

# Mecanismo para la cooperación en dilemas sociales de recurso Agotable de gran escala

## Cooperation mechanism for large-scale social dilemmas involving resource depletion

Jorge Andrick Parra Valencia, Ph.D. (C)<sup>1</sup> & Isaac Dyner Rezonew, Ph.D.<sup>2</sup>

1. Grupo de Investigación en Pensamiento Sistémico. Universidad Autónoma de Bucaramanga, Colombia

2. Grupo de Investigación en Sistemas e Informática. Universidad Nacional de Colombia - sede Medellín

japarra@unab.edu.co; idyner@unal.edu.co

Recibido para revisión 2 de agosto de 2010, aceptado 28 de octubre de 2010, versión final 17 de noviembre de 2010

**Resumen**— Este artículo describe un mecanismo diseñado para promover la cooperación en dilemas sociales de recurso agotable de gran escala. El mecanismo integra la relación núcleo de la teoría de cooperación para dilemas sociales de recurso de pequeña escala, percepción de amenaza de daño por la reducción de la disponibilidad del recurso y elementos de complejidad. Se presentan resultados obtenidos del modelamiento y simulación de modelos en Dinámica de Sistemas basados en el mecanismo desarrollado. Los resultados sugieren que el mecanismo explica cómo es posible promover el comportamiento cooperativo en dilemas sociales de recurso agotable de gran escala. En todos los casos la complejidad dinámica afecta la cooperación. La percepción de daño puede ser usada para promover la cooperación dentro de grupos que carecen de historia de cooperación. Los individuos pueden comenzar a cooperar aplicando una norma de cooperación aprendida luego de un periodo de restricción de acceso al recurso común.

**Palabras Clave**—Cooperación, Dilemas Sociales, Situaciones de Gran Escala, Complejidad Dinámica.

**Abstract**—We design an explanatory mechanism to explain cooperation discrepancies in Large-scale social dilemmas that involve resource depletion. The mechanism integrates the main core of the theory of cooperation for Small-scale social dilemmas, referring resource depletion, threat perception of inflicting damage to an individual (i.e. punishment) and elements of dynamic complexity like delays and No linear relationships. We present results about system dynamics models developed according our mechanism. Results suggest that the mechanism explains cooperative behavior in Large-scale social dilemmas that involve resource depletion. In these cases dynamic complexity affects cooperation. They also suggested that the perception of damage could be used to promote cooperation within groups that lack a history of cooperation, as people can start cooperating after a period of restrictions using a learned cooperation norm.

**Keywords**— Cooperation, Social Dilemmas, Mechanism, Large-Scale Situations, Dynamic Complexity.

### I. INTRODUCCIÓN

Los dilemas sociales ocurren en situaciones de interdependencia en las que los individuos enfrentan incentivos de corto plazo que los llevan a escoger acciones individualistas, cuando podrían generar acuerdos para cooperar y obtener el mayor pago posible para los individuos y el grupo [1]. Cualquier solución que un grupo aplique para enfrentar un dilema social requiere definir un esquema para que el grupo gane la confianza necesaria para salir del dilema [2]. Los dilemas sociales, entendidos como el conflicto entre una racionalidad basada en los supuestos del modelo de elección racional y el bienestar general, ofrecen variedad de situaciones en las que los recursos comunes pueden sufrir congestión, contaminación y sobre explotación y los bienes públicos pudieran no recibir la provisión suficiente [3].

Según la teoría de juegos no cooperativa para un encuentro y los dilemas repetidos finitos, los acuerdos que requiere la cooperación, si aparecen, deben ser forzados por una autoridad externa [2]. Si todos los individuos tanto en dilemas de un encuentro como en dilemas repetidos finitos asumen una estrategia consistente con el modelo de elección racional, todos ellos recibirán un pago menor que el que podrían recibir con al menos una alternativa [1]. Debido a que la opción de menor pago es un equilibrio, ningún individuo está motivado de manera independiente en cambiar su elección, dadas las elecciones de los demás participantes [3]. Este tipo de

situaciones se considera dilema social pues existe al menos una alternativa que podría producir un mejor pago para todos los participantes [1]. El problema de acción colectiva (cooperación) consiste en buscar maneras para que la gente tenga la suficiente confianza para cooperar y lograr la ganancia del dividendo por cooperación, que es la diferencia entre el resultado previsto por el modelo de elección racional y el producido cooperativo [2].

Los dilemas sociales pueden aparecer tanto en la provisión de bienes públicos como en la apropiación de recursos comunes de acceso abierto, como se ilustra en la Tabla 1, que clasifica los bienes de la economía de acuerdo a la posibilidad de excluir a beneficiarios y a su sustractibilidad [3].

**Tabla 1.** Esquema de clasificación de los bienes de la economía según el grado de sustractibilidad y de exclusión. Basado en [3].

		Sustractibilidad	
		baja	alta
Exclusión	difícil	Bienes públicos	Recursos Comunes
	sencilla	Bienes club	Bienes privados

Los dilemas sociales de gran escala ofrecen una oportunidad de desarrollo teórico [5]. A continuación se argumentará en este sentido. Se presentarán los supuestos de la teoría no cooperativa y cooperativa de dilemas sociales, para luego explicar por qué sus previsiones no aplican directamente a los dilemas sociales de gran escala.

### I.1. TEORÍA NO COOPERATIVA DE LOS DILEMAS SOCIALES

La teoría no cooperativa supone que los individuos utilizan el modelo de elección racional para orientar sus decisiones, tienen información completa y perfecta con respecto a la situación y poseen la potencia racional y de cálculo necesaria para encontrar la solución óptima [11]. La teoría sugiere que los individuos no serán capaces por sí mismos de salir del dilema social, por lo que requieren de un agente externo que supervise el cumplimiento de los acuerdos y que permita la confianza necesaria para superar el dilema [7, 8]. Se supone que los individuos no tienen ni la posibilidad ni la voluntad de comunicarse frente a frente para lograr acuerdos por sí mismos [3]. En esta teoría no se asume como posible la cooperación [9]. La teoría no cooperativa considera que un grupo de individuos que se encuentra en un juego con uno o más equilibrios Nash en una única interacción producirá menos que el pago óptimo posible para todos los involucrados [4]. El equilibrio conseguido es del tipo Pareto Inferior [10]. Una mejor salida (Pareto Superior) podría lograrse si aquellos involucrados decidieran cooperar seleccionando estrategias diferentes a las del sub juego no cooperativo. Es decir, los grupos de individuos enfrentan situaciones en las que, debido a conflictos entre una racionalidad individualista y el interés general, pueden obtener pagos menores que el mejor pago

possible [4]. De esta forma, existen situaciones de interdependencia en donde la búsqueda del interés individual de corto plazo lleva a un estado de menor bienestar que el que se podría alcanzar si todos deciden cooperar [2].

La Tabla 2 en presenta las características y recomendaciones políticas para las teorías cooperativa y no cooperativa.

**Tabla 2.** Características y Recomendaciones Políticas para la Teoría No Cooperativa y Cooperativa.

	Teoría No Cooperativa	Teoría Cooperativa
<i>Características</i>	Perfecta racionalidad [9]. Información perfecta [11]. Un encuentro o encuentros finitos.	Racionalidad limitada [12]. Información retardada y distorsionada [13,14]. Varios encuentros repetidos. Dependencia a las condiciones iniciales [15].
<i>Recomendaciones políticas</i>	Control por un agente externo [8]. Asignación de derechos de propiedad privada [16].	Cooperación [4]

Los acuerdos que promueven la cooperación requieren de confianza para los individuos los adopten [4]. La forma como los grupos construyen esta confianza define la pregunta más importante de la acción colectiva en el presente [2,5]. La literatura ofrece diferentes explicaciones con respecto a la forma como los grupos encuentran la confianza necesaria para soportar los acuerdos que permiten controlar los comportamientos individualistas y enfrentar así los dilemas sociales [2,4,5,17]. La pregunta acerca de la forma como los grupos generan la suficiente confianza para superar los dilemas sociales ha recibido respuesta desde la Teoría de Juegos no cooperativos para un encuentro y los dilemas sociales repetidos finitos [2]. Según la Teoría de Juegos no cooperativa para un encuentro y los dilemas repetidos finitos, los acuerdos si aparecen, deben ser forzados por una autoridad externa [2]. Si todos los individuos tanto, en dilemas de un encuentro como en dilemas repetidos finitos, asumen una estrategia consistente con el modelo actualmente aceptado de elección racional individual, todos los individuos y el grupo como colectivo recibirán un pago menor que el que pudieran recibir con al menos una alternativa [4].

### I.2 . TEORÍA COOPERATIVA PARA DILEMAS SOCIALES DE PEQUEÑA ESCALA

La Tabla 3 presenta una revisión de la literatura que caracteriza las predicciones la teoría de juegos en función de la posibilidad de comunicación y la incertidumbre.

En el ámbito de la teoría cooperativa para dilemas de recurso de baja escala, la cooperación puede aparecer si en la situación se presentan algunas condiciones especiales [4]. Si la situación consiste en un único encuentro alrededor del recurso y no existe posibilidad de comunicación, los resultados de la experimentación y de los trabajos de campo soportan lo previsto en la teoría no cooperativa: la cooperación no aparece [7,9,18]. Sin embargo, si la situación permite múltiples

**Tabla 3.** Revisión comprensiva de la literatura para las teorías de juegos cooperativa y no cooperativa.

Aspectos Revisados/Teoría Considerada	Teoría de Juegos No Cooperativa (Sin comunicación)	Teoría de Juegos No cooperativa (con incertidumbre)	Teoría de Juegos Cooperativa (con comunicación, incertidumbre y acuerdos forzados)
<i>Características del Juego</i>	- Teoría de juegos no cooperativa para un encuentro. - Dilemas sociales repetidos nítos.	- Juegos repetidos con número no conocido de repeticiones. - Incertidumbre acerca de los tipos de jugadores	Incertidumbre acerca de la duración de la situación o la irracionales para responder cooperación con cooperación.
<i>Acuerdos</i>	Acuerdos, si son seguidos, deben ser forzados por autoridades externas. [8, 18, 19]	Acuerdos, sin son seguidos, deben ser forzados por autoridades externas [8, 18, 19]	Los jugadores pueden comunicarse y hacer acuerdos enforzables [24, 17].
<i>Modelo de elección</i>	- Elección racional para el individuo. - Conocimiento común sobre la estructura, los pagos y todas las combinaciones de estrategias. - Las decisiones se toman de manera independiente y a menudo simultáneamente. - No existe actor externo presente para forzar los acuerdos.	- Elección racional para el individuo. - Conocimiento común sobre la estructura, los pagos y todas las combinaciones de estrategias. - Las decisiones se toman de manera independiente y a menudo simultáneamente.	Una teoría amplia del comportamiento humano (conocedores fiables [20], racionalidad acotada, capacidad de aprendizaje de normas, comportamiento basado en normas)
<i>Predicciones</i>	Pareto-inferior (P-I)	- Pareto-óptimo (P-O) o cercano (bajas tasas de descuento y posibilidad de castigo) - (Un tipo irracional de jugador Reciprocador Cooperación Cooperación) Todo es predicho entre (P-O) y (P-I).	Cerca a Pareto-óptimo (P-O). La comunicación mejora. La cooperación aún sin realimentación acerca de la decisión tomada en cada encuentro. (también aplica para juegos de un encuentro y para juegos finitamente repetidos).

encuentros y existe la posibilidad de la comunicación e incertidumbre, la cooperación aparece [4], como se ilustra en la Tabla 3.

El ámbito teórico cooperativo explica la aparición de la cooperación mediante una configuración que incluye un núcleo de relaciones fundamentales y un conjunto de variables dependientes de la situación, denominadas variables situacionales [4]. Esta concepción de cooperación se soporta en la posibilidad de construir reputación alrededor de la historia de cooperación en múltiples encuentros alrededor del común, lo que permite tener confianza en el cumplimiento de acuerdos de intercambio que permiten lograr beneficios de largo plazo [4]. Este mecanismo se hace operativo gracias a la reciprocidad, que se asume como la propensión a generar intercambios en donde se confía en que los otros cooperaran en el presente para lograr beneficios futuros [2]. La reciprocidad implica la aplicación de castigos a quienes no cooperan [21].

### 1.3. DILEMAS SOCIALES DE RECURSO DE GRAN ESCALA

Los dilemas sociales de gran escala son conflictos entre la racionalidad individualista y el bienestar general que ocurren por la interacción de un gran número de personas, que poseen características diferentes [24]. En dichas situaciones no se puede asumir la posibilidad de comunicación cara a cara, aunque es posible que la situación ofrezca otras formas de comunicación [25]. La realimentación aparece de forma distorsionada y retardada [5]. La literatura discute sobre la posibilidad de extender la teoría de cooperación de los dilemas sociales de pequeña escala a los de gran escala [5, 25]. Las características generales de los dilemas sociales de recurso agotable de gran escala se describen en la Tabla 4.

**Tabla 4.** Características, preguntas y referencias seleccionadas para los dilemas sociales de recurso agotable de gran escala

<b>Características</b>	Grupos numerosos. Complejidad dinámica [13]. Información retardada y distorsionada [26]. Expectativa de escasez [27]. Diversidad
<b>Pregunta</b>	¿ La teoría de cooperación de dilemas sociales de pequeña escala aplica al diseño de un mecanismo para la cooperación en dilemas sociales de gran escala? [5, 25]

Este tipo de situaciones presenta un conjunto de características que están lejos de ser cubiertas por las condiciones de la teoría cooperativa de dilemas sociales de recurso de pequeña escala [5, 23]. La pregunta acerca de la capacidad de expansión de la teoría cooperativa de pequeña escala para la explicación de dilemas sociales de gran escala era una pregunta abierta hasta la realización de esta investigación [5].

## II. MÉTODO

El mecanismo fue diseñado siguiendo los lineamientos metodológicos de la Dinámica de Sistemas. La herramienta de simulación fue VensimDSS Versión 5.7 para Windows, que se ejecutó sobre Ubuntu versión 10.04 mediante el emulador Wine.

## III. RESULTADOS

Este artículo presenta el diseño de un mecanismo para la cooperación en dilemas sociales de recurso de gran escala. El mecanismo es una expresión de la teoría de dilemas sociales de pequeña escala en la que la expectativa de restricción y escasez, entendidas como una forma de castigo, la cooperación de corto plazo y la cooperación de largo plazo, así como la tentación de aprovecharse de la cooperación de los demás, en un ámbito de caracterizado por la complejidad dinámica, definen la variación de la cooperación. El mecanismo implementó en cinco modelos de simulación: uno sobre la crisis de electricidad de Colombia 1992, la crisis de electricidad de California 2001, una institución de cooperación para reducir la concentración de , uno de

cooperación cooperativa de electricidad y uno sobre congestión en una red de computadores.

### 3.1. HIPÓTESIS DINÁMICA

La Figura 1 presenta la hipótesis dinámica como expresión del mecanismo diseñado. El mecanismo está conformado por cuatro ciclos de realimentación. Dos de balance y dos de refuerzo.

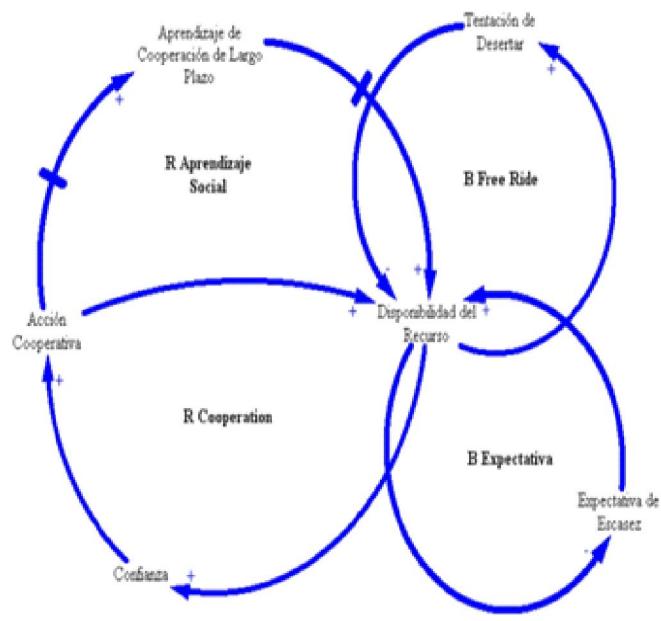


Figura 1. Hipótesis dinámica general

El ciclo Free ride representa la tendencia de los individuos a aprovecharse de la cooperación de los grupos y está basado en [15]. El ciclo de expectativa representa el proceso de cooperación por expectativa de daño por deterioro de la disponibilidad del recurso y está basado en el trabajo de Schelling sobre castigo [28]. Los ciclos de refuerzo son los de cooperación y aprendizaje de cooperación como norma de largo plazo [5]. El ciclo de cooperación representa el proceso de decidir si se coopera o no se coopera en función de la confianza de cooperación y está basado en el trabajo de Ostrom [4]. El ciclo de cooperación como norma de largo plazo describe el proceso de aprendizaje de cooperación que ocurre durante la cooperación basada en confianza y está basado en los trabajos de Biel [5] y Ostrom[3,4]. Las simulaciones y pruebas se pueden organizar de acuerdo a los resultados ofrecidos que se explican a continuación.

### 3.2. EL MECANISMO INTEGRA COMO UNIDAD TEORÍAS PERTINENTES

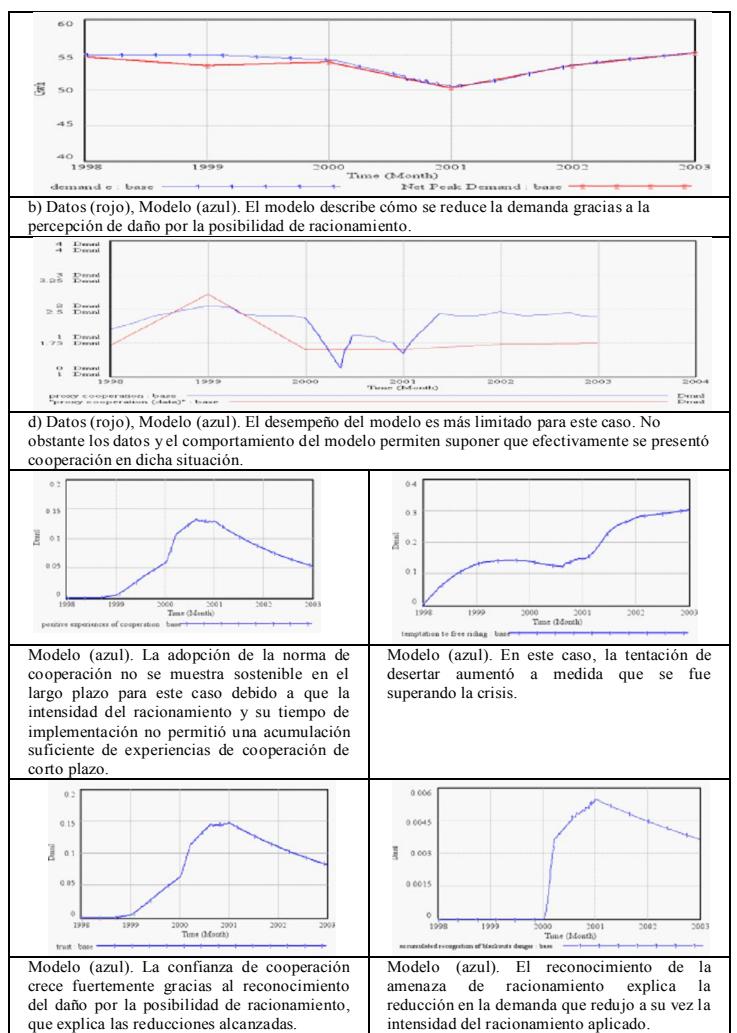
El mecanismo institucional presentado extiende la Teoría de Dilemas Sociales de Recurso de Pequeña Escala [4] a situaciones de dilema social de recurso agotable de gran escala, integrando en una unidad la percepción de amenaza de daño

por deterioro del recurso [28] y elementos de complejidad dinámica [13, 29, 30]. Todas las simulaciones y pruebas aplicadas al modelo y a las simulaciones sugieren que el mecanismo explica el comportamiento cooperativo en dilemas sociales de recurso agotable de gran escala. La Tabla 7 presenta las pruebas estadísticas aplicadas a los modelos. La Tabla 8 ilustra cómo las pruebas aplicadas a los modelos desarrollados con base en el mecanismo no pudieron refutar la hipótesis dinámica general propuesta, por lo que se mantiene vigente. Esta investigación sugiere que es posible entender como la cooperación, el castigo y la amenaza de castigo por degradación de un recurso común se relacionan en situaciones dinámicamente complejas.

### 3.3. EL MECANISMO EXPLICA LA COOPERACIÓN

El mecanismo diseñado da cuenta de la cooperación en los modelos diseñados. Las Tablas 7, 10 y 11 presentan el desempeño del modelo en la explicación de la cooperación en los casos modelados.

Tabla 5. Simulaciones Modelo Crisis de Electricidad California.



**Tabla 6.** Síntesis de evaluación de las estadísticas de Theil para los tres modelos desarrollados con base en el mecanismo institucional propuesto.

Variable	Porcentaje Error Raíz Media Cuadrada	Error Medio Cuadrado	U(M)	U(S)	U(C)	¿Refuta la hipótesis dinámica?
Maximum demand	0.01	4675.38	0	0.01	0.99	No, error no sistemático
Net peakdemand	0.01	0.48	0.15	0	0.85	No, error no sistemático
CO2 ppmv	0.01	9.95	0.52	0.22	0.26	No, objetivo del modelo no era replicar sino evaluar institución hipotética.

El mecanismo diseñado explica, en el sentido de dar cuenta, el comportamiento cooperativo en dilemas sociales de recurso agotable de gran escala. Esto se ilustra en la Tabla 6, en la que se revisa si la hipótesis dinámica es refutada por las pruebas aplicadas. La hipótesis se mantiene vigente luego de las pruebas aplicadas.

La Tabla 7 ilustra la evaluación de las estadísticas obtenidas para los modelos y su interpretación en función de la evaluación de la hipótesis dinámica.

**Tabla 7.** Resultados pruebas estadísticas aplicadas a los modelos diseñados.

Item/modelo	Crisis Colombia 1992	Crisis California 2001	Crisis Emisiones CO2
Nombre variable de datos	maximumdemand	net peakdemand	CO2 ppmv data
Nombre variable modelo	demand	demand	CO2 ppmv
Número de puntos	45	6	46
MSE	4675.38	0.48	9.95
RMSPE	0.01	0.01	0.01
Data Mean	6080.62	53.53	341.09
Simulation Mean	6080.4	53.8	343.36
r	0.98	0.92	1
R2	0.96	0.85	0.99
U(M)	0	0.15	0.52
U(S)	0.01	0	0.22
U(C)	0.99	0.85	0.26
TheilCheck	1	1	1

### 3.4. COOPERACIÓN, CONDICIONES INICIALES Y ESTRUCTURA

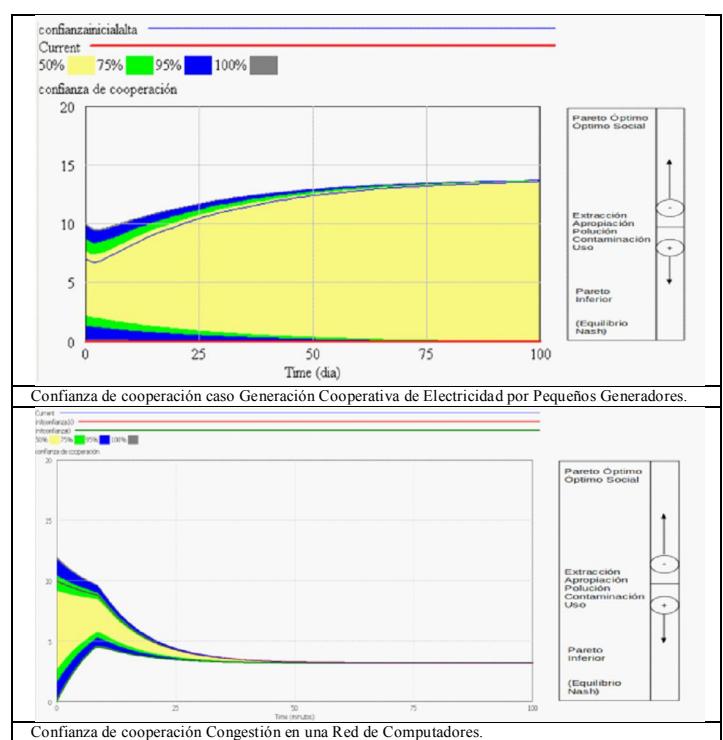
La hipótesis dinámica y los resultados de simulación sugieren que percepción, expectativas y complejidad dinámica pueden ser integradas en un modelo que permita construir explicaciones sobre la cooperación y el aprendizaje social sin dependencia a las condiciones iniciales de la confianza de cooperación ocurridas en dilemas sociales de recurso de gran escala. Este resultado puede encontrar soporte en los trabajos de Dinámica de Sistemas que sugieren que los individuos pueden reducir la efectividad de su desempeño en la administración de un recurso natural renovable [29] como en un inventario [13].

Las pruebas de simulación permiten sugerir que es más alta la efectividad de la confianza de cooperación para reducir la demanda de electricidad cuando la percepción sobre el castigo y la amenaza de castigo por deterioro del recurso común es alta, en simulaciones y momentos dentro de la simulación en

donde se varía de forma uniformemente distribuida la percepción inicial de la reputación en el grupo. El modelo y su simulación confirman la dependencia del desempeño de la cooperación a las condiciones iniciales de la percepción de la confianza de cooperación en el grupo. Véase la Tabla 8.

La estructura puede contrarrestar la dependencia a las condiciones iniciales, como se ilustra en el caso de congestión en red de computadores, en donde la confianza de cooperación converge a pesar de los distintos valores iniciales de la confianza inicial de cooperación. Los dos casos de dependencia y manejo de la dependencia a las condiciones iniciales se ilustran en la Tabla 8.

**Tabla 8.** Análisis de Sensibilidad que ilustra como la dependencia a las condiciones iniciales es contingente a la estructura.



### 3.5. LA REALIMENTACIÓN ES LA MICRO ESTRUCTURA DE LA COOPERACIÓN

Bajo las condiciones que caracterizan a los dilemas sociales, la cooperación requiere de la realimentación de la información acerca de las consecuencias de la acción colectiva del grupo. Esto aplica con también en dilemas sociales de recurso de gran escala. El mecanismo propuesto hace explícito un mecanismo basado en realimentación condicionado por la complejidad dinámica, con el que fue posible la cooperación a pesar que las condiciones iniciales no fueran suficientes para que ella aparezca y fuese sostenible. La cooperación requiere de realimentación acerca de las acciones cooperativas de los demás. Los resultados sugieren que la realimentación de los

resultados de la cooperación afecta la variación de la cooperación.

### 3.6. LA COMPLEJIDAD DINAMICA CONDICIONA LA COOPERACIÓN

La complejidad dinámica afecta la cooperación en dilemas sociales de recurso agotable de gran escala. La Tabla 9 ilustra el nivel de complejidad dinámica que tienen los modelos desarrollados. Todos los modelos diseñados cuentan con fuertes retardos, relaciones no lineales y estructuras para representar el cambio en las percepciones.

La cooperación es afectada por la complejidad dinámica. Estos resultados son consistentes con los trabajos de Sterman [13] y Moxnes [29] sobre los efectos de la complejidad dinámica en el desempeño de los seres humanos en situaciones relativamente simples, como manejar un inventario o un recurso natural. En este sentido se abre una posibilidad de investigación para medir el impacto que la complejidad dinámica tiene sobre la acción colectiva y la forma como este se podría mitigar.

**Tabla 9.** Resumen elementos de complejidad dinámica incluidos en los modelos de caso diseñados.

Item/modelo	Modelo Crisis Colombia 1992	Modelo Crisis California 2001	Modelo Institución Cooperación Reducción CO2
Número de Retardos	8	4	6
Tiempo de ajuste retardo mayor magnitud	5.3 meses	5 meses	7300 meses
Número de estructuras de representación de percepción	1	2	2
Número de relaciones no lineales	14	8	9

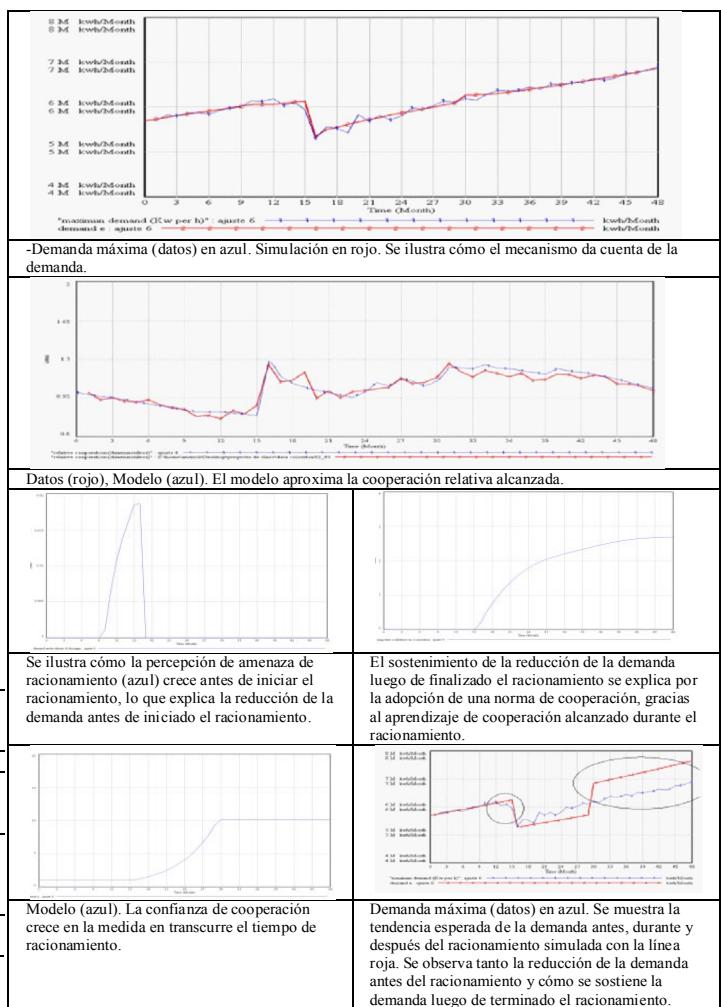
### 3.7. LA PERCEPCIÓN DE DAÑO POR DETERIORO DEL RECURSO PUEDE PROMOVER LA COOPERACIÓN

La percepción de daño puede ser usada para promover la cooperación en grupos que carecen historia de cooperación previa incluso antes una restricción de uso del recurso común. En el modelo de la crisis Colombiana de electricidad de 1992-1993, el mecanismo permitió dar cuenta de la cooperación antes de iniciar el racionamiento como una respuesta a la amenaza de daño por deterioro del recurso (Véase Tabla 10). La cooperación alcanzada luego de finalizado el racionamiento es explicada por el mecanismo como aprendizaje de cooperación como norma de largo plazo [5].

En el modelo de la crisis de California 2001, el mecanismo da cuenta de la reducción de la demanda de electricidad fundamentalmente como una respuesta a la amenaza de daño por deterioro del recurso y una rápida capacidad de aprendizaje de cooperación como norma de largo plazo. Véase la Tabla 5.

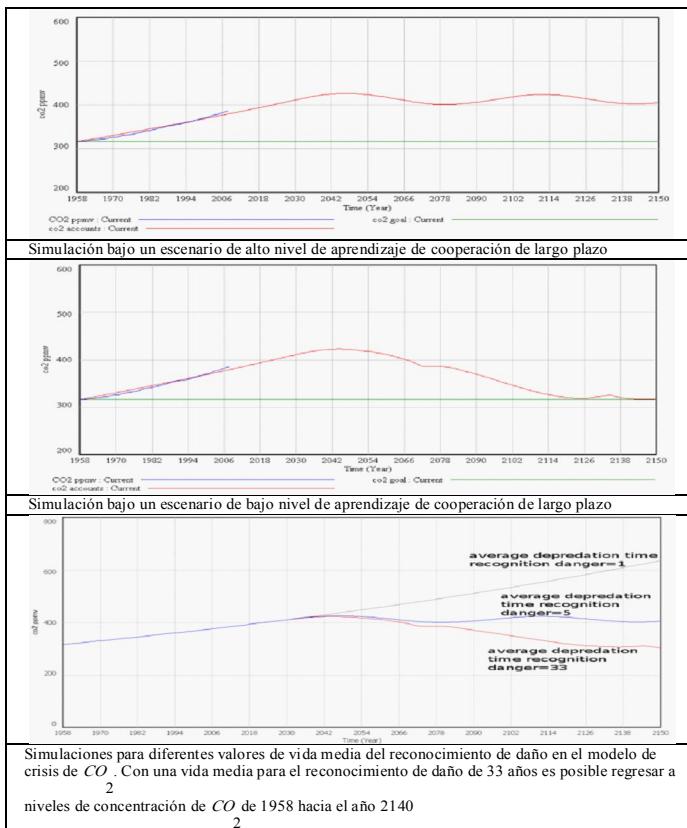
En el modelo de la institución basada en cooperación para la reducción de la concentración de en la atmósfera, se comparó el desempeño de la cooperación al variar el valor para la vida media del reconocimiento de daño por deterioro

**Tabla 10.** Simulaciones Modelo Crisis de Electricidad Colombia 1992.



del recurso común. Con una vida media de 33 años para el reconocimiento de daño por deterioro del recurso, luego de casi 100 años la simulación muestra como se reduce la concentración de CO2 a valores del año 1958. Véase la Tabla 11.

En el mecanismo diseñado, la percepción de daño mejora la cooperación a pesar de la ausencia de historia de cooperación. En este sentido, la cooperación en el corto plazo puede crear condiciones para generar cooperación como norma en el largo plazo. El modelo evaluado frente al caso de la crisis de electricidad Colombiana de 1992 se explica cómo la gente logra mantener el ahorro en el consumo de electricidad luego de haber finalizado el racionamiento (Véase la Tabla 10). El mecanismo explica cómo la gente es capaz de aprender cooperación como una norma sin una historia previa de cooperación. Se incluyó un ciclo que representa el proceso de aprendizaje de cooperación de largo plazo. Este ciclo explica cómo luego experiencias prolongadas de percepción de daño y de restricción de la disponibilidad de un recurso común, los grupos pueden limitar voluntariamente su

**Tabla 11.** Simulaciones Reducción Concentración CO<sub>2</sub>

apropiación a un nivel similar al de la restricción misma, como ocurre en el modelo de la Crisis de Electricidad de Colombia de 1992-1993. Véase la Tabla 10.

### 3.8. LA COOPERACIÓN COMO NORMA PUEDE APRENDERSE EN EL LARGO PLAZO LUEGO DE UN PERÍODO DE RESTRICCIÓN

Las personas luego de una crisis pueden adoptar normas de cooperación y sostener la cooperación luego de una fuerte restricción, gracias al desarrollo de confianza y cooperación en el corto plazo. Las relaciones núcleo de la cooperación [3] sugieren que la cooperación presenta dependencia a las condiciones iniciales [15]. Con una confianza de cooperación inicial de cero no aparece la cooperación. Una historia de altas contribuciones en encuentros pasados promueve la cooperación en el futuro. No obstante, en el mecanismo diseñado, la percepción de daño mejora la cooperación a pesar de la ausencia de historia de cooperación. En este sentido, la cooperación en el corto plazo puede crear condiciones para generar cooperación como norma en el largo plazo. Véase Tablas 10 y 11.

El mecanismo supone una explicación sobre la forma como se puede alcanzar la cooperación como objetivo social [34]. Se asumió que un mecanismo es una estructura causal que explica cómo un comportamiento deseado, en este caso la cooperación, puede ser alcanzado en una situación particular

[34]. Este artículo ilustra cómo la Dinámica de Sistemas puede ser aplicada para estudiar dilemas sociales de recurso agotable de gran escala.

## IV. DISCUSIÓN

La Tabla 12 ilustra la confrontación realizada entre los resultados obtenidos y la Literatura. La hipótesis que ilustra la Figura 1 se basa en una extensión del ciclo fundamental de relaciones núcleo para los dilemas sociales de pequeña escala propuesto por Ostrom [4], el castigo como percepción de daño [28], el aprendizaje de la cooperación como norma de largo plazo [5] y la tentación de desertar [24].

La hipótesis integra un ciclo de tentación de desertar, como fue propuesto por Castillo y Saisel [15], quienes ofrecen un modelo que da cuenta del procesamiento promedio de la información de experimentos realizados con pescadores en un dilema social de recurso de pequeña escala, mediante un modelo construido con Dinámica de Sistemas que incluye una interpretación de las relaciones núcleo que explican la cooperación propuestas por Ostrom [36].

**Tabla 12.** Discusión que Compara los Resultados Obtenidos con la Literatura.

Resultado	Referente de la literatura confrontado	Semejanzas	Diferencias
<i>El mecanismo extiende e integra teorías como unidad.</i>	[4,15]	Explican la cooperación	En la teoría de Ostrom, la cooperación se basa en confianza exclusivamente. Desarrollado para condiciones distintas. Ostrom no incluye la percepción de daño y la tentación de desertar. No consideran los efectos de la complejidad dinámica. No utilizan Dinámica de Sistemas.
<i>El mecanismo diseñado da cuenta de la cooperación en dilemas sociales de recurso agotable de gran escala.</i>	[6,4,35]	Es posible la cooperación en dilemas sociales de recurso de gran escala.	Goldman y Markoczy sugieren que la cooperación explica la crisis de California 2001.
<i>La complejidad dinámica condiciona la cooperación</i>	[13, 29]	La complejidad dinámica condiciona el desempeño de la cooperación.	Sterman estudia la admón de un inventario. Moxnes la admón de un recurso natural renovable con institución para evitar la Tragedia del Terreno Común.
<i>La percepción de daño por deterioro del recurso puede promover la cooperación</i>	[28]	La percepción de daño puede promover ciertas decisiones.	No se hace referencia a los dilemas de gran escala.
<i>La cooperación como norma puede aprenderse en el largo plazo luego de un período de restricción.</i>	[5]	La cooperación puede ser asumida como norma en dilemas sociales de gran escala.	No se supone una forma específica de integración a la teoría de pequeña escala, aunque supone la integración asumiendo cooperación como norma.

El mecanismo incluye un ciclo de percepción de amenaza de daño por deterioro del recurso común, inspirado en la amenaza de castigo y sus efectos en la decisión propuesto por el Profesor Schellingen "The Strategy of Conflict" [28].

Este trabajo ofrece una respuesta a la pregunta sobre la posibilidad de extensión de la teoría de dilemas de pequeña escala a los de gran escala[5]. El trabajo continua el desarrollo del marco explicativo propuesto por Ostrom [4], al proponer una extensión para situaciones dinámicamente complejas, tales como los dilemas sociales de gran escala.

Las personas tienen dificultades para enfrentar situaciones condicionadas por la complejidad dinámica y la cooperación en este tipo de condiciones no es la excepción. La administración de un inventario [13] o de un recurso natural [29] es problemática debido a la complejidad dinámica. El ciclo fundamental de relaciones que explican la cooperación en situaciones de pequeña escala requiere de información acerca de los resultados de cooperación en encuentros pasados para promover nueva cooperación [4]. En los modelos desarrollados los retardos, la percepción y las relaciones no lineales condicionan la variación de la cooperación. Los modelos y sus simulaciones sugieren que la complejidad dinámica y la inercia afectan el desempeño de la cooperación, como se ilustró en el modelo de reducción de la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera en la Tabla 11. Los resultados obtenidos sugieren que el mecanismo diseñado se constituye en un avance en la explicación de la cooperación en situaciones dinámicamente complejas. El mecanismo ofrece un aporte al trabajo de Ostrom [4] y Castillo [15]. El estudio de sensibilidad presentado en la Tabla 8 confirma la dependencia de las trayectorias de las variables del modelo a las condiciones iniciales de la confianza inicial de cooperación en los grupos [4,15]. Se sugiere que el castigo y la amenaza de castigo por deterioro del recurso común pueden contribuir a fomentar o mantener la cooperación [28]. Este trabajo ilustra la pertinencia de la utilización de la Dinámica de Sistemas en el estudio de dilemas sociales de gran escala.

## V.CONCLUSIONES

Este artículo presentó un mecanismo diseñado para dar cuenta de la cooperación en dilemas sociales de recurso agotable de gran escala. El mecanismo diseñado integra la teoría de cooperación para dilemas sociales de recurso de pequeña escala, la teoría de percepción de amenaza de daño individual (como una forma de castigo) y elementos de complejidad dinámica. Los resultados sugieren que el mecanismo explica el comportamiento cooperativo en dilemas sociales de recurso agotable de gran escala. En todos los casos la complejidad dinámica afecta la cooperación. Los resultados también sugieren que la percepción de daño puede ser usada para promover la cooperación dentro de grupos que

carecen de historia de cooperación, así como las personas pueden comenzar a cooperar luego de un periodo de restricción de acceso al recurso común. Finalmente se sugiere que bajo situaciones de gran escala, la cooperación requiere realimentación sobre las consecuencias de la acción colectiva.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Colciencias, a la Universidad Autónoma de Bucaramanga, a la Universidad Nacional de Colombia y a la Universidad de Bergen por el apoyo recibido durante en el desarrollo de este trabajo.

## REFERENCIAS

- [1] M. Foddy. Resolving social dilemmas: dynamics, structural, and intergroup aspects. Psychology Press, 1999.
- [2] E. Ostrom and J. Walker. Trust and reciprocity: Interdisciplinary lessons from experimental research. Russell Sage Foundation Publications, 2005.
- [3] E. Ostrom. Governing the commons: The evolution of institutions for collective action. Cambridge University Press, 1990.
- [4] E. Ostrom. A behavioral approach to the rational choice theory of collective action. In Polycentric games and institutions: readings from the Workshop in Political Theory and Policy Analysis, page 472. University of Michigan Press, 2000.
- [5] A. Biel, C. Von Borgstede, and U. Dahlstrand. Norm perception and cooperation in large scale social dilemmas. Resolving social dilemmas: Dynamic, structural, and intergroup aspects, pages 245–252, 1999.
- [6] L. Markóczy. Trust but verify: Distinguishing distrust from vigilance. Presentado en la Academy of Management Conference en Seattle, 2003.
- [7] G. Hardin. The tragedy of the commons. Journal of Natural Resources Policy Research, 1(3):243–253, 2009.
- [8] G. Hardin. The tragedy of the commons. The population problem has no technical solution; it requires a fundamental extension in morality. Science (New York, NY), 162(859):1243, 1968.
- [9] J. Von Neumann, O. Morgenstern, H.W. Kuhn, and A. Rubinstein. Theory of games and economic behavior. Princeton university press Princeton, NJ, 1953.
- [10] M.D. Davis. Game theory: a nontechnical introduction. Dover Pubns, 1997.
- [11] H.A. Simon. Rational decision making in business organizations. The American Economic Review, 69(4):493–513, 1979.
- [12] H.A. Simon. A behavioral model of rational choice. The Quarterly Journal of Economics, 69(1):99–118, 1955.
- [13] J.D. Sterman. Misperceptions of feedback in dynamic decision making. Organizational behavior and Human Decision Processes, 43(3):301–335, 1989.
- [14] E. Diehl and J.D. Sterman. Effects of feedback complexity on dynamic decision making. Organizational Behavior and Human Decision Processes, 62(2):198–215, 1995.
- [15] D. Castillo and A.K. Saysel. Simulation of common pool resource field experiments: a behavioral model of collective action. Ecological Economics, 55(3):420–436, 2005.
- [16] R.J. Smith. Resolving the tragedy of the commons by creating private property rights in wildlife. Cato Journal, 1(2):439–468, 1981.

- [17] E. Ostrom, R. Gardner, and J. Walker. Rules, games, and common-pool resources. University of Michigan Press, 1994.
- [18] M. Olson. The logic of collective action: Public goods and the theory of groups. Harvard University Press, 1971.
- [19] R.D. Luce, H. Raifa, and T. Teichmann. Games and decisions. Physics Today, 11:33, 1958.
- [20] A. Clark and A. Karmiloff-Smith. The cognizer's innards: A psychological and philosophical perspective on the development of thought
- [21] E. Fehr and S. Gachter. Fairness and retaliation: The economics of reciprocity. 14(3):159181, 2000. The Journal of Economic Perspectives,
- [23] A. Biel. Factors promoting cooperation in the laboratory, in common pool resource dilemmas, and in large-scaledilemmas. Cooperation in modern society: Promoting the welfare of communities, states, and organizations, pages 2541, 2000.
- [24] P. Kollock. Social dilemmas: The anatomy of cooperation. Annual Review of Sociology, 24(1):183214, 1998.
- [25] E. Ostrom, J. Burger, C.B. Field, R.B. Norgaard, and D. Policansky. Revisiting the commons: local lessons, global challenges. Science, 284(5412):278, 1999.
- [26] J.D. Sterman. Modeling the formation of expectations:: The history of energy demand forecasts. International Journal of Forecasting, 4(2):243259, 1988.
- [27] J.D. Sterman and L.B. Sweeney. Cloudy skies: assessing public understanding of global warming. System Dynamics Review, 18(2):207240, 2002.
- [28] T.C. Schelling. The strategy of conflict.Prospectus for a reorientation of game theory. Journal of Conflict Resolution, 2(3):203, 1958.
- [29] E. Moxnes. Not only the tragedy of the commons: misperceptions of feedback and policies for sustainable development. System Dynamics Review, 16(4):325348, 2000.
- [30] E. Moxnes. Not only the tragedy of the commons: misperceptions of bioeconomics. Management Science, 44(9):12341248, 1998.
- [31] J.W. Forrester and J. Wright. Industrial Dynamics. MIT press Cambridge, MA, 1961.
- [32] J.D. Sterman. Business dynamics: Systems thinking and modeling for a complex world with CD-ROM. Irwin/McGraw-Hill, 2000.
- [33] J. Morecroft. Strategic modelling and business dynamics: a feedback systems approach. Wiley, 2007.
- [34] E.S. Maskin. Mechanism design: How to implement social goals. American Economic Review, 98(3):567576, 2008.
- [35] C.A. Goldman, G.L. Barbose, and J.H. Eto. California customer load reductions during the electricity crisis: Did they help to keep the lights on? Journal of Industry, Competition and Trade, 2(1):113142, 2002.
- [36] E. Ostrom. Collective action and the evolution of social norms. The Journal of Economic Perspectives, 14(3):137-158, 2000.



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA  
SEDE MEDELLÍN  
FACULTAD DE MINAS

**120** años   
TRABAJO Y RECTITUD