costos que la provisión del bien genere, y es sabido que la fuente primordial de financiamiento de la acción estatal la representan las aportaciones de los ciudadanos (impuestos, tarifas, pago de derechos, etcétera). El alcanzar ese objetivo de cooperación es, por tanto, el núcleo de las teorías de acción colectiva.

En 1968, Garret Hardin señalaría un caso particular de los bienes públicos confrontados al dilema de la construcción de

¹⁶² De hecho, el Estado asume la provisión de estos bienes ya que, por lo general, se encuentran relacionados con las necesidades básicas de los individuos, por ello se considera que debe garantizarse la disponibilidad y el libre acceso a los mismos de manera universal. Tradicionalmente, se ha considerado que las posibilidades de lucro que representan estos bienes son escasas, de ahí que no resulten interesantes para los proveedores privados. Sin embargo, esta perspectiva está cambiando, sobre todo en lo que se refiere a los servicios públicos, y existe una tendencia a fomentar la participación privada en dicha provisión, aunque ello signifique permitir la obtención de una cierta ganancia.

una acción colectiva. En su artículo clásico sobre la “tragedia de los comunes”, Hardin abordó la situación particular de ciertos recursos naturales explotados de manera compartida y permanente por una colectividad. Este autor subrayaba la paradoja de que, si bien dichos recursos constituían bienes fundamentales para la supervivencia de dicha colectividad que los utilizaba una y otra vez, sus miembros no mostraban disposición a un uso racional de los mismos. Por el contrario, guiados por un espíritu egoísta-maximizador exacerbado ante una situación de escasez, los usuarios de estos bienes tenderían a explotarlos indiscriminadamente, sin preocuparse por afectar su disponibilidad en el largo plazo. Esto desembocaría en una “tragedia”, ya que los mismos beneficiarios del recurso en cuestión lo llevarían al agotamiento.

En su artículo, Hardin (1968) no otorgaba aún una denominación específica a este tipo de recursos o bienes públicos comunes, sería Elinor Ostrom (2000) quien les adjudicaría el nombre de *recursos de uso común*¹⁶³. Pero más importante que la etiqueta en sí, resultó la convicción de esta autora de que la tragedia identificada por Hardin podía ser superada¹⁶⁴; más aún, estudió casos en los que la superación de este problema se daba de manera voluntaria, justamente como resultado de la cooperación de los apropiadores¹⁶⁵ (usuarios)

¹⁶³ El debate entre las ideas de Hardin y Ostrom se detalla en el primer capítulo de esta obra: “El papel de la teoría de la elección racional en el progreso científico de Elinor Ostrom”, de la autoría de Arturo Lara.

¹⁶⁴ Esta convicción de Ostrom se derivaba en gran parte de los trabajos de Robert Axelrod, quien había trabajado en la búsqueda de soluciones alternativas al dilema del prisionero planteándolo como un juego repetido, más que como una experiencia única. El dilema del prisionero representa un ejemplo clásico de la teoría de juegos que ha sido trasladado a la discusión en torno a la acción colectiva. En él, dos actores involucrados en un mismo dilema adoptan una estrategia de no-cooperación que los lleva a un resultado negativo para ambos; esto debido a que los incentivos están estructurados de tal forma que esta estrategia aparece ante ellos como la más pertinente, sin serlo realmente. Para una explicación más detallada del dilema del prisionero, véase Ostrom (2000).

¹⁶⁵ El término “apropiadores” se encuentra entre la terminología introducida por Ostrom, y se refiere a los miembros de la colectividad que usan el recurso. La autora utiliza este término para subrayar que, dado que la unidad utilizada por un individuo se pierde para la utilización de los demás, más que usar el recurso el individuo se está apropiando de él. Véase: Ostrom (2000) y Ostrom *et al.* (1994).

del bien. Este hallazgo es importante ya que una conclusión que podía desprenderse del análisis de la tragedia de los comunes era la necesidad de intervención de un agente externo que controlara el uso del recurso por parte de los apropiadores.

A partir de las distintas experiencias estudiadas, Ostrom (2000) observó que la intervención de un agente externo no representaba la única solución al dilema, ya que los apropiadores que utilizan un RUC pueden llegar a construir acuerdos y establecer mecanismos para hacerlos respetar: bajo ciertas condiciones, los miembros de la colectividad establecerían un contrato vinculante cuyo cumplimiento ellos mismos estarían dispuestos a monitorear¹⁶⁶. Sabiendo que esta cooperación voluntaria era posible, no sólo respecto a la utilización del recurso sino para el establecimiento de reglas en torno a su uso, restaría identificar las condiciones bajo las cuales se incrementa la probabilidad de lograr un acuerdo de esta naturaleza¹⁶⁷. Para discutir este punto, Ostrom (2000) identifica primeramente los tres dilemas fundamentales a los cuales se enfrentan los usuarios de un RUC: 1) la provisión (definición) de un nuevo conjunto de instituciones; 2) el establecimiento de compromisos creíbles; 3) los mecanismos de supervisión mutua que se generan.

¹⁶⁶ Cabe señalar que aquí no necesariamente se hace referencia a un contrato formal. Aunque este puede existir, el planteamiento se refiere básicamente a un acuerdo tácito entre los apropiadores. No obstante, no se puede negar que, más allá de la discusión en torno a los RUC, el contrato formal se ha convertido en un importante instrumento de gestión en el manejo del agua, sobre todo cuando se permite la participación de empresas privadas en el sector. Williamson (1989) aborda el contrato como instrumento económico, en términos generales, en su economía del costo de transacción. Para una discusión de los contratos y sus incentivos en la gestión del agua, véase Ménard (2001), para un análisis del contrato como instrumento de la acción pública, véase Gaudin (1999).

¹⁶⁷ Elinor Ostrom (2005) subraya que las variables y principios de diseño que ha identificado a través de sus análisis empíricos no se plantean con la pretensión de haber encontrado la fórmula para resolver todos los dilemas de los RUC, sino solamente como factores que incrementan la probabilidad de que estos se solucionen a través de un acuerdo entre apropiadores.

En trabajos sucesivos, individuales y colectivos, Ostrom argumentaría que cuando el uso compartido de un RUC se vuelve un dilema¹⁶⁸, existen mayores probabilidades de solución ahí donde los apropiadores desarrollan ciertas capacidades para reestructurar las restricciones a las que su actividad se encuentra sujeta. Además, estos casos se caracterizan por la perdurabilidad de las instituciones creadas para el manejo de los RUC, las cuales generalmente son el resultado de un proceso evolutivo incremental y secuencial¹⁶⁹. En su propósito de vincular el análisis empírico con la construcción de un marco teórico propio de los RUC, uno de los puntos más importantes en el argumento de Ostrom (2000) es la identificación de siete principios de diseño para la creación de instituciones en torno al uso de estos recursos:

1. Límites bien definidos, respecto a quiénes y bajo cuáles circunstancias tienen derecho de extraer unidades del recurso.
2. Coherencia de reglas de apropiación-provisión con el contexto local, de tal forma que este último sea favorable a su aplicación y persistencia.
3. Arreglos de elección colectiva, que implica la participación en la elaboración de reglas de la mayoría de los individuos afectados por ellas.
4. Supervisión activa del cumplimiento de los acuerdos por parte de algunos apropiadores o de agentes responsables ante ellos.

¹⁶⁸ Ostrom y sus colaboradores hacen la distinción entre una situación de RUC y un dilema de RUC, partiendo de la idea de que no siempre el uso compartido de estos recursos resulta problemático. Para que una situación de RUC derive en un dilema de RUC deben cumplirse dos condiciones: 1) que se dé una sobreexplotación del recurso; 2) que existan diseños institucionales alternos cuyas estrategias resultarían más eficientes en la utilización del recurso. Estos dos elementos nos indican la necesidad de buscar estrategias coordinadas para la apropiación y provisión del recurso. Véase: Ostrom *et al* (1994).

¹⁶⁹ A este respecto, Goodin (1996) subraya que, por muy innovadoras que parezcan, las instituciones siempre se basan en mayor o menor medida en un entramado ya existente. En ese sentido, las instituciones viejas serán el punto de partida para definir lo que las nuevas instituciones pueden, deben y no deben ser.

5. Sanciones graduadas, vinculadas a la gravedad de las infracciones cometidas.
6. Mecanismos para la resolución de conflictos, que pueden activarse de manera rápida y a bajo costo.
7. Reconocimiento mínimo de derechos de organización, el respeto de autoridades externas al derecho de los apropiadores de construir sus propias instituciones.

El incumplimiento de este conjunto de principios incrementaría las probabilidades de fracaso del manejo de los RUC y de que los miembros de la colectividad no pudieran escapar a la tragedia descrita por Hardin¹⁷⁰. Al tomar como base de su análisis el conjunto de incentivos y restricciones que enmarcan la acción de los apropiadores, el trabajo de Ostrom (2000) se ubica en el terreno del nuevo institucionalismo económico, dando un paso adelante al subrayar que el entramado institucional constituido por tales incentivos y restricciones no es inmutable, por el contrario, los actores involucrados en un dilema de acción colectiva pueden modificarlo.

Sin embargo, es importante subrayar que el análisis institucional que la autora propone no se limita a los incentivos formales que enmarcan la acción de los individuos. Al ampliar su análisis sobre las instituciones y distinguir entre reglas, normas y estrategias compartidas, Ostrom (2005) relaciona de manera más clara a las reglas con los incentivos formales¹⁷¹ y a las normas con las

¹⁷⁰ Un principio adicional, aplicable únicamente a los RUC que forman parte de sistemas más amplios, es el de las entidades anidadas (nested enterprises), el cual se refiere a la articulación de instituciones que ocupan distintos niveles y que se coordinan para la apropiación, provisión y supervisión del manejo del recurso.

¹⁷¹ En su gramática de las instituciones, al identificar los elementos que están presentes en las instituciones bajo sus tres formas principales (reglas, normas y estrategias compartidas), Ostrom (2005) plantea que existe un elemento que define la diferencia entre una norma y una regla, lo que ella denomina el elemento OR ELSE (o de lo contrario), referente a las consecuencias que acarrearía el desacato de la regla para el infractor. La gramática de las instituciones se aborda también en el capítulo 3 de esta obra: "Cooperación e instituciones: modelos de simulación con autómatas celulares", de la autoría de Fernando Jiménez.

sanciones sociales, esto la lleva a introducir otro elemento –los parámetros delta– que influyen en la intensidad con la cual una regla puede efectivamente moldear un comportamiento ya que se añaden al pago que recibe cada jugador por obedecer o romper tal prescripción: “representan los costos o beneficios intrínsecos de obedecer una prescripción normativa en una situación particular” (Ostrom, 2005: 121). Los parámetros delta resultan relevantes para el análisis del manejo de los RUC ya que muchas de las experiencias exitosas se han dado en comunidades en las que los acuerdos se logran debido a una base de confianza y de valores compartidos, por lo cual es importante saber si el acatamiento de las reglas se ve reforzado por motivaciones – internas o externas – de los individuos que los llevan a darles importancia. Los parámetros delta reflejan dichas motivaciones, que por lo general se asocian a normas sociales ya que acatar o no una regla puede ser importante si se le otorga algún valor a las sanciones o recompensas sociales que ello acarrea.

El marco teórico de los RUC, resumido aquí en sus grandes líneas, ha sido ampliamente aplicado al análisis de la gestión de recursos naturales. A continuación, discutiremos cómo puede aplicarse a la problemática del agua en México.

Implicaciones de un análisis institucional de la problemática del agua

El nuevo institucionalismo económico define como instituciones a “las reglas del juego en una sociedad (...) las limitaciones ideadas por el hombre que dan forma a la interacción humana. Por consiguiente, estructuran incentivos en el intercambio humano, sea político, social o económico” (North, 1993:13). De acuerdo con esta definición, las instituciones vendrían siendo el marco dentro del cual los actores buscan llevar a cabo la maximización

de su bienestar. Este matiz es importante ya que no se rechaza de manera tajante la noción de agente maximizador propuesta por la teoría neoclásica, sino que se le ubica en un contexto más amplio: es en el marco de las restricciones y las oportunidades que las instituciones proveen para la realización de esta maximización.

Por su parte, Ostrom define a las instituciones como “las prescripciones que los humanos usan para organizar todas las formas de interacciones repetitivas y estructuradas que van desde las familias, los vecindarios, los mercados, las empresas, las ligas deportivas, las iglesias, las asociaciones privadas y el gobierno en todas sus escalas” (Ostrom, 2005:3). En este caso, no se relaciona a las instituciones con los incentivos para el intercambio, sino que se les concibe como un elemento organizador de las interacciones. A partir de ambas definiciones podemos observar que las instituciones estructuran la acción social, a la vez que son estructuradas por esta.

Así, en el caso del agua el arreglo institucional está compuesto por el conjunto de reglas e incentivos que establecen quiénes pueden participar en la toma de decisiones sobre el sector, así como qué es lo que los diferentes participantes pueden o no llevar a cabo. En México, por ejemplo, hasta la década de los noventa el manejo del agua se daba a través de un arreglo institucional centralizado, que no era exclusivo del sector sino que reflejaba un modelo de organización socio-política que se fue configurando de manera más precisa después de la Revolución Mexicana. Como lo señalan Pineda y Salazar: “La mentalidad era que la capacidad técnica y las ideas progresistas se concentraban en gobierno de la República y desde ahí había que promover el proceso de desarrollo del país” (Pineda y Salazar, 2008: 58). En el ámbito del agua, durante gran parte del siglo XX el manejo del recurso no tenía en cuenta la noción de escasez sino que se basaba en la idea de la abundancia del recurso. Esta percepción tenía su fundamento

en la época en que la presión demográfica y la urbanización no tenían las características que presentan ahora, ni la problemática del agua había alcanzado los niveles que hoy conocemos¹⁷².

¿Cuáles son las características de esa problemática? Para empezar, hay que señalar la desigual distribución del recurso a lo largo del territorio nacional. En su estudio sobre el agua en México, Alejandro Tortolero (2000) menciona que la disponibilidad de agua de un habitante de Baja California Norte es de 100 m³, mientras que un habitante de Chiapas dispondrá de 17 000 m³. En el mismo sentido, Julia Carabias señala: “En los últimos 40 años la cantidad promedio de agua de la que dispone cada habitante en México ha descendido a menos de la mitad, es decir, de 11 mil m³ a 4,900 m³ anuales. Si no se modifican las tendencias, en 25 años la cantidad descenderá a 2,500 m³ y esto podría provocar conflictos muy importantes.” (Carabias, 2004:58)

Una primera consecuencia de esta situación es que la demanda excede la capacidad de extracción, lo que ha derivado en distintas regiones en una sobreexplotación de los mantos acuíferos y en la necesidad de recurrir a las aguas subterráneas cuyos costos de extracción y de purificación resultan muy altos. Aunque en apariencia se trata de problemas estrictamente técnicos, cuya discusión sería propia de un análisis desde la perspectiva de la ingeniería, diversos autores han subrayado que el factor institucional resulta particularmente relevante en la problemática del agua. Esta afirmación puede incluso constatarse independientemente de que entendamos a las

¹⁷² La ANEAS publicó en 2008 el documento titulado El agua potable en México, el cual incluye varios capítulos sobre la evolución histórica del servicio del agua en nuestro país. Si el lector desea profundizar en el tema, recomendamos el capítulo de Roberto Olivares sobre las reformas al Art. 115 constitucional, estructurado a partir del testimonio de un funcionario del sector hidráulico, y el capítulo escrito por Nicolás Pineda y Alejandro Salazar, quienes dividen la evolución del subsector agua potable en tres etapas: la centralista, la municipalista y la empresarial.

instituciones como organizaciones o como marco normativo. En el primer caso, tenemos a autores que subrayan la importancia de contar con organizaciones sólidas y bien estructuradas para el manejo del agua: “Las diferentes instituciones de agua manejan muchos asuntos que van desde asignaciones, calidad, derechos y precios del agua hasta gestión de los activos y prestación de servicios, y su desempeño estará afectado por capacidades más amplias de ejercicio del poder y de recursos humanos.” (Grey y Sadoff, 2006:29) Por su parte, Saleth y Dinar (2004) desarrollan un análisis comparativo –a nivel internacional– en torno a la manera en que las instituciones, entendidas como conjunto de reglas, influyen en el desempeño del sector del agua; en el ámbito mexicano, autores como Roemer (2000) destacan la necesidad de modificar de manera profunda el marco de reglas y los esquemas de incentivos en torno al agua, de tal manera que estos contribuyan a un manejo más eficiente del recurso.

Una gestión efectiva del agua requiere, por tanto, de instituciones sólidas que contribuyan a un manejo responsable y equitativo del recurso. A un nivel más micro, y tal como lo sugiere el planteamiento de los RUC revisado en la sección anterior, el arreglo institucional puede contribuir a estos objetivos si es favorable a la adopción de estrategias de cooperación por parte de los sectores involucrados en el manejo del agua. En contrapartida, la aplicación de una solución técnicamente eficiente puede verse obstaculizada si el arreglo institucional vigente no establece incentivos para la cooperación. Los principales puntos de debate en torno al agua y sus implicaciones en el aspecto institucional pueden entenderse mejor a través de ciertas dicotomías:

- *Agua como derecho o agua como mercancía.* La definición del recurso que se adopte será el punto de partida para establecer cuáles son los actores susceptibles de participar en el sector y cuáles los límites en los que se enmarcará su participación.

- *Centralización o descentralización.* El arreglo institucional que se adopte será muy distinto si se trata de un esquema centralizado o de un esquema de descentralización y manejo local del recurso; de ello dependerá el que exista una manera única y generalmente centralizada de gestionar el recurso o el que exista espacio para la innovación y la adopción de diversas modalidades de gestión.
- *Gestión pública o privada.* En estrecha relación con el punto anterior, un arreglo institucional que defina la gestión del agua como atribución exclusiva del Estado será muy distinto a otro en el que se permita la participación del sector privado, con sus distintas modalidades¹⁷³. Las reglas del juego que se definan en cada caso, así como los mecanismos de resolución de conflictos que se establezcan, serán radicalmente diferentes.
- *Regulación por el Estado o regulación por el mercado.* El tema del agua no podía escapar a este debate. Frecuentemente, la regulación exclusivamente manejada por el Estado ha sido vista como fuente de ineficiencia en la gestión del recurso; sin embargo, siendo el agua un elemento vital para el ser humano, tampoco se considera recomendable dejar que el mercado regule el acceso a ella. En estas circunstancias, el marco institucional que ha sido frecuentemente propuesto por organismos financieros internacionales y por los diversos foros sobre la gestión del agua es una combinación de ambas entidades: un Estado que acompañe del funcionamiento del mercado, que adopte un papel de vigilante más que de orientador del sector.
- *Subsidios o tarifas.* Como consecuencia del punto anterior, un arreglo institucional que permita la participación de entidades privadas en la provisión del agua favorecerá la substitución del tradicional financiamiento a través de subsidios por un

¹⁷³ Las modalidades de gestión más comunes para la intervención de la iniciativa privada son la concesión, el arrendamiento y el contrato BOT (built-operate-transfer). La concesión implica una responsabilidad total de explotación, mantenimiento y gestión del servicio durante un período de 20 a 30 años. En el arrendamiento la autoridad concede al operador privado el permiso de explotar el servicio durante un período determinado. El contrato BOT establece que la empresa construirá y operará una cierta infraestructura que al finalizar el contrato será transferida o vendida a la autoridad pública. Ver el folleto publicado por Suez: *Partenariat public-privé. Conjuguer les compétences.*

financiamiento basado en el cobro de tarifas. Esto daría lugar a la creación de un mercado del agua.

Como puede apreciarse, todas estas dicotomías que constituyen los temas de debate más relevantes en torno al agua, están relacionadas con la dimensión institucional del problema. Como lo menciona Ménard, esto revela además que “todas las características del sector del agua hacen de este un sector con un fuerte componente político” (Ménard, 2001:265). La tendencia que se ha presentado en los países no industrializados se ha orientado a la descentralización, a una mezcla de gestión público-privada y a la creación de mercados del agua. Sin embargo, el debate sobre el agua como derecho o como mercancía no ha encontrado fácil solución, de ahí que resulte particularmente útil plantear una definición del agua como RUC.

La teoría de los RUC y su aplicabilidad en la problemática del agua en México

Para establecer si el marco teórico de los RUC es pertinente en el análisis de la problemática del agua, tenemos que esclarecer primeramente por qué el agua puede ser considerada como recurso de uso común. Para ello, retomaremos la definición de este término propuesta por Ostrom y sus colegas (Ostrom *et al.*, 1994). Según estos autores, los RUC presentan dos características: 1) la dificultad de excluir a los individuos que pueden beneficiarse del bien; 2) el hecho de que el beneficio consumido por un individuo reduce el beneficio disponible para los otros. Estrictamente hablando, la primera característica no se presenta en el caso del agua: el suministro puede cortarse, por lo que sí puede darse una exclusión de ciertos usuarios. Sin embargo, al ser un recurso vital para los seres humanos, el acceso al agua ha sido considerado como un derecho que no puede ser negado a las personas, por tanto, en los hechos la exclusión

se dificulta y resulta políticamente costosa¹⁷⁴. El segundo rasgo es más propio del agua, ya que la cantidad consumida por un usuario disminuirá la disponibilidad de líquido para otros usos, es decir, existe competencia entre los distintos tipos de uso¹⁷⁵.

Pero lo que es más importante para clasificar el agua como un RUC es que en torno a ella giran diversos actores que utilizan el recurso repetidamente y, por lo tanto, establecen una relación de interdependencia. Además, el agua presenta los rasgos propios de los recursos analizados por Hardin en su planteamiento de la tragedia de los comunes, ya que al ser un recurso compartido, indispensable para la supervivencia de la colectividad en el largo plazo, una utilización racional del mismo permitiría garantizar su provisión en el largo plazo. Sin embargo, dada la falta de incentivos para estimular la cooperación, es evidente que el agua puede llegar al agotamiento. Por todo ello, nos parece pertinente retomar el análisis de los RUC para abordar la problemática de la gestión del agua.

Una vez que hemos sustentado la definición del agua como un RUC, en esta sección abordaremos la problemática de la gestión del agua en México a la luz de esta perspectiva teórica. Para ello, retomaremos los tres problemas fundamentales identificados por Ostrom (2000) en el manejo de los RUC: la provisión del arreglo institucional, la construcción de compromisos creíbles y la supervisión mutua.

¹⁷⁴ En los hechos, la exclusión contravendría el reconocimiento explícito de la Asamblea General de las Naciones Unidas del derecho humano al agua (julio de 2010, a través de la resolución 64/292). En concordancia con esta medida, en abril de 2013 la Cámara de Diputados en México reformó el Art. 4º constitucional para elevar a rango constitucional el derecho de acceso al agua. Véase: <http://www.fanmexico.net/es/content/elevan-rango-constitucional-el-derecho-humano-al-agua-en-méxico> (última consulta: 4 de marzo de 2014).

¹⁷⁵ Los tipos de uso que se manejan en el agua son: el agrícola, el industrial, el doméstico y el de servicios.

a) El problema de la provisión de un marco institucional para el agua

Según Aboites (2009), el diagnóstico que dio lugar a la descentralización del agua identificaba los siguientes problemas: “a) la escasez e inequidad en el acceso al recurso; b) la cultura del despilfarro; c) la contaminación y sobre-explotación; d) la necesidad de consolidar la valorización económica del agua, y e) la necesidad de involucrar a la *sociedad* en el manejo del recurso” (Aboites, 2010: 91, cursivas del autor). Con la transferencia del sector a los gobiernos locales, se pretendía un mayor involucramiento de estos en las decisiones fundamentales concernientes al manejo del recurso. Sin embargo, el diseño institucional es una atribución que se sigue manteniendo bajo la jurisdicción de la autoridad federal. Así, lo que sucedió en los hechos fue que se definió un nuevo arreglo institucional desde el centro, el cual sería reproducido en menor escala a nivel local. Como lo señala el testimonio del Ing. Enrique Aguilar, recuperado por Roberto Olivares (2009), fue un impulso proveniente de la Federación el que llevaría a la modificación de las leyes locales para implementar una ley tipo: “Urbano Farías (...) recorrió los Estados para negociar y promover la modificación de las leyes estatales, con objeto de incorporar a las mismas la descentralización de los servicios y algunas ideas sobre la democratización de los consejos de administración y la autosuficiencia financiera que aún son vigentes”.

La Comisión Nacional del Agua (Conagua), creada por iniciativa del ejecutivo federal, “se convirtió en la reguladora de los sistemas urbanos de agua potable operados por las administraciones estatales y municipales” (Pineda y Salazar, 2008: 63).

Esto significa que no se ha involucrado a los usuarios directamente en el diseño institucional para el manejo del agua,

este se ha dado siempre por parte de alguna autoridad en cualquiera de los tres órdenes de gobierno. Como oportunamente lo señala José Esteban Castro (2006), la importancia de la participación ciudadana nos remite a las cuestiones de la ciudadanía y la gobernanza. La noción de ciudadanía es relevante ya que en la medida en que un individuo se identifica como un ciudadano, como miembro de un Estado-Nación con derechos y obligaciones, percibirá que su intervención en los asuntos públicos tiene algún peso, algún efecto en la resolución de los mismos, y se sentirá motivado para participar.

En lo que se refiere a la gobernanza, según la definición de Hanf y Cansen: “(...) incluye actividades como son los esfuerzos para influir en la construcción social de las creencias compartidas acerca de la realidad; la creación de identidades e instituciones; la asignación y regulación de obligaciones entre las partes interesadas y la distribución de los medios económicos y los servicios de bienestar. (...) es la configuración y mantenimiento de los arreglos de autoridad y poder dentro de los cuales los actores toman decisiones y enmarcan políticas que son vinculantes para los actores individuales y colectivos dentro de los diferentes límites territoriales, como son el estado, los distritos y los municipios” (citados por Castro, 2006: 243). La gobernanza¹⁷⁶, por tanto, implica la necesidad de cooperación entre una variedad de actores, una construcción colectiva de los problemas, un contexto favorable a la participación de dichos actores en la aplicación de las diversas medidas de política. No obstante, no es claro en qué

¹⁷⁶ Si bien el de gobernanza es un concepto que sigue sujeto a discusión, la definición que aquí se retoma resulta útil ya que captura la idea de una forma de gobierno en donde se involucran distintos actores en la resolución de un problema público. En ese sentido, se orienta a la idea de acción pública que actualmente maneja la sociología política francesa y en la que los actores gubernamentales ya no ocupan el papel central, ya que las soluciones se construyen más allá de la estructura de las organizaciones de gobierno. Aunque la discusión de estos temas y conceptos escapa a los objetivos de este documento, es importante identificarlos como puntos abiertos al debate, particularmente en lo que se refiere a la gestión del agua, en torno a la cual convergen intereses que requieren ser conciliados.

condiciones esta participación puede extenderse al terreno de las decisiones constitutivas, es decir, a la definición de las reglas que enmarcan la acción. Esto es importante subrayarlo si recordamos que las experiencias exitosas citadas por Ostrom (2000) tenían como rasgo fundamental la capacidad de los actores de modificar las restricciones a las cuales su acción estaba sujeta.

En el caso del agua en México, puesto que ya sabemos que la definición del arreglo institucional descentralizado no fue resultado de la participación ciudadana, cabe preguntarse ¿en qué medida este arreglo institucional contribuye a construir un ambiente favorable a esa forma de gobernanza basada en la participación? El modelo descentralizado pretendía lograr la integración de los ciudadanos a través de las nuevas instancias locales, particularmente, los organismos operadores municipales.

Sin embargo, diversas experiencias muestran la dificultad de lograr esta integración. La experiencia de San Luis Potosí y los primeros años de funcionamiento del organismo intermunicipal conocido como Interapas ejemplifica cómo la visión de un organismo operador como un ente meramente técnico, ajeno a la ciudadanía, lo deja aislado en un importante momento de transición; en contraste, el ejemplo de Mexicali muestra cómo el apoyo ciudadano, a pesar de una campaña adversa contra el organismo, lo fortalece y le permite superar una crisis inicial de credibilidad ante diversos cambios en la gestión del servicio.¹⁷⁷ En la gestión del agua, en términos de participación directa, esta es prácticamente nula; en términos de participación a través de la representación en los cuerpos directivos de los organismos operadores, la designación de representantes se ha politizado y se ha visto monopolizada por las élites locales. En ese sentido, la reforma institucional no ha sido suficiente para construir

¹⁷⁷ Para una revisión de los casos de San Luis Potosí y Mexicali, véase Amaya (2004) y Pineda (2002), respectivamente.

un contexto favorable a ese tipo de gobernanza, ya que no ha conseguido superar los vicios del sistema político mexicano.¹⁷⁸

b) El problema del establecimiento de un compromiso creíble entre los actores involucrados en un sistema de gestión del agua

En su análisis de los contratos, Williamson (1989) subraya que el compromiso creíble promueve el intercambio y las alianzas entre quienes buscan preservar una relación. En el caso de los RUC, esto implica que los actores reconocen y asumen la responsabilidad que tienen al compartir el recurso y utilizarlo de manera colectiva. Elinor Ostrom identifica dos condiciones para que se dé este compromiso: 1) que los apropiadores estén seguros que los otros miembros de la colectividad lo asumirán en la misma medida; 2) que vislumbren esta estrategia de cooperación como la que les reditará mayores beneficios netos en el largo plazo. Esto quiere decir que los beneficios de esta estrategia a largo plazo deben resultar más atractivos que las estrategias dominantes de corto plazo, las cuales llevarían a los miembros a actuar de manera egoísta y no cooperar. Además, Ostrom (2000) muestra que el hecho de ser los mismos apropiadores y no un agente externo quienes definen los compromisos incrementa su credibilidad.

Este aspecto es importante ya que, si los individuos perciben que existe un compromiso creíble, el arreglo institucional tendrá mayores posibilidades de perdurar, en términos de Goodin (1996),

¹⁷⁸ Una alternativa recientemente adoptada por las autoridades ha sido la implementación del método de participación ZOOOP, el cual se basa en la generación de árboles de problemas y de soluciones elaborados con la participación de actores diversos involucrados en un tema. Bajo este método se diseñó la Agenda 2030 del Agua, en cuya elaboración participaron autoridades, usuarios y académicos, con base en reuniones regionales por cuenca. No obstante, esta práctica no está institucionalizada, es un ejercicio que se dio en la segunda mitad del sexenio calderonista (2006-2012) y que no puede saberse con certidumbre si continuará. No ha derivado, por tanto, en una modificación de reglas a ninguno de los tres niveles.

tendrá una robustez que le permitirá adaptarse a situaciones nuevas. Esto es fundamental si recordamos que una de las características esenciales de los RUC es que los usuarios están vinculados por un uso repetido y permanente del recurso, de ahí la importancia de los beneficios a largo plazo. Los apropiadores sólo podrán tener un grado aceptable de certidumbre en cuanto a la obtención de dichos beneficios en la medida en que consideren que sus instituciones son robustas.

¿Qué tan favorable es el contexto mexicano para la construcción de tales compromisos creíbles? En su artículo sobre la renovación institucional del agua en algunos países en desarrollo, Meublat y Le Lourd (2001) subrayan la rapidez con la que México logró la reforma institucional del sector y la facilidad con la que el gobierno de la época (Salinas, 1988-1994) logró emitir una nueva ley de aguas. Esta eficacia se explica por el contexto centralizado que prevalecía en ese momento y que permitía la rápida aceptación de las nuevas reglas. Por otra parte, la fuerte dependencia económica de las autoridades locales respecto al gobierno federal facilitaba que la credibilidad de los compromisos fuera sólida: los actores locales, interesados en mantener las prerrogativas que obtenían del gobierno central (principalmente bajo la forma de presupuesto) estarían dispuestos a seguir las nuevas reglas del juego.

Sin embargo, en esta situación se daba una contradicción: el modelo planteaba la apertura y la democratización de la gestión de los sistemas de agua pero la credibilidad de sus compromisos radicaba en la capacidad de control del gobierno central. Así, el nuevo arreglo institucional generaba una tensión en el sistema que anteriormente no existía y que ha constituido un obstáculo para su credibilidad. Si a esto agregamos la deficiencia en el desarrollo de un contexto favorable a la participación ciudadana, las posibilidades de establecer compromisos creíbles generados

por los actores locales resultan estrechas. En ese rubro, Ricardo Sandoval (2008) plantea que la participación social se ha visto limitada a la presencia de representantes ciudadanos en los Consejos Directivos de los organismos operadores, sin que esto limite la participación de las autoridades estatales y municipales. Como casos excepcionales, este autor cita los ejemplos de ciudades como Monterrey y León, que se caracterizan por el alto nivel educativo de su población.

La fragilidad de los compromisos que resulta de la limitada participación ciudadana en algunos casos ha sido un obstáculo para la generación de arreglos institucionales robustos¹⁷⁹, dando también como resultado el que las ventajas de corto plazo sean más atractivas que la cooperación. En consecuencia, y de acuerdo con la revisión de varias experiencias de gestión del agua que hemos podido llevar a cabo (Amaya, 2004; 2005; 2010; 2011 y 2012) el cumplimiento de las condiciones para que la estrategia de cooperación sea la dominante variará en función del nivel al cual correspondan dichos arreglos institucionales, de la efectividad de los canales de comunicación y del grado de cohesión de la comunidad que comparte el recurso. Estos dos últimos elementos resultan relevantes para construir la base de confianza que, de acuerdo con Ostrom (2000), sustenta la mayoría de las experiencias exitosas en el manejo de los RUC.

c) El problema de la supervisión mutua entre los usuarios y los gestores del agua

Desde su planteamiento de la tragedia de los comunes, Hardin (1968) señalaba la importancia de la responsabilidad por parte

¹⁷⁹ Como ejemplo podemos citar la fragilidad de los primeros años del organismo operador de San Luis Potosí (el Interapas), el cual después del primer período de gestión bajo el mando de un Director General con alta capacitación en ingeniería hidráulica atravesó por una etapa de ambigüedad en el rumbo del organismo. Dicha ambigüedad fue la consecuencia de la pugna entre partidos políticos locales por colocar en la dirección a alguien cercano a ellos. Para conocer más detalles de este caso, véase Amaya (2004).

de los usuarios de un RUC, subrayando la necesidad de una “coerción mutuamente acordada”, que no fuera forzosamente violenta sino que orientara las opciones de los individuos. Sin embargo, el autor no desarrollaba esta idea ni ilustraba con ejemplos la posibilidad de alcanzar este tipo de acuerdo.

En las experiencias revisadas por Ostrom (2000), el compromiso se reforzaba y se volvía más creíble gracias a la aplicación de sanciones graduales por parte de los encargados del monitoreo quienes, además, formaban parte de la colectividad. Esto último es importante ya que el hecho de ser ellos mismos apropiadores del recurso hacía que los supervisores tuvieran mayor interés en detectar y sancionar las infracciones.

En el caso específico del agua, existe una aceptación generalizada de que las dificultades de su provisión sólo podrán ser superadas a través de un comportamiento de responsabilidad compartida. Esta idea se recupera en la Ley de Aguas Nacionales de México que para la participación de los usuarios “establece dos vías institucionales: el usuario vis-à-vis sus pares, que marca la dinámica institucional de las asociaciones de usuarios, y el usuario vis-à-vis la autoridad del agua” (Banco Mundial, 2006:50). Sin embargo, sólo la CONAGUA tiene atribuciones de supervisión y sanción en torno a la utilización del recurso, nuevamente, la participación de los usuarios bajo la figura de las asociaciones es limitada. Esto hace que en los hechos la supervisión vaya en un sólo sentido: de las autoridades formales hacia los usuarios.

A nivel local, dado que las autoridades municipales son responsables de la procuración del servicio, son también las encargadas de supervisar su gestión, particularmente en el caso de que el servicio se encuentre concesionado. En lo que respecta al uso del agua que hacen los consumidores no existe una clara atribución de facultades de supervisión, no existen mecanismos

de control para lograr reducir los niveles de desperdicio del líquido. Las sanciones que se pueden establecer a los usuarios se relacionan básicamente con la falta de pago y, dependiendo de cada Estado e incluso de cada municipio, pueden ser atribución de la autoridad municipal a través del organismo operador o de la empresa concesionaria a cargo del servicio.

Podemos apreciar que, nuevamente, la supervisión no es mutua sino que se da únicamente desde la autoridad hacia los usuarios; y lo que es más preocupante, las sanciones no se enfocan a la indebida utilización del recurso, sino únicamente al incumplimiento de los pagos por el servicio. El arreglo institucional en este aspecto se revela claramente insuficiente y las modificaciones que se hicieran en este aspecto tendrían que establecer mecanismos diferenciados para cada tipo de usuario, ya sea agrícola, industrial o doméstico.

De esta revisión general sobre los tres dilemas de los RUC y cómo son tratados en el entramado institucional derivado de la descentralización del sector agua en México, podemos confirmar que las modificaciones realizadas han sido insuficientes para favorecer la atención de la problemática del agua ya que no partieron de un diagnóstico sobre las condiciones en las cuales opera la dinámica social en nuestro país y por ello el diseño institucional resultante no tuvo en cuenta las tensiones que podrían producirse entre las normas prevalecientes en el contexto y las nuevas reglas para el manejo del agua. La consideración de dicho contexto socio-político habría permitido hacer ajustes a las medidas de política para que estas tuvieran más posibilidades de ser efectivas. Para completar este análisis, revisaremos a continuación en qué medida el entramado institucional del agua en México contribuye a que se cumplan los principios de diseño planteados por Elinor Ostrom (2000).

Alcances y limitaciones de la aplicación de los principios de diseño institucional en el sector del agua en México

Los principios de diseño institucional identificados por nuestra autora a partir de las numerosas evidencias empíricas observadas, son la clave para escapar a la tragedia de los comunes y lograr una gestión eficiente del RUC. ¿En qué medida estos principios se han atendido en el arreglo institucional del sector agua en México a partir de su descentralización? Para responder a esta pregunta, desarrollaremos una breve discusión en torno a cada uno de estos principios.

1) Límites bien definidos. La Ley de Aguas Nacionales resultó un avance en cuanto a la definición de los derechos de propiedad del agua, principalmente en lo que concierne a los distritos de riego. Es un avance importante si se considera que el uso agrícola es el que mayor porcentaje de agua absorbe, pero queda incompleto si no se extiende a los otros tipos de uso (industrial, doméstico, servicios). En ese sentido, coincidimos con Abedrop y Reyes (2008) cuando plantean que: “si podemos aceptar que existen algunos ordenamientos regulatorios, no es razonable concluir que contamos con un SISTEMA regulatorio con la suficiente profundidad y extensión como para convertirse en un eje nacional de concordancias locales y objetivos consolidados” (Abedrop y Reyes, 2008: 319).

2) Coherencia de reglas de apropiación-provisión con el contexto local. Este principio se cumple de manera limitada, ya que son los gobiernos estatales los que, a través de la ley estatal correspondiente, establecen las características que deben cumplir los organismos operadores municipales. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, dichas leyes estatales en sus primeras versiones reproducían un modelo definido desde el centro, por lo que no reflejaban la dinámica local. Los ajustes que han tenido varias de ellas a lo largo de los

veinte años de la descentralización han representado avances en dicha adecuación. En cuanto a las autoridades municipales, estas tienen la posibilidad de establecer reglas más acordes a las condiciones locales para la gestión del recurso a través de dos instrumentos: el contrato, cuando se otorga una concesión para el manejo del mismo a una empresa privada; y las reglas de operación, cuando el manejo del servicio queda a cargo de un organismo operador.

3) Arreglos de elección colectiva. Este punto no se cumple ya que, aunque los usuarios estarían representados en los Consejos de Administración de los organismos operadores o en los Consejos de Cuenca, no sólo esta representación resulta cuestionable sino que además estos órganos no tienen atribuciones para establecer la reglamentación del sector. Por lo que no puede decirse que los individuos afectados por las reglas son los encargados de definir las.

En su análisis sobre el Consejo de Cuenca Lerma-Chapala, Pacheco-Vega y Basurto (2009) muestran que el empoderamiento de actores planteado en las reglas formales no se concreta en la realidad, la cual se caracteriza por “la confrontación de posiciones de poder, con vetos decisorios (...) y asignación de responsabilidades difusas” (Pacheco-Vega y Basurto, 2008: 106). El único ejemplo en que hemos podido constatar un mayor empoderamiento de diversos actores locales es el caso de la Comisión de Cuenca de la Laguna de Tecocomulco ¹⁸⁰, para cuyo funcionamiento los usuarios de la Laguna pudieron establecer reglas y estatutos propios, pero no se trata de una experiencia de gestión municipal del agua.

4) Supervisión del cumplimiento de los acuerdos por parte de los apropiadores o de agentes responsables ante ellos. Como

¹⁸⁰ Una descripción más amplia de la experiencia de Tecocomulco podrá consultarse en Lourdes Amaya. “Comisión de cuenca de la laguna de Tecocomulco: participación ciudadana y protección de los recursos naturales”, en: Alejandro Vega (coordinador), *Estudios de casos en acción pública y acción colectiva*, UAM, México.

se mencionó en el segundo apartado, la supervisión en el sector agua en México es atribución exclusiva de la CONAGUA, por lo que este principio tampoco se cumple. Si bien, al tener representación de los usuarios, puede considerarse que los organismos operadores son responsables ante estos, nuevamente nos enfrentaríamos al problema de la calidad de dicha representatividad. Además, la capacidad de supervisión de estos órganos es variable, y por lo general se limita a dar seguimiento a la operación de la empresa privada en caso de concesión, o a la vigilancia del pago puntual de los usuarios en caso de gestión directa por parte del municipio.

5) Existencia de sanciones graduadas. Respecto a este principio, la situación es similar a la señalada en el punto anterior: las sanciones son variables pues se establecen en cada contrato, y se refieren básicamente a la actividad de la empresa concesionaria. En situaciones donde no existe concesión, las posibles sanciones a infracciones se establecen en las leyes de agua estatales y presentan también una gran variedad, si bien se aprecian esfuerzos por mantener una gradualidad en las mismas siendo el corte del servicio la medida más extrema.

6) Mecanismos de resolución de conflictos. Aunque en caso de concesión estos mecanismos deberán también estar definidos en el contrato correspondiente, la última instancia para resolver conflictos es la CONAGUA, es decir, una instancia centralizada. Lo mismo ocurre en el caso de la gestión por parte del municipio, pueden establecerse mecanismos en las reglas de operación del organismo municipal, definidos por el Consejo Directivo del mismo, pero la última instancia a la cual los actores pueden recurrir es la Comisión Nacional. No existen, por tanto, mecanismos establecidos directamente por los apropiadores del agua para atender los conflictos que eventualmente pudieran surgir por la apropiación del recurso.

7) Reconocimiento de derechos de organización de los apropiadores. Como se mencionó en la descripción del arreglo

institucional, el entramado institucional local en los primeros años de la descentralización se construyó en concordancia con el modelo federal, por lo que no existía un real reconocimiento de la capacidad de organización de los actores locales. La persistencia de los problemas asociados al manejo del agua ha propiciado la apertura de espacios que tienen el propósito de que los usuarios del agua puedan participar en la formulación de lineamientos generales para las políticas de manejo del recurso. Aunque la creación de los organismos de cuenca a partir de la reforma a la Ley de Aguas Nacionales de 2004 responde a ese propósito, esto sigue dándose bajo la guía y la supervisión de las autoridades de la Comisión Nacional.

Las conclusiones que pueden desprenderse tanto respecto al manejo de los dilemas como en lo que concierne a los principios de diseño institucional y su aplicación en el sector del agua en México serán objeto de nuestras observaciones finales. Ello nos permitirá también hacer un planteamiento sobre las perspectivas para el afinamiento de dicho entramado institucional.

Conclusiones

La revisión general del entramado institucional en torno al agua en México, realizada a través de la teoría de los RUC, permite observar que el rediseño aplicado a partir de la década de los noventa fue elaborado sin abrir espacios para integrar a los actores locales del sector, tanto las autoridades estatales y municipales como los usuarios. La implementación de la política descentralizadora se llevó a cabo sin transferir a las autoridades municipales las atribuciones necesarias para diseñar sus propios arreglos institucionales, acordes a sus situaciones específicas. De hecho, esta política descentralizadora se aplicó en México a partir de la creencia –frecuentemente criticada por Ostrom– de que los hacedores de políticas que deciden desde las oficinas

centrales pueden encontrar la mejor solución para los problemas de las comunidades locales.

Así, las deficiencias del diseño institucional para el manejo del agua en México derivan de la toma de decisiones centralizada, característica del sistema político mexicano que predominó durante gran parte del siglo XX. Si bien hay que evitar un análisis simplista que nos lleve a afirmar que en materia de gestión del agua los gobiernos locales han estado totalmente subordinados a la autoridad federal, sin el más mínimo margen de decisión, no podemos negar que las decisiones fundamentales siguen estando concentradas en el gobierno central.

Esta es una de las razones por las cuales la problemática del agua persiste, a pesar de la reforma del arreglo institucional y la consecuente adopción de algunas de las medidas básicas de modelos de gestión conocidos por su eficiencia¹⁸¹. Consideramos que un factor que será fundamental para realizar los ajustes necesarios a dicho entramado institucional es el involucramiento efectivo de los actores locales. El nuevo modelo promovía insistentemente en el discurso la democratización y la participación ciudadana en la gestión del agua, sin embargo, en los hechos los espacios de participación ciudadana son limitados y los mecanismos de representación implementados presentan graves problemas.

Si bien la descentralización implementada constituye un primer paso para una gestión territorializada del agua, es necesario ampliar los márgenes de autonomía de las autoridades locales para que puedan tomar decisiones sobre el diseño institucional de la gestión del agua que sean acordes a las condiciones particulares del recurso y a las características de la comunidad

¹⁸¹ Nos referimos, por ejemplo, a la organización del sistema a partir de las cuencas hidrológicas, copiado del modelo francés.

que lo comparte. Ya que las medidas descentralizadoras en los hechos no alcanzaron plenamente a los municipios, pues el diseño institucional se define principalmente en las leyes estatales del agua, el tema del nivel más apropiado para una gestión integrada y sustentable del agua tendría que rediscutirse.

Es importante reconocer que esquemas efectivos de gobernanza de la gestión del agua sólo podrán lograrse en la medida en que se adopte esta visión territorializada, teniendo como base las normas sociales compartidas por los actores locales que influyen en la posibilidad de generar relaciones de cooperación y que sustentan los arreglos de autoridad entre los usuarios del recurso.

El análisis aquí desarrollado subraya los puntos principales de la problemática institucional del sector agua en México. Como bien lo menciona Ostrom (2000), un análisis más minucioso de este tipo de problemáticas requiere de una revisión caso por caso de diversas experiencias; en ese sentido, el tema de los RUC nos muestra la importancia de lo local, aún en el contexto globalizado de la actualidad. En México, se han estudiado ya algunos casos particulares en la gestión del agua, pero hace falta profundizar en el tema desde la perspectiva institucional, a partir de una concepción amplia de las instituciones y no solamente desde una perspectiva basada en los incentivos que se implementan a través de los arreglos institucionales formales. Es importante ampliar los estudios de caso y diseñar metodologías que permitan integrar en su análisis el impacto de dichos aspectos contextuales en la efectividad de las reglas. Ello nos permitiría ser más precisos en la identificación de las características que los arreglos institucionales locales presentan, y las posibles variaciones entre unos y otros.

Sin duda, tal conocimiento nos aportaría elementos para un rediseño en los aspectos en que este fuese necesario, con la

finalidad de lograr una mejor gestión de este recurso vital y evitar el agravamiento de los conflictos que ya se han manifestado en México en torno al agua¹⁸². Uno de los retos más importantes en este rediseño será la consideración de los parámetros delta dentro de los diseños institucionales locales, con la finalidad de lograr marcos formales que se vean reforzados por los aspectos valorativos y motivacionales que influyen en el comportamiento de los actores. El análisis aquí desarrollado sobre el diseño institucional de la gestión del agua en México ilustra la utilidad del marco analítico-conceptual desarrollado por Elinor Ostrom en torno al manejo de los RUC, si bien al mismo tiempo refleja las dificultades de su aplicación y que sólo podrán empezarse a superar a partir de su utilización más amplia para el estudio de casos diversos.

Bibliografía

- Abedrop López, Salomón y Roberto Reyes Morales (2008). La regulación de los servicios de agua potable en México: condiciones para su viabilidad, en: *El agua potable en México*, Roberto Olivares y Ricardo Sandoval (coordinadores), México, ANEAS.
- Aboites, Luis (2009). *La decadencia del agua de la nación*, Centro de Estudios Históricos, México, El Colegio de México.
- Amaya, M. (2012). *Comisión de Cuenca de la Laguna de Tecocomulco: Participación Ciudadana y Protección de los Recursos Naturales en: Alejandro Vega Godínez (coordinador), Estudios de casos en acción pública y acción colectiva*, México, UAM Cuajimalpa y Juan Pablos ed.
- _____(2011). "Aspectos Institucionales de la Gestión del Agua en Pachuca, Hidalgo", *Revista Mexicana de Sociología*, UNAM, vol. 73, núm. 3, pp. 509-537.

¹⁸² Estos conflictos van desde la pugna entre Nuevo León y Tamaulipas por el uso del agua de la presa El Cuchillo (inaugurada en 1994), hasta la oposición actual a la construcción de la presa La Parota en Acapulco, Guerrero.

- ___(2010). “Acción Pública, Instituciones y Efectividad de los Mecanismos de Cooperación en el Sistema de Gestión del Agua en Aguascalientes”, *Gestión y Política Pública*, vol. 19, núm. 1, pp. 37-77.
- ___(2005). “La Place et la Nature de la Régulation Politique Dans les Services Urbains au Mexique: Le Cas de la Gestion de L'eau”, París, Escuela Normal Superior de Cachan, tesis de doctorado.
- ___(2004). San Luis Potosí: Los Retos de la Gestión Intermunicipal ante la Escasez de Agua, en: Jaime Peña Ramírez (coordinador), *El agua, espejo de los pueblos*, México, Plaza y Valdés editores / FES Acatlán.
- Banco Mundial (2006). *Gestión de Recursos Hídricos en México: El Papel del PADUA en la Sostenibilidad Hídrica y el Desarrollo Rural*, vol. 1.
- Carabias, J. (2004). “El Agua en México”, *Nexos*, núm. 315. URL: <http://www.nexos.com.mx/?P=leerarticulo&Article=2102106>.
- Castro, J., M. Torregrosa, A. Allen, R. Gómez, J. Vera y K. Kloster (2006), “Desarrollo Institucional y Procesos Políticos”, IV Foro Mundial del Agua, México.
- Elster, J. (1997). *El Cemento de la Sociedad. Las Paradojas del Orden Social*. Barcelona, España, Gedisa editorial.
- Gaudin, J. (1999). *Gouverner par Contrat: l'action Publique en Question*. Paris, Presses de Sciences Po.
- Goodin, R. (1996). *The Theory of Institutional Design*. Cambridge University Press.
- Gray, D. y C. Sadoff (2006), “Agua para el Crecimiento y Desarrollo”, IV Foro Mundial del Agua, México.
- Hardin, G. (1968). “The Tragedy of the Commons”, *Science*, vol. 162, núm. 3859, pp. 1243-1248.
- Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento, Comisión Nacional del Agua.
- Ménard, C. (2001). “Enjeux d'eau: La Dimension Institutionnelle”, *Revue Tiers Monde*, vol. XLII, núm. 166.


- Meublat, G. y P. Le Lourd. (2001), “Les Agences de Bassin: Un Modèle Français de Décentralisation Pour les Pays Émergents? La Rénovation des Institutions de l’eau en Indonésie, au Mexique et au Brésil”, *Revue Tiers Monde*, vol. XLII, núm. 166.
- North, D. (1993). *Instituciones, Cambio Institucional y Desempeño Económico*. México, FCE.
- Olivares, Roberto (2008). Las reformas al 115: una reflexión retrospectiva, en: *El agua potable en México*, Roberto Olivares y Ricardo Sandoval (coordinadores) México, ANEAS.
- Ostrom, E. (2000). *El Gobierno de los Bienes Comunes. La Evolución de las Instituciones de Acción Colectiva*. México, UNAM, CRIM, FCE.
- _____(2005). *Understanding Institutional Diversity*. Princeton University Press.
- Ostrom, E., R. Gardner, J. Walker, A. Agrawal, W. Bloomquist, E. Schlager, and S. Yan Tang (1994), *Rules, Games and Common-Pool Resources*. The University of Michigan Press.
- Pacheco-Vega, Raúl y Fernando Basurto (2008). Instituciones en el saneamiento de aguas residuales: reglas formales e informales en el Consejo de Cuenca Lerma-Chapala, en: *Revista Mexicana de Sociología*, Instituto de Investigaciones Sociales, vol. 70, núm. 1, pp. 87-109.
- Pineda, Nicolás y Alejandro Salazar (2008). “De las juntas federales a las empresas de agua: la evolución institucional de los servicios de agua en México 1948-2008”, en: *El agua potable en México*, Roberto Olivares y Ricardo Sandoval (coordinadores), México, ANEAS.
- Pineda, Nicolás. (2002). “Democratización y Cambio Institucional: El Caso del Servicio de Agua Potable en Mexicali”, *Gestión y Política Pública*, vol. XI, núm. 2.
- Roemer, Andrés (2000). *Derecho y economía. Políticas públicas del agua*, México, Porrúa, CIDE, Centro de Estudios de Gobernabilidad y Política Pública, A. C.
- Saleth, Maria y Ariel Dinar (2004). *The institutional economics of water*, Banco Mundial, Washington, D. C.

Sandoval, Ricardo (2008). Regulación, participación social y gobernabilidad del agua potable en México: elementos para un análisis de su evolución institucional, en: El agua potable en México, Roberto Olivares y Ricardo Sandoval (coordinadores), México, ANEAS.

Suez, Partenariat public-privé. Conjuger les compétences.

Tortolero, A. (2000). El Agua y su Historia. México y sus Desafíos Hacia el Siglo XXI,. México, Siglo XXI editores.

Williamson, O. (1989). Las Instituciones Económicas del Capitalismo. México, FCE.



Desde diferentes ángulos analíticos cada uno de los trabajos de este libro busca contribuir al progreso conceptual y explicativo de la economía institucional estrechamente vinculada con el programa de Elinor Ostrom. El libro está dividido en cuatro secciones. El primero, se reflexiona sobre diferentes conceptos claves del programa teórico y metodológico de Ostrom. La segunda sección, busca identificar nuevas formas de estudiar la cooperación a partir de la construcción de modelos de simulación basados en agentes y de la teoría de redes. En la tercera y cuarta sección se presentan diferentes estudios de casos relacionados con la tragedia de los anti-comunes, complejidad y el gobierno de los bienes comunes.