



USAID
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS
UNIDOS DE AMERICA

**Iniciativa para la Conservación
en la Amazonía Andina - ICAA**

COMPORTAMIENTO DE PESCADORES FRENTE A DISTINTOS ARREGLOS INSTITUCIONALES EN LA ESTRELLA FLUVIAL DE INÍRIDA

Amazonía colombiana

Conservation Strategy Fund | Conservación Estratégica | SERIE TÉCNICA No. 28 | noviembre de 2014



Paula Andrea Zuluaga
Marcela Franco Jaramillo

ENGILITY • IRG



Programa de Investigaciones Económicas
Aplicadas para la Conservación en la
Amazonía Andina

Comportamiento de pescadores frente
a distintos arreglos institucionales en la
Estrella Fluvial de Inírida

Amazonía colombiana

Esta publicación ha sido posible gracias al apoyo del Pueblo de los Estados Unidos de América a través de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) bajo los términos del contrato N°AID-EPP-I-00-04-00024-00.

Las opiniones aquí expresadas son las del autor (es) y no reflejan necesariamente la opinión de USAID ni del Gobierno de los Estados Unidos.

Esta investigación ha sido producida por encargo de la Unidad de Apoyo de la Iniciativa para la Conservación en la Amazonía Andina (ICAA) liderada por International Resources Group (IRG) y sus socios: Sociedad Peruana de Derecho Ambiental (SPDA), Corporación de Gestión y Derecho Ambiental (ECOLEX), Social Impact (SI), Patrimonio Natural (PN) y Conservation Strategy Fund (CSF).

Autores:

Paula Andrea Zuluaga Guerra

Consultora Independiente
pazguerra@gmail.com

Marcela Franco Jaramillo

Consultora
WWF Colombia
marcelafrancojara@gmail.com

Edición: Juana Rosa Iglesias López. Jr. Aguarico 654- 202 Breña, Lima

Foto de portada y contraportada: Denisse Oliveira - WWF

Diagramación: Calambur SAC

Imprenta: Billy Víctor Odiaga Franco. Av. Arequipa 4558, Miraflores

Tiraje: 500 ejemplares

Conservación Estratégica- CSF

Oficina en Perú
Calle Víctor Larco Herrera No. 215 - Lima
Teléfono: (+51-1) 6020775
andes@conservation-strategy.org

International Resources Group LTD

Sucursal Perú
Av. Primavera 543 OF. 302 - Lima
Teléfono: (+51-1) 6378153 / 6378154

AUNAP: Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca

Dirección: Calle 40A N° 13 - 09 Edificio UGI pisos 6 y 14. Bogotá, Colombia
Teléfono: (1) 3770500
Correo de contacto: atencionalciudadano@aunap.gov.co

CDA: Corporación para el Desarrollo Sostenible del Norte y el Oriente Amazónico

Dirección: Calle 26 No. 11-131 Barrio 5 de Diciembre. Inírida, Guanía- Colombia
Teléfono: (8) 5656351
Correo de contacto: direccion@cda.gov.co

WWF Colombia

Dirección oficina: Carrera 35 No. 4A – 25. Cali, Colombia
Teléfono: (2) 5582577
Correo de contacto: info@wwf.org.co

Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible

Dirección: Carrera 13 # 37 – 38. Bogotá, Colombia
Teléfono: (1) 3323400

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural

Dirección: Avenida Jiménez N°. 7A – 17. Bogotá, Colombia
Teléfono: (1)2543300

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2014-16991

ISBN 978-612-46730-3-0

Este documento puede ser descargado de las páginas web:

<http://www.amazonia-andina.org/amazonia-activa/biblioteca/publicaciones>

<http://conservation-strategy.org/es/reports>

Impreso en Perú

Todos los derechos reservados de acuerdo con el D. Leg 822 (Ley sobre Derechos de Autor).
Prohibida su reproducción sin autorización previa de los autores.



Agradecimientos

En primer término queremos agradecer a las pescadoras y pescadores de las comunidades de Barranco Tigre, Yuri, La Ceiba, Santa Rosa, Caranacoa y Laguna Morocoto porque sin ellos esta investigación no habría sido posible. Así mismo a Isidro Gonzales por su acompañamiento y apoyo logístico en la fase de campo. También le debemos nuestra gratitud a Alisson Soche por su apoyo con los experimentos, así como a Jorge Maldonado y a Jhorland Ayala por su importante colaboración en los análisis económicos. A Eduardo Montenegro, Daniel Leonardo Rico y Daniel Serrano por su valioso aporte para el desarrollo del modelo basado en agentes. De otra parte, queremos destacar la contribución de María Claudia López como revisora del documento; sin dudarlo fue fundamental para llegar a un texto robusto y coherente como el que ahora presentamos.

También queremos agradecerle al Pueblo de los Estados Unidos de América a través de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) y de la Iniciativa para la Conservación en la Amazonía Andina (ICAA), a la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP), a la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Norte y el Oriente Amazónico (CDA) y al Fondo Mundial para la Conservación - WWF Colombia por su apoyo logístico, económico y de información a lo largo del proceso de investigación.

Expresamos igualmente nuestra gratitud a todo el equipo de Conservation Strategy Fund (CSF), especialmente a Rocío Moreno y Alfonso Malky por su constante e incondicional apoyo en las distintas fases de la investigación. También al equipo de ICAA, sobre todo a Martha Puga por su asesoría administrativa. A Julio César Domínguez (CDA), José Saulo Usma (WWF Colombia) y a Claudia Liliana Sánchez (AUNAP) por permitirnos ser partícipes del proceso de ordenamiento pesquero de la Estrella Fluvial de Inírida.

Finalmente, queremos agradecer a Diana Lucila Guerra, Carlos Iván Zuluaga, Diana Marcela Zuluaga, Margarita Jaramillo, Leonel Franco y Juan Camilo de la Cruz por su esencial apoyo en las distintas fases de la investigación.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	7
ÍNDICE	9
ÍNDICE DE TABLAS	11
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	13
ÍNDICE DE FIGURAS	14
RESUMEN	16
ABSTRACT	19
INTRODUCCIÓN.....	20
ZONA DE ESTUDIO	29
METODOLOGÍA	36
Modelo teórico	37
Diseño experimental	39
Modelo empírico	48
Modelo basado en agentes, aplicación para el caso de pesca ornamental en la EFI	48
RESULTADOS	53
Análisis no paramétricos de los resultados del experimento económico del cardenal	54
Análisis paramétricos de los resultados del experimento económico del cardenal	62
Resultados del modelo basado en agentes	69
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	77
Sobre los resultados del experimento económico del cardenal	78

Sobre el modelo basado en agentes del experimento del cardenal	82
Sobre el ejercicio de investigación y sus implicaciones en la conservación de la EFI	85
BIBLIOGRAFÍA	87
APÉNDICE	99
Protocolo del modelo basado en agentes del experimento económico del cardenal	100

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. Características generales de las seis comunidades vinculadas al estudio	33
TABLA 2. Muestras por zona	40
TABLA 3. Características socioeconómicas de los participantes en los experimentos, diferenciados por zonas (entre paréntesis: desviación estándar)	43
TABLA 4. Número de personas y de grupos que participaron en cada uno de los tratamientos	46
TABLA 5. Modas y promedios de extracción individual para cada tratamiento por ronda	55
TABLA 6. Diferencias en diferencias (ejemplo)	64
TABLA 7. Diferencias en diferencias	64
TABLA 8. Explicación de las diferencias entre la variable "tratamiento" y "pertenecer a un grupo"	66
TABLA 9. Modelo econométrico	68
TABLA 10. Distribución de los participantes por grupos en los experimentos económicos de acuerdo a las tipologías del MBA	71

TABLA 11. Modas y promedios de extracción individual para cada tratamiento por ronda para el MBA. La frecuencia absoluta se observa al frente de la F, entre paréntesis la desviación estándar y al frente de la n el número de observaciones

75

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA 1. Lectura de instrucciones en una sesión de experimentos económicos	40
FOTOGRAFÍA 2. Mapa de las zonas de pesca y de la comunidad de Chaquita en época de invierno. Producto del ejercicio participativo de mapas comunitarios ..	41
FOTOGRAFÍA 3. Ejemplo de algunos de los acuerdos planteados en una de las comunidades	42
FOTOGRAFÍA 4. Ejemplo de material utilizado con bolsas de cardenales movibles que acompaña la lectura de las instrucciones	45

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Ubicación geográfica de la Estrella Fluvial de Inírida	31
FIGURA 2. Agrupación de las comunidades de acuerdo a su ubicación geográfica .	34
FIGURA 3. Promedios de extracción individual por tratamiento	58
FIGURA 4. Extracción promedio en la primera fase (rondas 1 a la 8) y segunda fase (rondas 9 a la 16) para los grupos de la línea base y otros tratamientos	59
FIGURA 5. Promedios de extracción individual por zona para los grupos a los que se aplicó la línea base durante todo el juego	60
FIGURA 6. Promedios de extracción individual por zona para los grupos a los que se aplicó el tratamiento de comunicación durante la segunda fase	61
FIGURA 7. Promedios de extracción individual por zona para los grupos a los que se aplicó el tratamiento de censura social durante la segunda fase	62
FIGURA 8. Distribución de los participantes de la línea base de acuerdo con las personalidades descritas en el MBA	70
FIGURA 9. Distribución de los agentes con respecto a los atributos de visión y criterios de toma de decisión referentes a la escogencia de zonas de pesca de los agentes por tratamiento	72
FIGURA 10. Distribución de los agentes de acuerdo a los criterios de toma de decisión respecto a la sanción económica en los grupos de sanción	73

FIGURA 11. Extracción individual promedio de los agentes-pescadores del MBA	74
FIGURA 12. Diferencia de medias entre la primera fase (rondas 1 a la 8) y la segunda fase (rondas 9 a la 16) para la línea base y la sanción económica en el MBA	76



Resumen
Abstract

Como en muchos otros casos en el mundo, las pesquerías amazónicas artesanales se encuentran en crisis, situación que se refleja en la ocurrencia de períodos, cada vez más frecuentes, de escasez de los recursos hidrobiológicos. La pesquería ornamental de la Estrella Fluvial de Inírida (EFI), al norte de la Amazonia colombiana, en el departamento de Guainía, en donde las comunidades indígenas llevan más de tres décadas dedicadas a esta actividad, no es la excepción. En este contexto, a mediados del año 2011 surge la necesidad de adelantar un plan de ordenamiento pesquero con el fin de garantizar la conservación de la alta biodiversidad de dicha pesquería, permitir su sostenibilidad y aportar al plan de manejo del área Ramsar.

Partiendo de este escenario, y reconociendo la importancia de comprender cómo los pescadores locales toman decisiones acerca del manejo de los recursos hidrobiológicos ornamentales en la EFI para el fortalecimiento del proceso de ordenamiento pesquero en esta zona, se establece como objetivo principal del presente estudio investigar el comportamiento de pescadores en la Estrella Fluvial de Inírida frente a distintos arreglos institucionales para el manejo de la pesca, que puedan llegar a articularse al plan de ordenamiento pesquero de las comunidades sujeto, a partir de un experimento económico, cuyo análisis se complementa con un ejercicio de modelación basada en agentes.

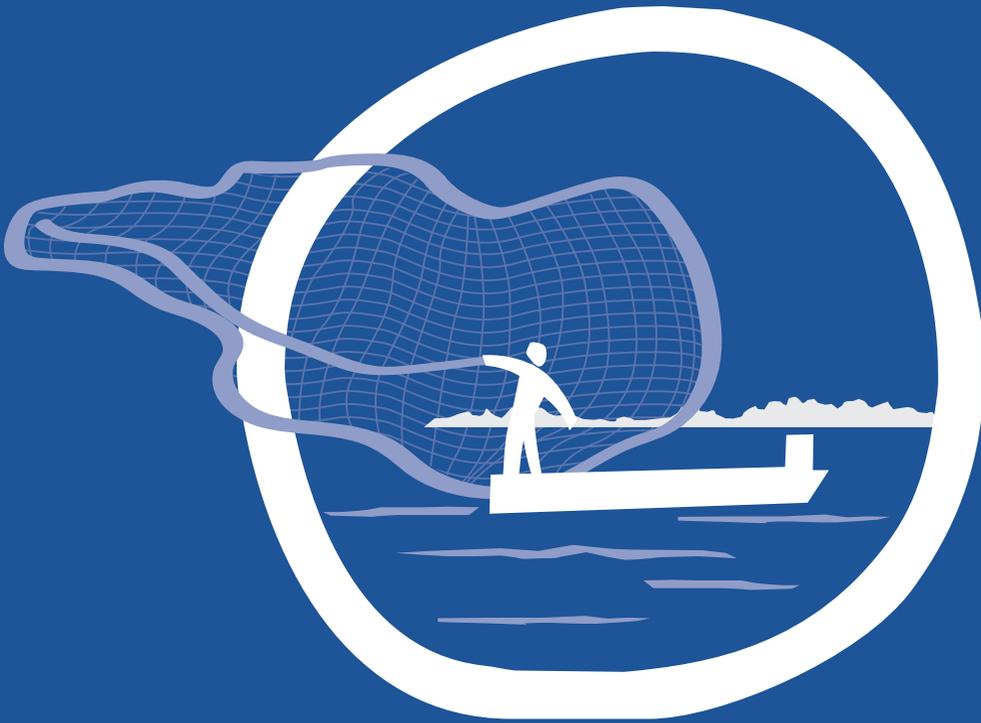
Los resultados del experimento económico muestran que los pescadores participantes no se comportan como individuos homo economicus, tal y como predice la teoría económica clásica, sino que exhiben distintos niveles de cooperación que, aunque no alcanzan el óptimo social, implican extracciones inferiores a la predicha. Así mismo, y coincidiendo con otras investigaciones, se observa que la implementación de un tratamiento de comunicación repetida en el experimento económico redujo de manera significativa la extracción individual promedio de los participantes, en comparación con los que se encontraban en grupos de línea base. Frente a la implementación de un tratamiento de censura social, los resultados muestran que este no tuvo un efecto significativo sobre los niveles de extracción individual promedio.

Respecto al modelo basado en agentes, el principal resultado fue que se logró incluir variables asociadas a los criterios para la toma de decisiones que tienen los pescadores en la EFI respecto a la selección de zonas de pesca en el área, así como las complejidades del recurso. Sin embargo, esto dificultó el análisis de los resultados e implicó la ocurrencia de patrones generales que no son similares a los observados en el experimento económico. En lo que concierne a la sanción económica, esta no tuvo ningún efecto sobre la extracción individual agregada de los agentes.

Economic experiments were used to model small scale ornamental fisheries harvest in the La Estrella Fluvial del Inirida (EFI) in the northern Colombian Amazon where increasing periods of scarcity threaten local livelihoods. This region characterized by indigenous communities' accounts for at least 50% of Colombia's ornamental fish exports. Documenting local fishermen extraction behavior is key to designing a sustainable fisheries management plan for this biodiverse Ramsar -designated ecosystem.

The experimental results demonstrate that participating fishermen did not behave as individuals as predicted by economic theory; rather they harvested ornamental fish exhibiting distinctive levels of cooperation, but less than the social optimum. The treatment of repeated communication significantly reduced the average individual harvesting as compared to baseline groups. The application of social sanctions did not significantly reduce the average individual harvest.

The model included decision-making criteria for selecting harvest areas and the complexity of this fisheries resource which only complicated the analysis since observed patterns were not similar to the experimental results. The threat of economic sanctions did not have any impact on the average individual extraction.



Introducción

Las pesquerías artesanales alrededor del mundo están atravesando una grave crisis debido a la disminución excesiva de los recursos hidrobiológicos y a la consecuente afectación de este fenómeno sobre las comunidades que dependen de ellos alrededor del planeta (Berkes *et al.*, 2006; Pauly *et al.*, 2002; Pinedo & Soria, 2008). Entre las razones de dicha crisis se destacan las fallas en la gobernanza y en el manejo de dichos recursos (Berkes *et al.*, 2001; Gutberlet *et al.*, 2007). Las pesquerías amazónicas no son la excepción; a pesar de su alta productividad presentan períodos de escasez cada vez más frecuentes y prolongados (Castro & McGrath, 2010), situación que se atribuye a las presiones del mercado, a la introducción de nuevas artes de pesca, al crecimiento poblacional y a la destrucción de los ecosistemas acuáticos (Smith, 1985; Pinedo & Soria, 2008).

Independientemente de que esta problemática afecte tanto a pesquerías marinas como de agua dulce, los esfuerzos para su manejo sostenible se han centrado en las primeras (Allan *et al.*, 2005), constituyendo una necesidad y una oportunidad para desarrollar procesos de investigación y políticas que vinculen a la pesca continental artesanal y a los ecosistemas asociados a ella. En este sentido, es importante resaltar que tanto las pesquerías continentales como las marinas son sistemas socio-ecológicos que se sustentan sobre recursos de uso común, los cuales se caracterizan por exhibir costos prohibitivos de exclusión y rivalidad (Ostrom, 1990). En las pesquerías de agua dulce, a estas características se suma la alta complejidad asociada a la variedad de especies y artes de pesca, así como la variabilidad interanual y su contexto socioeconómico (Allan *et al.*, 2005).

Esto es lo que ocurre con varias pesquerías de agua dulce en las que la pesca ornamental constituye una actividad fundamental. Los peces ornamentales son uno de los recursos naturales que mayores ingresos económicos registra en el mundo; para el año 2012, se realizaron exportaciones mundiales por un valor de 142,734,018 millones de dólares (United Nations Commodity Trade Statistics Database, 2010). En este panorama, los países del sur de Asia son los principales abastecedores con un 85% del mercado, mientras que el

15% restante se distribuye en Sudamérica, siendo Brasil, Colombia y Perú los países más destacados (Ajiaco-Martínez *et al.*, 2012).

Aunque en el mundo la mayoría de peces ornamentales proviene de cultivos, en Colombia el 90% es de origen natural y corresponde a una actividad artesanal practicada especialmente por comunidades indígenas (Zúñiga, 2010). Ajiaco-Martínez *et al.* (2012) mencionan que el manejo de esta actividad no es efectivo y señalan que la ausencia de evidencia científica respecto al tamaño y biología de las poblaciones, las deficiencias en el sistema de registro y seguimiento de capturas, la degradación de ecosistemas, la implementación de prácticas deficientes de pesca, transporte y acopio, la debilidad institucional, la ausencia o carencia de programas de control y vigilancia y los bajos niveles de organización de los usuarios directos del recurso son los principales temas que se deben tener en cuenta a la hora de pensar en un manejo sostenible y en un ordenamiento efectivo de esta actividad.

Este es el escenario en el que se encuentra la pesquería de la Estrella Fluvial de Inírida (EFI), ubicada en el norte de la Amazonia colombiana, en el departamento de Guainía, de donde proviene cerca del 50% de los peces ornamentales que exporta Colombia (Ajiaco-Martínez & Ramírez-Gil, 2001). Allí la pesca ornamental es practicada principalmente por pescadores de comunidades indígenas (extractores primarios), quienes se enfrentan a una disminución progresiva de los volúmenes de captura de especies ornamentales, entre cuyas causas se señalan: la sobrepesca y la influencia de factores como la sedimentación asociada a la deforestación y a la minería de oro (con utilización de dragas en los ríos).

Sumado a esto y teniendo en cuenta que los sistemas socio-ecológicos, como la pesquería de la EFI, son altamente complejos e implican acciones de manejo y políticas específicas y dirigidas (Ostrom, 2007), es importante destacar algunos factores claves que caracterizan a la misma. Este sector está tomando cada vez más fuerza debido a la firma de nuevos tratados de libre comercio con países asiáticos (Alta Consejería para las Regiones y la

Participación Ciudadana, 2012), lo que constituye un aumento progresivo de las presiones del mercado. Por otro lado, se debe destacar que al ser la mayoría del territorio de carácter colectivo¹, debido a la presencia de resguardos indígenas, es fundamental el desarrollo de procesos que enfatizan el manejo sostenible y colectivo de los recursos hidrobiológicos en la EFI.

Partiendo de la gran biodiversidad y alta vulnerabilidad de la pesquería de la EFI, se han adelantado distintas medidas en pro de su conservación; habiendo sido clasificada como un área prioritaria de conservación y de uso sostenible en la Orinoquia (Lasso *et al.*, 2010), y en el año 2014 se designó como sitio Ramsar. En el marco de esta segunda iniciativa, desde marzo de 2011 WWF Colombia, la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP) y la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Norte y el Oriente Amazónico (CDA)² han venido adelantando un plan de ordenamiento pesquero con las comunidades de pescadores locales, los comerciantes y las autoridades pesqueras. Con el fin de involucrar directamente a las comunidades en este proceso, se ha venido

¹ *En Colombia los territorios colectivos “se encuentran fundamentados en la Constitución Política y el Convenio 169 de la OIT. El derecho a la propiedad colectiva de la tierra o al territorio colectivo se encuentra dentro del artículo 329, que atribuye el carácter de propiedad colectiva al territorio de los resguardos, además hacen referencia el artículo 58 que ordena proteger todas las formas de propiedad; y el artículo 63, que atribuye a los citados territorios las cualidades de inembargables, inalienables e imprescriptibles” (Corte Constitucional, 2011, p. 1.).*

² *“Las Corporaciones Autónomas Regionales son entes corporativos de carácter público, creados por la Ley, integrados por las entidades territoriales que por sus características constituyen geográficamente un mismo ecosistema o conforman una unidad geopolítica, biogeográfica o hidrogeográfica, dotados de autonomía administrativa y financiera, patrimonio propio y personería jurídica, encargadas por la Ley de administrar dentro del área de jurisdicción, el medio ambiente y los recursos naturales renovables y propender por su desarrollo sostenible, de conformidad con las disposiciones legales y las políticas del Ministerio del Medio Ambiente” (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2013).*

trabajando en la formulación y revisión de acuerdos de pesca sostenible con pescadores de nueve comunidades indígenas de los ríos Atabapo, Guaviare e Inírida.

Dentro del contexto anterior, se hace evidente que entender cómo los pescadores locales toman decisiones acerca del manejo de los recursos hidrobiológicos en la EFI es clave para el proceso de ordenamiento pesquero, ya que este depende en gran medida de las comunidades usuarias de dichos recursos. Surge entonces la necesidad de estudiar el comportamiento de extracción de peces ornamentales de los pescadores en la EFI, así como los cambios en dicho comportamiento con la introducción de distintos arreglos institucionales.

Vista la anterior necesidad, se plantea como objetivo general de este estudio investigar el comportamiento de los pescadores en la Estrella Fluvial de Inírida frente a distintos arreglos institucionales para el manejo de la pesca, que puedan llegar a articularse al plan de ordenamiento pesquero de las comunidades sujeto, a partir de un experimento económico y de un modelo basado en agentes (MBA). El logro del objetivo general se desarrolla en torno a tres objetivos específicos: i) analizar el comportamiento que tienen los pescadores en un experimento económico en el que se simule el uso de distintas instituciones para el manejo de los recursos pesqueros (e.g. cooperación y censura social), ii) simular un escenario de manejo diferente introduciendo una sanción monetaria en un modelo basado en agentes, apoyándose en las normas de reciprocidad de Ostrom (1998), patrones de comportamiento observados durante el experimento e información de campo, y iii) identificar arreglos institucionales que puedan llegar a articularse al plan de ordenamiento pesquero de las comunidades sujeto.

La estrategia metodológica escogida implicó el uso de distintas herramientas con el fin de superar los límites inherentes a cada una de ellas (Poteete *et al.*, 2010) y lograr una aproximación más completa al comportamiento de los pescadores de la EFI. En ese sentido, es importante destacar que a pesar de que en el presente documento se

muestran principalmente los resultados producto del uso de herramientas de la economía experimental, como medio para analizar el efecto de la comunicación y de la censura social sobre la extracción de peces, estos resultados se presentan asociados a la construcción de un modelo basado en agentes como herramienta para indagar acerca de la posibilidad de un escenario simulado, en el que se implementa una sanción monetaria en el escenario del experimento. También se utilizaron metodologías participativas como insumo para el diseño de los experimentos, para la generación y formulación de acuerdos y, finalmente, para la socialización y el enlace de los resultados experimentales con el proceso de acuerdos en las comunidades de pescadores de la EFI; estos componentes se describen aquí de manera somera.

Los experimentos económicos se constituyen como ambientes controlados donde se simulan situaciones de la vida real en las que las personas deben tomar decisiones (Friedman & Sunder, 1994; Smith, 1994, 2010), en diferentes escenarios (Smith, 1976), generalmente asociados con los arreglos institucionales que desean evaluarse. Los resultados de estos experimentos económicos han permitido demostrar distintas hipótesis que son fundamentales para entender las dinámicas de decisión en el manejo de sistemas socio-ecológicos y recursos de uso común. De acuerdo con Cárdenas (2009), el uso de experimentos en campo asociados a temas de desarrollo, medio ambiente y manejo de recursos naturales es bastante extenso. Por ejemplo, Cárdenas, Janssen & Bousquet (2013), mencionan que los experimentos son herramientas útiles en el estudio del comportamiento de los individuos y de los arreglos institucionales en comunidades que manejan y gobiernan recursos de uso común. Por su parte, Sturm & Weimann (2006) hacen una revisión de experimentos económicos enfocados a temas ambientales y reflexionan acerca de sus aportes. Los autores concluyen que ayudan en la evaluación de hipótesis en situaciones de dilemas sociales, así como de arreglos institucionales que lleven a su resolución y en la comprensión de la valoración individual que hacen los usuarios de recursos naturales sobre estos.

De acuerdo con los hallazgos de los experimentos en campo se ha evidenciado que hay muchos factores, biofísicos y sociales, que afectan la percepción de los usuarios de recursos naturales acerca de cómo sobrepasar incentivos perversos para organizarse, establecer límites, determinar reglas, hacer un manejo sostenible de los recursos, entre otros (Ostrom, 2006). La complejidad de la ocurrencia de estos múltiples factores en el sistema socio-ecológico hace que no exista una única solución institucional que lleve a un manejo sostenible de dicho sistema (Cárdenas & Carpenter, 2008; Ostrom, 2006).

Es así como se ha podido demostrar que la cooperación, evaluada a través de la comunicación cara a cara, es un mecanismo efectivo para reducir la extracción (Anderies *et al.*, 2011; Travers *et al.*, 2011; Poteete *et al.*, 2010; Cárdenas 2000; Cárdenas *et al.*, 2004; Gardner *et al.*, 1994; Ostrom *et al.*, 1994), dado que a través de la misma se generan distintos fenómenos que permiten alcanzar acuerdos sobre el manejo del recurso (Cárdenas *et al.*, 2004). Sin embargo, es importante reconocer que en algunos casos la comunicación no lleva a resultados óptimos en términos sociales, sino que se queda en discusiones informales que no implican la generación de acuerdos vinculantes como lo predice la teoría económica. Así mismo, frente a los efectos de incentivos y sanciones sobre la toma de decisiones de las personas, se ha demostrado que las sanciones monetarias formales no implican necesariamente menores niveles de extracción (Vélez *et al.*, 2010; Vélez *et al.*, 2009); no obstante, se advierte que este tipo de instituciones combinadas con la implementación de otras que evidencien el uso de emociones sociales, puede ser un mecanismo más efectivo para generar altos niveles de cooperación y la reducción de la extracción (López *et al.*, 2013). Vélez *et al.* (2010) encontraron que la relación complementaria entre la comunicación y las regulaciones externas funciona para algunas regiones y para algunos reglamentos, pero no puede generalizarse. A este respecto, Espinoza (2011) observó que, específicamente en comunidades indígenas de la Amazonia boliviana, un efecto positivo de este tipo de tratamientos en la disminución de la extracción individual, mientras que Henrich y Smith (2004) reportaron una ineffectividad total.

Por otro lado, revisando los aportes de los experimentos en los procesos que se adelantan en diversas comunidades, distintos autores explican que pueden funcionar como herramientas pedagógicas para generar reflexiones respecto a la importancia de la participación, la comunicación y la discusión de temas relacionados con recursos de uso común (Cárdenas, 2009; Cárdenas & Carpenter, 2005; Cárdenas *et al.*, 2003; López, 2011; Moreno-Sánchez & Maldonado, 2010). Estos autores reportan que en algunas zonas rurales de Colombia, el uso de experimentos económicos junto con metodologías participativas les permite a los participantes establecer una conexión entre lo que ocurre en los experimentos y su vida cotidiana. Incluso Moreno-Sánchez & Maldonado (2010) mencionan que los experimentos pueden ser claves para que los pescadores se percaten del dilema social en el que están inmersos, así como de la importancia de la comunicación en este contexto. En esta misma línea se expone la importancia del trabajo conjunto de experimentalistas con organizaciones, como las de tipo no gubernamentales y entes estatales, para fortalecer y ampliar la relación entre los experimentos y sus aportes a la sociedad (Cárdenas, 2009; Levitt & List, 2007).

Con referencia a los modelos basados en agentes, se trata de modelos de simulación digitales en los que se representa y se describe a los individuos o agentes, así como sus interacciones con el ambiente y entre ellos mismos (Duffy, 2006; Railsback & Grimm, 2011). Ahondando en la complementariedad de este tipo de modelación con experimentos económicos, se destaca su utilidad en la identificación de las condiciones (mecanismos de micronivel) bajo las cuales se da la cooperación (patrones generales) y la evolución de reglas formales (Poteete *et al.*, 2010), así como en la encapsulación de la toma de decisiones por parte de los individuos y que conllevan a dinámicas de aprendizaje y adaptabilidad (Heckbert *et al.*, 2010). Por otro lado, Janssen & Ostrom (2006) explican que los modelos son útiles para investigaciones con comunidades, ya que a través de ellos pueden probarse tratamientos que implican una alta complejidad y larga duración, dificultando su aplicabilidad en campo.

En el caso del proceso de ordenamiento pesquero de la EFI, los experimentos económicos acompañados por metodologías participativas y como parte de un proceso de fortalecimiento de la gobernanza, específicamente con referencia a temas pesqueros, han sido útiles y altamente positivos para el planteamiento y reformulación de acuerdos de pesca sostenible; en tanto que el modelo basado en agentes puede ser visto como una primera aproximación a la posibilidad de implementar una institución como la sanción económica en el contexto local. Además, cabe destacar que el trabajo colaborativo entre las investigadoras, las organizaciones estatales (CDA y AUNAP) y las ONG (WWF Colombia) implicó un proceso de investigación respaldado y avalado que, a su vez, se reflejó en las comunidades locales.

A continuación se presenta una primera sección en la que se hace una breve descripción del área de estudio; se explican luego los métodos utilizados, para continuar con la exposición de los resultados. Finalmente, se desarrollan las conclusiones.



Zona de estudio

La Amazonia colombiana tiene un área de 483.119 km² (SIAT-AC, 2013)³, la cual representa el 41,8% del territorio nacional continental. Cuenta con una población de 960.239 habitantes (Murcia *et al.*, 2006), de los cuales el 9% pertenece a 56 grupos étnicos (Murcia *et al.*, 2003; Gutiérrez *et al.*, 2004). Una de las principales actividades económicas en la región es la pesca; de acuerdo con Agudelo *et al.* (2011), la acuicultura y la pesca artesanal constituyen el 52% del producto económico regional.

La mayoría de las pesquerías en la Amazonia se encuentran ubicadas en ecosistemas de planicie de inundación, que se caracterizan por ser áreas periódicamente anegadas por los ríos, lagos o inclusive por los altos niveles de precipitación (Junk & Bayley, 1989), lo que hace que las especies acuáticas dependan tanto de los ecosistemas acuáticos como de los terrestres (Goulding, 1980). Este es el caso de la Estrella Fluvial de Inírida, en donde se encuentran ecosistemas de ríos y arroyos de aguas negras (igarapés), claras y blancas, así como sus respectivas planicies de inundación (WWF Colombia, 2010).

³ Se reconoce que existen diversas aproximaciones respecto al área de la Amazonia colombiana; sin embargo, se considera que la fuente más apropiada corresponde a los registros oficiales del “Sistema de Información Ambiental Territorial de la Amazonia colombiana”, iniciativa que reúne a distintos actores del Estado que buscan la consolidación de información clave para el territorio amazónico.

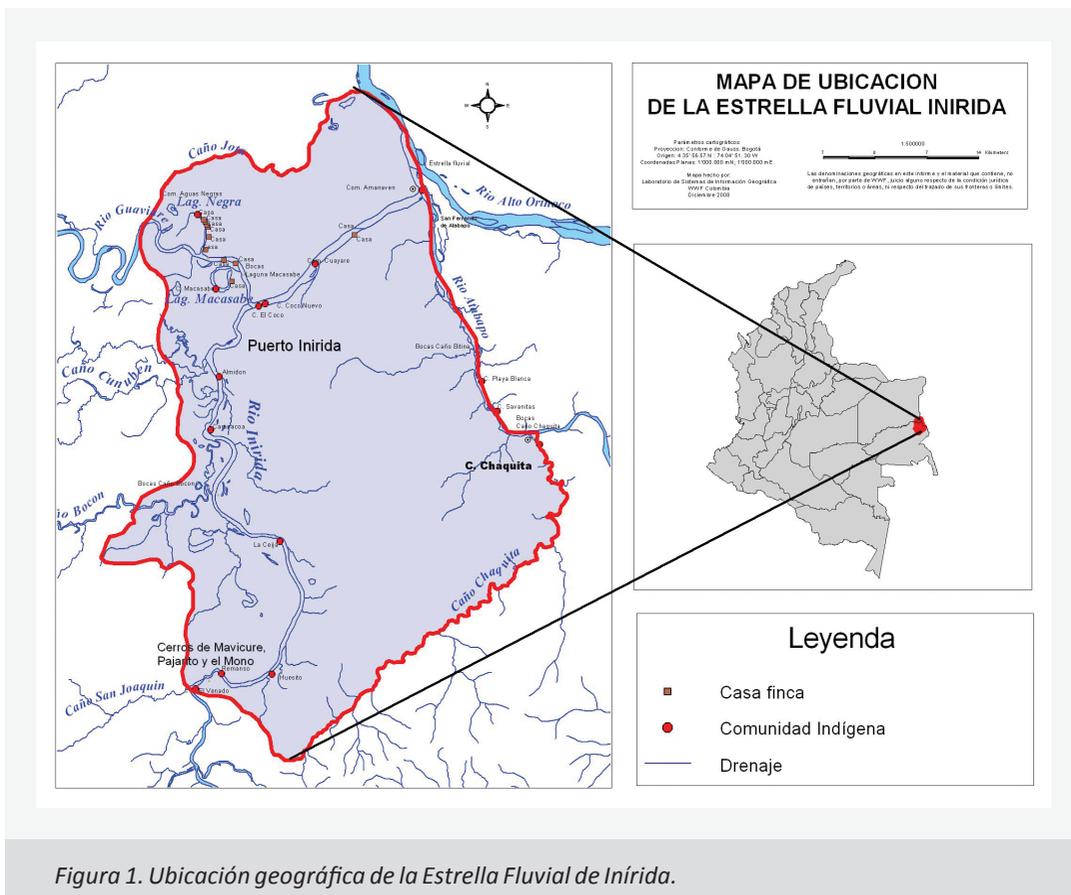


Figura 1. Ubicación geográfica de la Estrella Fluvial de Inírida.

Fuente: WWF Colombia.

La Estrella Fluvial de Inírida se encuentra ubicada localiza en la zona transicional Orinoco-Amazonas, entre Colombia y Venezuela, en donde convergen el escudo guayanés, la Orinoquía y la Amazonia (WWF Colombia, 2009), (ver Figura 1). Pertenece a la cuenca del Orinoco y está categorizada como parte de la Ecorregión Sabanas de la Amazonia - Brasil, Colombia y Venezuela (Dinerstein *et al.*, 1995). Tiene un área aproximada de 283.000 hectáreas, mantiene altos niveles de endemismos y diversidad (Whitmore & Prance, 1987) y posee una importante relevancia económica en el comercio de peces ornamentales en Colombia (Ajiaco-Martínez & Ramirez-Gil, 2001).

Además de la pesca ornamental, se desarrollan otras actividades como la caza, la agricultura, la pesca de subsistencia, la extracción de oro (en algunas comunidades) y el procesamiento de fibras vegetales. Con respecto a la actividad pesquera y desde un punto de vista económico particularmente, se reconocen 335 especies de peces ornamentales (71%) y 132 especies de peces utilizadas con fines alimenticios (28%) (Lasso *et al.*, 2011; Lasso *et al.*, 2010). En estos estudios se hace referencia al tetra cardenal (*Paracheirodon axelrodi*), especie de bajo valor comercial pero de la cual se extraen grandes volúmenes. Aproximadamente el 40% de los peces ornamentales exportados desde Colombia corresponde a la misma (Mancera-Rodríguez & Álvarez-León, 2008), de la cual, específicamente en el Inírida, se capturaron seis millones de unidades en el año 2012 (IICA, 2012).

En la EFI se encuentran asentadas cerca de veinte comunidades indígenas a lo largo de los ríos Guaviare, Inírida, Atabapo y Orinoco. Aunque el proceso de ordenamiento pesquero se ha adelantado con nueve de ellas, el presente estudio se desarrolló únicamente con pescadores de seis comunidades (Barranco Tigre, Yuri, Santa Rosa, La Ceiba, Caranacoa y Laguna Morocoto), debido en gran medida a dificultades en la logística del proceso de convocatoria para los casos de la comunidad de Chaquita en el río Atabapo y de la comunidad de Coco Viejo en el río Inírida. Respecto a la comunidad de Laguna Negra en el río Guaviare, es importante destacar que aunque se incluyó en todo el proceso, el experimento aplicado fue modificado debido a que sobre este río no se pescan especies de peces ornamentales.

Como se puede observar en la Tabla 1, estas comunidades se encuentran ubicadas sobre el margen del río Inírida o de uno de sus afluentes. Su población indígena pertenece en su gran mayoría a la etnia Puinave. La comunidad con mayor número de familias es Yuri con 83, mientras que Santa Rosa es la más pequeña con 12. Para el análisis y el procesamiento de resultados en la presente ubicación, estas comunidades se reagruparon de acuerdo a su ubicación geográfica de la siguiente manera: i) Zona 1: Barranco Tigre, Yuri y Santa Rosa, ii) Zona 2: La Ceiba y Caranacoa, y iii) Zona 3: Laguna Morocoto.

Tabla 1. Características generales de las seis comunidades vinculadas al estudio

Característica / Comunidad	Zona 1			Zona 2		Zona 3
	Barranco Tigre	Yurí	Santa Rosa	La Ceiba	Caranacoa	Laguna Morocoto
Río sobre el que se localiza	Caño Bocón (afluente río Inírida)	Caño Bocón (río Inírida)	Caño Bocón (río Inírida)	Río Inírida	Río Inírida	Caño Cunuben (río Inírida)
Número de familias	28	83	12	28	66	23
Número aproximado de pescadores	28	180	40	28	62	55
Etnia	Puinave	Puinave y Curripaco	Puinave y Curripaco	Puinave, Curripaco, Tucano y Guanano	Puinave, Curripaco y Sikuaní	Puinave y Curripaco
Resguardo	Bachaco, Buena Vista y Barranco Tigre	Caranacoa, Yurí y Laguna Morocoto	Caranacoa, Yurí y Laguna Morocoto	Almidón, La Ceiba	Caranacoa, Yurí y Laguna Morocoto	Caranacoa, Yurí y Laguna Morocoto

Fuente: Elaboración de las autoras.

En la Figura 2 se observa que la zona 1 está ubicada en Caño Bocón (afluente del río Inírida), mientras que la zona 2 está en el margen del río Inírida; estas dos primeras zonas son de mayor acceso tanto en época de invierno como seca, a pesar de que el cauce del río disminuye aproximadamente 10 metros. Caño Bocón tiene cerca de 15 metros de ancho en época seca y 30 metros de ancho en época de lluvias, lo que hace que su acceso sea más fácil, a diferencia de la zona 3, ubicada sobre el Caño Cunuben (afluente del río Inírida), cuyo acceso vía fluvial en época seca se restringe totalmente impidiendo la entrada a la comunidad.

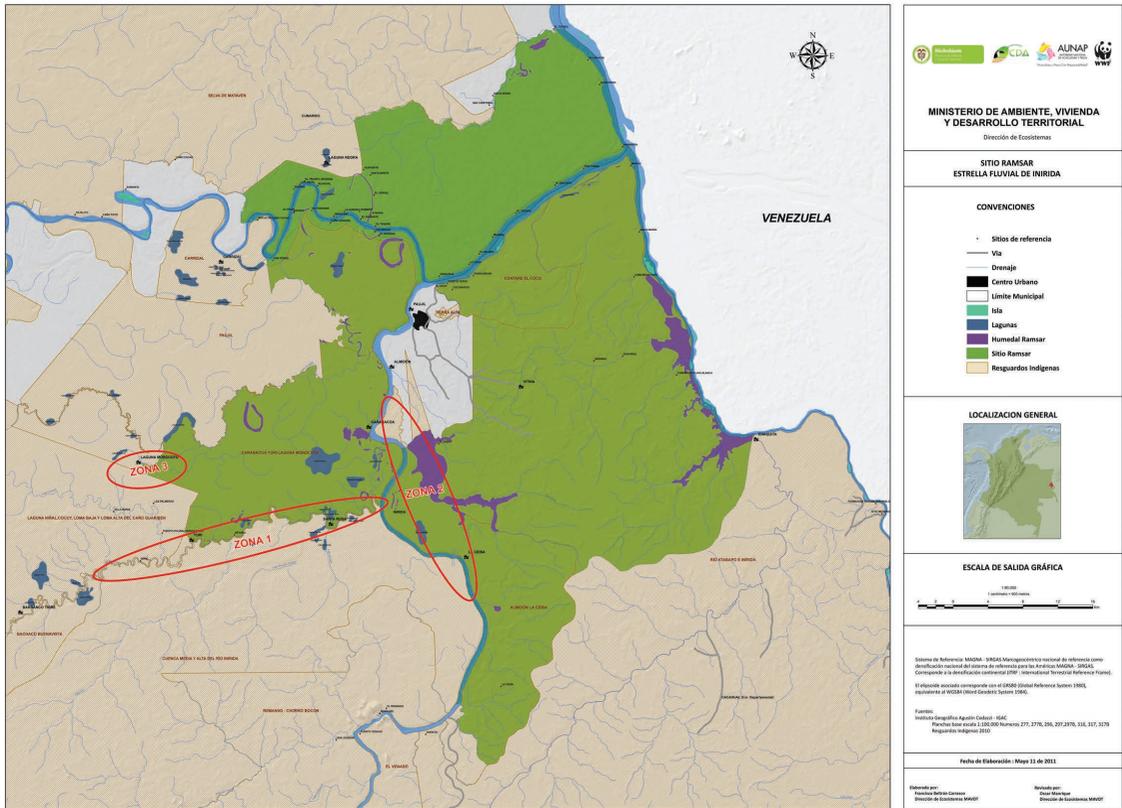


Figura 2. Agrupación de las comunidades de acuerdo a su ubicación geográfica.

Fuente: WWF Colombia.

En cuanto a la organización comunitaria al interior de los territorios indígenas, la autoridad local está a cargo de los denominados capitanes, quienes se encargan del manejo de los temas territoriales en la comunidad y en muchos casos son líderes religiosos -desde los procesos de evangelización en el siglo pasado- (WWF Colombia, 2010). Por otro lado, los

resguardos están a la cabeza de un cabildo gobernador que en conjunto con otros cabildos pueden llegar a conformar una Asociación de Autoridades Indígenas Tradicionales (AATI) (poseedora de un carácter de Entidad Autónoma Territorial) (WWF Colombia, 2010). Entre las instituciones de gobierno que hacen presencia en la zona y que tienen potestad sobre los recursos naturales y el medio ambiente se encuentran la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Norte y el Oriente Amazónico como autoridad ambiental, y la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca como autoridad pesquera.

Dada la importancia de la EFI, tanto por su valor ecosistémico y de biodiversidad como por su relevancia económica, se ha procurado su conservación mediante figuras de protección de humedales desde el 2004 (Londoño-Calle, 2012). Después de varios años de esfuerzos y de llevar a cabo los procedimientos requeridos para solicitar la aprobación de la EFI como sitio Ramsar, el 8 de julio de 2014 el Presidente de la República Juan Manuel Santos firmó el Decreto 1275, por el cual se incluye al complejo de humedales de la Estrella Fluvial Inírida en la lista de humedales de importancia internacional, en cumplimiento con lo dispuesto en la Ley 357 de 1997. De esta forma, la EFI se convierte en el sexto sitio Ramsar de Colombia y el primero en la zona transicional Orinoco-Amazonas de Sudamérica.



Metodología

A continuación describimos los métodos utilizados para el logro de los objetivos. Esta sección se inicia con una breve descripción del modelo teórico que sustenta los juegos experimentales, continúa con la explicación del diseño experimental aplicado, y termina con la presentación formal del modelo empírico, incluyendo el modelo basado en agentes, que permite efectuar el análisis de los datos obtenidos durante el experimento.

MODELO TEÓRICO

El experimento económico realizado en la Estrella Fluvial de Inírida se clasifica, según Harrison & List (2004), como un experimento de campo enmarcado; de acuerdo con estos autores, este tipo de diseño se caracteriza por la inclusión del contexto de los jugadores y de su ambiente. El ejercicio está basado en el planteado por Travers *et al.* (2011), el cual refleja el dilema de los recursos de uso común, donde los beneficios del individuo j (π_j) se incrementan a medida que lo hace el esfuerzo que dedica a la extracción del recurso (X_j), pero así mismo se reducen a medida que el esfuerzo de extracción de todos los individuos con acceso al recurso (esfuerzo colectivo de extracción, el cual es igual a 5) aumenta ($\sum_{i=1}^n X_i$). Para este caso en particular, y de acuerdo a la zona de estudio, hablamos de pescadores extrayendo una especie de peces ornamentales, más específicamente bolsas de cardenales (*Paracheirodon axelrodi*), en una zona de pesca comunitaria.

Dentro de este contexto, los beneficios del individuo j están determinados por la ecuación (1), en donde se asume que una unidad de esfuerzo refleja una unidad de extracción.

$$\pi_j = \alpha X_j + \beta \left[S - \sum_{i=1}^n X_i \right] \quad (1)$$

Donde π_j representa los beneficios económicos que obtiene el individuo en cada ronda y que equivalen a la suma de dos componentes. El primero, (αX_j) , representa las ganancias que obtiene el individuo por extraer el recurso, mientras que el segundo, $(\beta[S - \sum_{i=1}^n X_i])$, representa las ganancias que obtiene el individuo por cada una de las unidades sin extraer, es decir las dejadas en la zona de pesca. A continuación se explica detalladamente cada uno de estos componentes.

En el primer componente de la ecuación (1), el parámetro puede ser entendido como el beneficio marginal del recurso y es el que acompaña a la variable esfuerzo de pesca o extracción del individuo j (X_j). Para este experimento se definió que el valor debía ser igual a \$120 COP y que la extracción del individuo j en cada ronda podría oscilar entre una y siete unidades ($X_j \in [1, 7]$). Por otro lado, en el segundo componente, el parámetro β es el que le otorga el valor marginal al recurso no extraído (el valor de las unidades de recurso dejadas en la zona de pesca para la extracción futura), multiplicado por el número de peces que quedan en la zona de pesca después de la extracción de cada uno de los individuos ($\sum_{i=1}^n X_i$). Por tanto, la expresión $S - \sum_{i=1}^n X_i$ refleja la extracción total del grupo de n individuos. Para este caso se definió que el valor de β debía ser igual a \$30 COP y que el tamaño inicial de la población de peces S debía ser igual a 35. Cabe aclarar que la elección de los valores de los parámetros se definió buscando, por un lado, que se reflejara la divergencia entre los intereses privados y los intereses sociales propia de los recursos de uso común; y, por otro, que las ganancias totales promedio de los participantes al final del experimento oscilaran entre \$12.000 COP (\$6 USD) y \$15.000 COP (\$8 USD). El rango de las ganancias se estimó teniendo en cuenta que en la zona no es frecuente vender mano de obra —y por tanto no hay tarifas de trabajo diarias— y que los ingresos de las familias están usualmente alrededor de \$200.000 COP (\$104 USD) mensuales, lo que equivale a aproximadamente \$10.000 COP (\$5 USD) diarios.

Como se mencionó anteriormente, el experimento busca retratar el dilema de los recursos de uso común. Es así como en la función descrita por la ecuación (1), β y $S > 0$; $(\alpha - \beta n) < 0$,

garantizándose de esta forma que se represente dicho dilema; más específicamente, que el óptimo social ($\sum_{i=1}^n X_i=5$) coincida con la extracción individual mínima posible (uno) y, que en el caso de que la extracción individual de todos los participantes en un grupo coincida con el óptimo privado ($X_j=7$), la extracción colectiva ($\sum_{i=1}^n X_i=35$) no sea superior al tamaño de la población de peces ($S \geq \sum_{i=1}^n X_i$)⁴.

DISEÑO EXPERIMENTAL

Se realizaron experimentos con 165 pescadores de tres zonas⁵ en la EFI. Se desarrollaron 10 sesiones, con una duración de cuatro horas en promedio, en las cuales participaron entre 10 y 20 personas distribuidas en grupos de cinco; en la Fotografía 1 se observa una de las sesiones realizadas. Durante la convocatoria se invitó a una persona por hogar; sin embargo, en ciertos casos no participó ningún representante de algunos hogares y, en otros, participó más de una persona por hogar; cuando esto ocurrió los miembros del mismo hogar fueron asignados a diferentes grupos. La Tabla 2 presenta la muestra de jugadores en cada una de las zonas de estudio.

⁴ Cárdenas (2004) explica que cuando se realizan experimentos en campo es recomendable no incluir la opción cero para la extracción, ya que esto puede generar conflictos con los participantes, sobre todo en casos en donde se busca el manejo sostenible de un RUC. El modelo teórico arroja como óptimo social cero unidades de extracción; sin embargo, se ajustó a uno porque los experimentos de esta investigación estaban asociados a un proceso de acuerdos de pesca y no era pertinente incluir esta opción, por lo que el óptimo social de extracción se fijó en una unidad por individuo.

⁵ Estas zonas se refieren a la agrupación que se realizó para el análisis de resultados, descrita en la sección anterior.



Fotografía 1. Lectura de instrucciones en una sesión de experimentos económicos.

Fuente: Fotografía de Marcela Franco Jaramillo.

Al inicio de cada sesión un monitor, la misma persona en todas las sesiones, realizó la presentación del equipo de investigación y la lectura de las instrucciones. La explicación del juego se facilitó con ayudas audiovisuales en formato ampliado, diseñadas especialmente para el experimento. Al finalizar el ejercicio se llevó a cabo una encuesta estructurada⁶ a todos los participantes, con el fin de indagar sobre características socioeconómicas, de percepción del recurso y capital social. Adicionalmente, se debe resaltar que el equipo de investigación contó con el apoyo de dos traductores indígenas en caso de que fuera necesario durante la explicación y desarrollo del experimento.

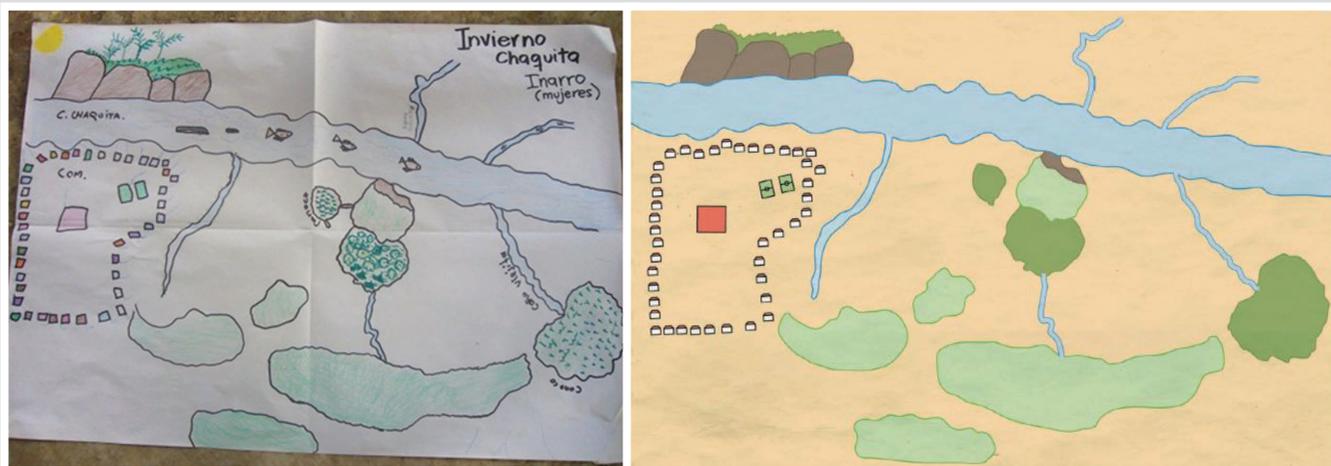
Tabla 2. Muestra por zona

Característica	Zona			Total
	1	2	3	
Número de familias	123	94	23	240
Número de participantes	75	70	20	165

Fuente: Elaboración de las autoras.

⁶ Encuesta disponible enviando solicitud a las autoras vía correo electrónico.

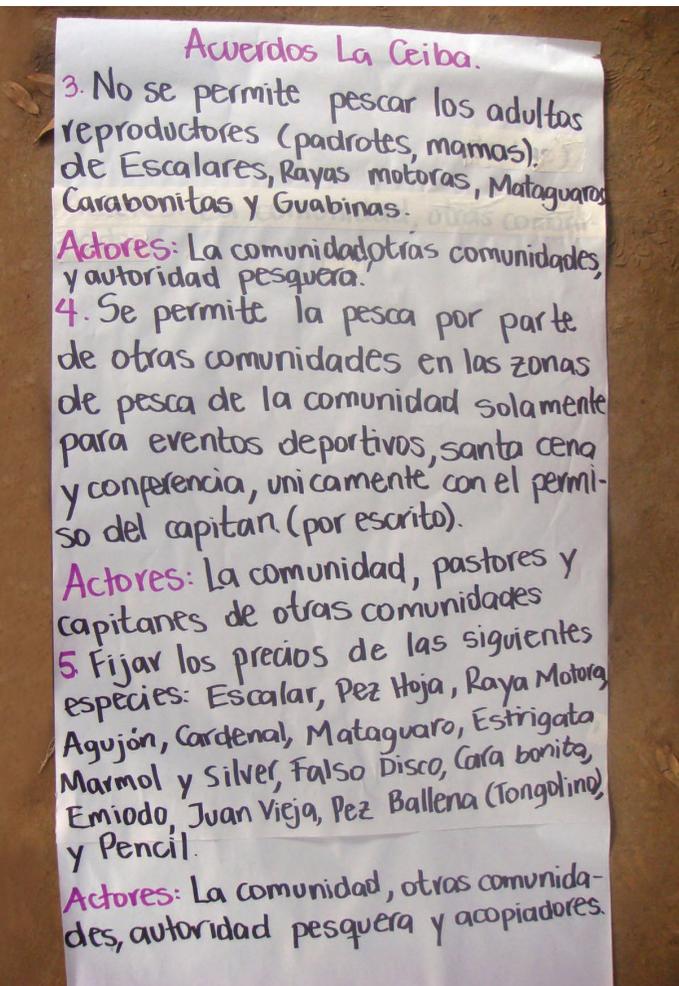
En la Tabla 3 se observan las características socioeconómicas de los participantes en los experimentos económicos, distribuidos por zonas. En todos los casos fueron en su mayoría hombres, coincidiendo con los testimonios de líderes de la zona, quienes mencionaron que la pesca es una actividad principalmente masculina.



Fotografía 2. Mapa de las zonas de pesca y de la comunidad de Chaquita en época de invierno. Producto del ejercicio participativo de mapas comunitarios. Al costado izquierdo se encuentra el mapa realizado por la comunidad, a la derecha el mismo mapa en representación digital.

Fuente: Fotografía de Marcela Franco Jaramillo. Imagen digital de Andrés Mauricio Brigantti.

Antes de aplicar los experimentos se visitó el área de estudio, donde se realizó un taller participativo con los líderes de las distintas zonas. En esta fase inicial se indagó acerca de la actividad pesquera y del comportamiento general de los recursos hidrobiológicos disponibles (ver Fotografía 2). Partiendo de esta información se ajustó el diseño del experimento y se eligió como instituciones: la comunicación, por sus implicaciones en el proceso de acuerdos; y la censura social, debido a que la posibilidad de una censura



Fotografía 3. Ejemplo de algunos de los acuerdos planteados en una de las comunidades.

Fuente: Fotografía de Marcela Franco Jaramillo.

monetaria no es viable en el contexto del área. Adicionalmente, se trabajó en el planteamiento y/o reformulación de acuerdos de pesca sostenible en cada una de las comunidades visitadas (ver Fotografía 3).

Tras dicha visita se pudo verificar que la mayoría de los pescadores en estas comunidades se dedica principalmente a la pesca ornamental como actividad comercial, por lo que se definió que la especie protagonista del experimento fuera de tipo ornamental. Ya hemos mencionado que se eligió la especie *Paracheirodon axelrodi*, comúnmente conocida en la zona como cardenal, para que fuera el referente de la extracción en el experimento. Adicionalmente se determinó que en lugar de hablar de individuos se debía hablar de bolsas de cardenales, por ser la forma de comercialización de esta especie en la zona.

Tabla 3. Características socioeconómicas de los participantes en los experimentos, diferenciados por zonas (entre paréntesis: desviación estándar)

Característica/ Comunidad		Zona 1 (Barranco Tigre, Yurí y Santa Rosa)	Zona 2 (La Ceiba y Caranacoa)	Zona 3 (Laguna Morocoto)	Total
Género (% hombres)		76%	68.20%	97%	71.96%
Edad (años)		32.96 (11.069)	32.81 (13.191)	35.45 (15.038)	33.2 (12.466)
Estado civil	Soltero	24%	25.71%	25%	24.85%
	Casado/Unión libre	76%	72.86%	75%	74.55%
	Viudo	0%	1.43%	0%	0.61%
Educación (número de años de educación formal)		6.24 (2.415)	6.23 (2.793)	5.3 (2.179)	6.121 (2.561)
Etnia	Puinave	85.33%	90%	65%	84.85%
	Curripaco	0%	7.14%	20%	5.45%
	Otras etnias	14.67%	2.86%	15%	9.70%
Número de personas que conforman el hogar		4.44 (1.94)	5.11 (1.87)	4.4 (2.062)	4.72 (1.943)
Número de personas del hogar que se dedican a la pesca		1.8 (0.979)	2.17 (1.154)	2.15 (1.089)	2.00 (1.08)
Principal actividad económica a la que se dedican los participantes	Pesca ornamental	84%	78.57%	35%	75.76%
	Pesca de consumo	5.33%	10%	15%	8.48%
	Otras	10.66%	7.14%	50%	13.95%

Característica/ Comunidad		Zona 1 (Barranco Tigre, Yuri y Santa Rosa)	Zona 2 (La Ceiba y Caranacoa)	Zona 3 (Laguna Morocoto)	Total
Segunda actividad económica a la que se dedican los participantes	Pesca ornamental	10.67%	14.29%	30%	14.55%
	Pesca de consumo	37.33%	58.57%	60%	49.09%
	Cultivo en conucos ⁷	46.67%	14.29%	10%	28.48%
	Otras	5.33%	8.58%	0%	6.07%
Gastos mensuales del hogar en miles de pesos (\$COP)		278.01 (230.158)	269.06 (256.029)	160.5 (75.813)	259.97 (231.384)
Gastos mensuales del hogar en dólares (\$USD)		142.56	137.97	82.30	133.31
Ingresos mensuales del hogar en miles de pesos (\$COP)		212.53 (186.977)	244.70 (242.109)	155.45 (76.335)	219.26 (204.708)
Ingresos mensuales del hogar en dólares (\$USD)		108.98	125.48	79.71	112.44
N		75	70	20	165

Fuente: Elaboración de las autoras.

En el experimento, cada grupo de cinco personas se beneficia de una zona de pesca comunal, con una población total de 35 bolsas de cardenales (Fotografía 4); en cada ronda del juego, cada participante decide individualmente el número de bolsas de

⁷ Los cultivos en conucos, también llamados chagras en otras regiones de la Amazonia, son la forma tradicional de agricultura en esta región, que por lo general se asocia al proceso de tala y quema. De acuerdo con Rodríguez (2010, p. 11), “responde a una sofisticada interacción con el bosque húmedo tropical, con su estructura, funcionamiento y dinámicas”.



Fotografía 4. Ejemplo de material gráfico utilizado y con el que se acompañó la lectura de instrucciones. En este caso se observa el lago de pesca con bolsas de cardenales, que se podían mover.

Fuente: Fotografía de Marcela Franco Jaramillo.

cardenales que desea extraer de esa zona, decisión que se restringe a entre una y siete bolsas ($X_i \in [1, 7]$), sabiendo que por cada bolsa extraída obtiene ganancias individuales ($\alpha = \text{COP\$}120$), y que por cada bolsa que queda en la zona de pesca obtiene ganancias adicionales ($\beta = \text{COP\$}30$). En otras palabras, cada bolsa que se captura implica beneficios individuales y cada bolsa que queda disponible en la zona de pesca implica beneficios para todos los participantes del grupo. A pesar de que las decisiones individuales afectan los beneficios grupales, los participantes no tienen permitido hablar o comunicarse entre sí a menos que se indique lo contrario.

El ejercicio tiene una duración total de 16 rondas, divididas en dos fases de ocho rondas. Durante la explicación se realizaron tres rondas de ejemplos, en las cuales un monitor llenaba los distintos formatos de explicación gráfica con la participación de todo el grupo, para garantizar la comprensión del experimento (aunque no se diligenciaban formatos individuales), y una ronda de práctica en donde cada participante era libre de tomar la decisión de extracción. En la primera fase, rondas de la 1 a la 8, todos los grupos participan con las reglas descritas anteriormente; vale decir, la línea base. En la segunda fase, rondas de la 9 a la 16, se plantean tres posibles opciones: la primera es continuar con la línea base, la segunda se denomina tratamiento de comunicación y la tercera tratamiento de censura social. En la Tabla 4 se presenta el número de personas y de grupos que participaron en cada uno de los tratamientos.

Tabla 4. Número de personas y de grupos que participaron en cada uno de los tratamientos

Tratamiento	Línea base	Comunicación	Censura social	Total
Número de personas	50	60	55	165
Número de grupos	10	12	11	33

Fuente: *Elaboración de las autoras.*

En el tratamiento de comunicación⁸ los participantes tienen permitido hablar entre ellos durante tres minutos antes de la primera ronda y durante un minuto en las rondas siguientes. En este lapso de tiempo son libres de tratar el tema que deseen, pero no pueden hacer amenazas o promesas relacionadas con las transferencias de puntos o dinero. Para llevar a cabo la comunicación deben dirigirse a un lugar específico sin sus formatos de toma de decisión u hojas de cuentas, para posteriormente regresar a sus puestos y tomar la decisión de extracción para esa ronda.

El tratamiento de censura social⁹ consiste en que al final de cada ronda el monitor revela los valores de extracción de cada uno de los jugadores; sin embargo, esta revelación es anónima. Durante el juego no se mencionan los nombres o números de los jugadores, sino

⁸ *Teniendo en cuenta la fase de campo preliminar y las evidencias de experimentos de campo en la literatura, se partió de la hipótesis de que la comunicación es una institución efectiva para el manejo de la pesquería en la EFI, dado que la investigación se enmarcaba en un proceso de acuerdos de pesca.*

⁹ *Considerando que en la fase de campo preliminar se identificó que las comunidades estaban conformadas por pocas familias y que el cumplimiento de los acuerdos depende en gran medida de la vigilancia comunal, se definió que esta podía ser una institución útil en el contexto de la EFI.*

que se exhibe cada valor asociado a una letra (no deben tener ninguna asociación u orden particular), que será la misma durante todo el ejercicio. Posteriormente, cada jugador puede enviar máximo una cara triste como señal de desacuerdo con esa extracción; para realizar este procedimiento, la persona que envía la cara triste debe pagar una tarifa (\$100 COP), mientras que el jugador que la recibe no afronta ningún tipo de disminución en sus ganancias. Una persona puede recibir hasta cuatro caras tristes en una ronda y enterarse de que todo su grupo está en desacuerdo con su extracción, o puede no recibir ninguna cara triste. Para garantizar la confidencialidad de la recepción, a cada participante se le hace entrega de un papel doblado, independientemente de que haya recibido cara o no. Una vez realizado el paso de envío y recepción de la cara triste, los jugadores toman de nuevo sus decisiones de extracción, de manera anónima y confidencial.

Teniendo en cuenta lo anterior, y que el envío de una cara triste equivale al pago de \$100 COP, la ecuación (1) se ve modificada como se muestra en la ecuación 2.

$$\pi_j = \alpha X_j + \beta \left[S - \sum_{i=1}^n X_i \right] - t \delta(X_{i \neq j}) \quad (2)$$

Donde t es el costo de enviar la cara y $\delta(X_{i \neq j})$ puede tomar el valor de 1 si el jugador j decide enviar la cara, o de cero si decide no enviarla, dependiendo del nivel de extracción de los otros jugadores.

Con el anterior tratamiento se busca representar emociones sociales, activando el mecanismo de la culpa. De acuerdo con López *et al.* (2012), la culpa se refiere a una penalidad interna de los individuos cuando hay un comportamiento no cooperativo y no implica que otros sepan de dicho comportamiento. En este contexto, al haber anonimato a la hora de publicar las extracciones y al garantizar que ningún participante pueda saber si los demás han recibido caras tristes o no, se reflejan los juicios morales que hace el individuo, mas no su afectación por la posición de los demás respecto de su extracción (vergüenza).

MODELO EMPÍRICO

El estudio del comportamiento de extracción requiere realizar un análisis de tipo multivariado, que permite atribuir a los tratamientos de interés las decisiones de extracción de los participantes, controlando por la acción de otras variables. Para llevar a cabo este análisis desarrollamos un modelo econométrico de tipo panel data; es decir, un modelo que permite explicar el comportamiento de extracción de los participantes en los experimentos utilizando la información individual en cada ronda del juego, en función de dos tipos de características: i) sociodemográficas y ii) de capital social, que se indagaron a partir de la aplicación de una encuesta estructurada.

En el modelo empírico propuesto, la variable dependiente es la extracción de cada individuo en cada ronda ($X_{j,t} \in [1, 7]$); las variables independientes intentan capturar las diferentes características mencionadas arriba, como se presenta en la ecuación (3).

$$X_{j,t} = f(R_j, Z_j^{sd}, Z_j^{cs}) \quad (3)$$

Donde R constituye el tratamiento o regla asignada al jugador, j , Z_j^{sd} es un vector de variables sociodemográficas del individuo j , y Z_j^{cs} es el vector que reúne las variables asociadas al capital social del individuo j .

MODELO BASADO EN AGENTES, APLICACIÓN PARA EL CASO DE PESCA ORNAMENTAL EN LA EFI

El modelo basado en agentes (MBA) consiste en una simulación, que para el presente estudio busca representar el experimento económico del cardenal realizado en la EFI, pero incluyendo ahora una sanción económica formal (Ver Apéndice: Protocolo del Modelo

basado en agentes del experimento económico del cardenal). Distinto al experimento, el MBA es espacialmente explícito; el mundo simulado en el que se encuentran los agentes (pescadores simulados con una racionalidad limitada) se representa por un área de 20 por 20 celdas¹⁰ y una forma cuadrada, tiene una comunidad (ubicada en la esquina superior derecha del cuadrado) y seis zonas de pesca, que varían en tamaño y cercanía a la comunidad, a las que se desplazan los agentes para pescar en cada ronda.

En el MBA, en cada ronda, los agentes se encuentran ubicados en la comunidad y deben decidir a cuál de las zonas desplazarse y cuánto pescar, para posteriormente retornar a la comunidad (cuando termina la ronda). De acuerdo con las fases de campo previas y posteriores a los experimentos económicos, en las que se indagó acerca de los supuestos que tienen los pescadores en la EFI sobre las distintas zonas de pesca en su territorio y sobre cómo deciden a qué zona ir a pescar¹¹, se identificó que lo hacen de acuerdo con la cercanía o lejanía de esta a la comunidad y la cantidad disponible de combustible. Por este motivo, se determinó que, para el MBA, los agentes deciden a dónde movilizarse y se diferencian en parte de acuerdo a estas condiciones. Por un lado, para representar la limitación por la disponibilidad de combustible los agentes tienen mayores o menores rangos de visión (la distribución de estos rangos se determinó aleatoriamente), lo que implica que hay algunos que pueden observar todas las zonas de pesca, mientras que otros solamente ven las más cercanas. Por otro lado, para representar los criterios de toma de decisión asociados a la priorización de áreas de pesca, de acuerdo a los anteriores supuestos, hay algunos agentes que definen como prioritarias las zonas más grandes y lejanas, mientras que otros priorizan las zonas más cercanas; es decir que los agentes deciden en función de estas dos condiciones y hacen una combinación de ambas para definir zonas prioritarias de movimiento.

¹⁰ Esta área no coincide con ninguna zona en la vida real y tampoco está diseñada para una escala específica.

¹¹ Esta información se obtuvo en una encuesta semiestructurada en la fase de campo posterior a los experimentos.

Las ganancias que obtienen los agentes por su pesca se expresan en términos de energía vital. Esta energía se mide en unidades adimensionales y es la que hace posible que se movilicen a una zona u otra. Todos tienen una energía inicial (al comienzo de la simulación) con un valor parejo, que se definió en 100 unidades para evitar que influyera en la elección de la zona de pesca. Este valor se ve modificado de acuerdo con la función de pagos del experimento descrita en la ecuación (1). Es decir, los agentes obtienen 120 unidades de energía por cada pez que capturan y 30 unidades de energía por cada pez que queda disponible en el mundo simulado.

Como se explicó anteriormente, los agentes deben decidir cuántas unidades pescar, lo que depende del atributo de personalidad asociado a la extracción, no de las características de visión del agente. El rasgo de personalidad extractiva se define a partir de las normas de reciprocidad descritas por Ostrom (1998). Las primeras dos personalidades corresponden a la sexta –un individuo que coopera siempre– y a la cuarta norma –un individuo que nunca coopera–, mientras que las segundas dos personalidades corresponden a la tercera –individuos que cuando todos cooperan, deciden cooperar y dejan de cooperar si los demás no son recíprocos–, y la quinta norma –individuos que cooperan desde el inicio, pero cesan de hacerlo si otros no cooperan o si pueden ser oportunistas–.

Para definir qué tipo de agentes se debe incluir en las simulaciones, se hizo un análisis de las frecuencias de la toma de decisiones de extracción de cada uno de los individuos que participaron en los grupos de línea base en el experimento económico (50 participantes, 10 grupos), y se comparó esta información con la extracción promedio de los otros participantes en sus respectivos grupos, para cada una de las rondas. De esta manera se determinó la proporción de jugadores de cada tipo en el total de participantes en la línea base y para cada uno de los grupos (cinco participantes), con el fin de replicar tanto el número de sesiones realizadas con la distribución general, como la situación observada para cada uno de los grupos (esto implicó que cada grupo tuviera una distribución diferente de personalidades extractivas).

De acuerdo con la fase de campo inicial, se determinó que en la zona hay multas vigentes para las temporadas de veda, como el decomiso de los peces, que no se aplican en la mayoría de los casos y que solo se dan en el puerto; adicionalmente, los pescadores de la EFI mencionaron en la socialización de los experimentos que una forma de regular la extracción de los recursos naturales es a través de multas. Con el fin de reflejar esta necesidad, se definió en el MBA un mecanismo de multa con una probabilidad de aplicación, que es ejercido por los mismos agentes y que implica la pérdida de ganancias. Este mecanismo funciona de acuerdo con la ecuación 3, en donde p es igual a la probabilidad de ser inspeccionado y T el valor de la multa por cada unidad adicional que extraiga el agente por encima del óptimo social de una unidad.

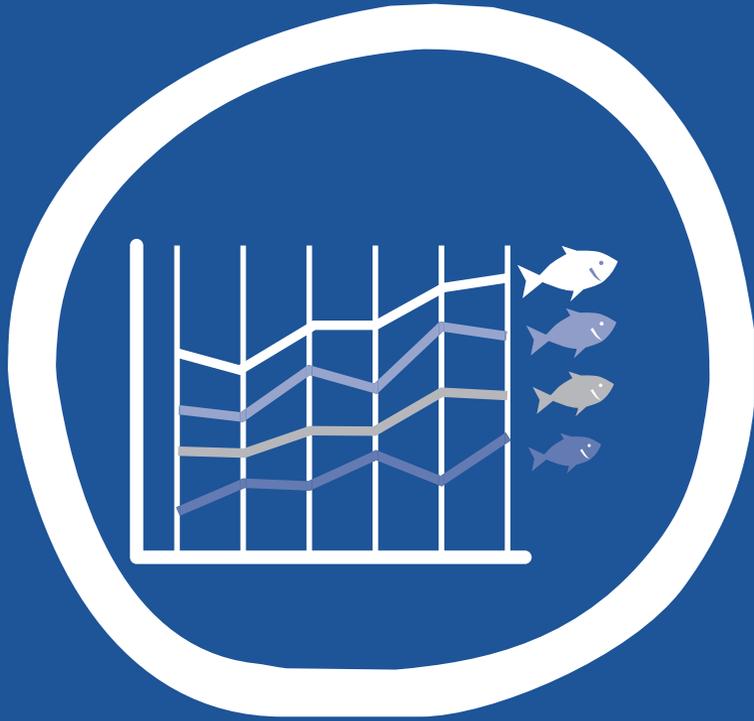
$$\pi_j = \alpha X_j + \beta \left[S - \sum_{i=1}^n X_i \right] - pT(X_j - 1) \quad (3)$$

Si el mecanismo de multa está activo, entra en acción un criterio para la toma de decisiones, adicional a los anteriormente descritos, con respecto a la selección de zonas de pesca, y que se refiere al cumplimiento o al no cumplimiento de la regla (no extraer más de una unidad). En este sentido, hay una proporción aleatoria de los agentes que cumple la regla de extracción de acuerdo al óptimo social, independientemente de su personalidad extractiva, y otra parte de los agentes que hace caso omiso de la regla y extrae de acuerdo con su personalidad extractiva. Por otro lado, después de pescar se simula un sorteo en el que un “monitor externo” extrae una balota de una bolsa que contiene varias balotas blancas y una roja. Si la balota seleccionada es roja, la multa es aplicada a todos los agentes, mientras que en caso contrario ocurre lo opuesto. Cabe aclarar que la probabilidad de que se dé la sanción monetaria la define el usuario del modelo; así mismo se destaca que no hay un agente para el monitoreo, este proceso en el MBA lo realizan los mismos agentes, el término “monitor externo” se usa únicamente con fines explicativos.

Respecto a los parámetros p y T de la ecuación del mecanismo de multa, el valor de T se definió en 20 unidades. La probabilidad de inspección o de aplicación de la multa es la

misma para todos los agentes y para el caso de las simulaciones presentadas, se definió una probabilidad de 0.25.

Finalmente, respecto a la validez del modelo se debe destacar que al haberse construido las personalidades extractivas sobre la base del comportamiento observado en el experimento, y al incluirse criterios para la toma de decisiones sustentados en indagaciones previas con los pescadores de la EFI, el modelo no solo se contextualizó sino que redujo su amplitud, lo que le dio más robustez. En términos más concretos, para evaluar la validez del MBA los patrones de comportamiento resultantes se contrastan con los patrones de extracción esperados, de acuerdo a las predicciones teóricas en las que se basó su diseño (Ostrom, 1998).



Resultados

A continuación, los resultados serán presentados en tres subsecciones: i) resultados de análisis no paramétricos del experimento económico, ii) resultados de análisis paramétricos del experimento económico, y iii) resultados de la modelación basada en agentes.

ANÁLISIS NO PARAMÉTRICOS DE LOS RESULTADOS DEL EXPERIMENTO ECONÓMICO DEL CARDENAL

En esta sección se muestran los resultados producto de las estadísticas descriptivas; inicialmente se presenta un análisis general de medias y modas para todas las rondas y, posteriormente, un análisis descriptivo de medias de la extracción individual de los tratamientos y por zonas. Frente al primer análisis se debe destacar que su inclusión permite comprender dinámicas del comportamiento de los participantes que se invisibilizan si se usa únicamente la aproximación desde las medias; por ejemplo, como se verá en detalle a continuación, si bien la extracción promedio no coincide con el óptimo privado (extraer ocho unidades), la decisión más frecuente fue extraer siete unidades.

Analizando la decisión individual de extracción más frecuente (moda), se observa que solamente en el caso del tratamiento de comunicación –segunda fase– la más frecuente en cada ronda no fue extraer siete unidades; para los demás casos (línea base y censura social), la decisión más frecuente en cada ronda de la segunda fase fue extraer siete unidades. Cabe anotar que es en los grupos de línea base –ambas fases– donde se observan los porcentajes más altos de ocurrencia de la decisión de extracción de siete unidades (Tabla 5). Por otro lado, haciendo un análisis de frecuencias absolutas por tratamiento para cada fase (1 y 2), pero respecto a la decisión menos frecuente, se observa que para todos los casos esta fue la de extraer una unidad, con porcentajes que oscilaron entre el 4% y el 9.32% del total de las observaciones por cada fase. Así mismo, se destaca

que fue en los grupos de línea base donde los porcentajes de ocurrencia de extraer una unidad no superaron nunca el 4% de las observaciones, en los grupos de comunicación el porcentaje de ocurrencia estuvo entre el 6% y el 7%, y en los de censura social este porcentaje osciló entre el 7 y el 10% (Tabla 5).

Tabla 5. Modas y promedios de extracción individual para cada tratamiento por ronda

(F= frecuencia absoluta; n= número de observaciones; entre paréntesis: desviación estándar)

Ronda	Línea base		Grupo al que se aplicó comunicación en segunda fase		Grupo al que se aplicó censura social en segunda fase	
	Moda	Media	Moda	Media	Moda	Media
1	5 F: 13	4.80 (1.917)	5 F: 12	4.43 (1.92)	3 F: 13	3.95 (1.61)
2	6 F:17	5.38 (1.59)	6 F:14	4.67 (1.87)	5 F:12	4.24 (1.85)
3	7 F:14	5.02 (1.80)	4 F:12	4.52 (1.71)	6 F:11	4.18 (1.99)
4	7 F:16	5.20 (1.71)	7 F:17	4.85 (1.87)	6 y 7 F:11	4.49 (1.98)
5	7 F:15	5.02 (1.98)	7 F:13	4.48 (2.04)	7 F:14	4.42 (2.25)
6	7: F:16	4.84 (2.22)	7: F:17	4.87 (2.04)	7: F:13	4.20 (2.20)
7	7 F:28	6.10 (1.40)	7 F:18	5.05 (1.90)	4 y 7 F:10	4.18 (1.90)
8	7 F:22	5.68 (1.56)	6 F:14	4.87 (1.78)	6 F:16	4.80 (1.78)

Ronda	Línea base		Grupo al que se aplicó comunicación en segunda fase		Grupo al que se aplicó censura social en segunda fase	
	Moda	Media	Moda	Media	Moda	Media
9	7 F:19	5.20 (1.81)	5 F:17	4.15 (1.95)	6 F:12	4.38 (1.74)
10	6 y 7 F:13	5.36 (1.48)	3 F:15	4.28 (1.70)	3, 4 y 5 F:11	4.44 (1.66)
11	7 F:18	5.50 (1.56)	6 F:16	4.38 (1.86)	7 F:12	4.55 (1.89)
12	7 F:17	5.06 (1.79)	7 F:16	4.95 (1.88)	7 F:14	4.64 (2.01)
13	7 F:18	5.42 (1.74)	4 F:12	4.03 (2.02)	7 F:12	4.56 (2.01)
14	7 F:18	4.94 (2.18)	7 F:20	4.87 (1.69)	7 F:14	4.55 (2.07)
15	7 F:22	5.36 (1.99)	7 F:14	4.85 (1.86)	7 F:14	4.62 (1.98)
16	7 F:23	5.56 (1.85)	6 F:17	4.40 (1.96)	7 F:17	4.75 (1.96)
	n: 55	----	n: 60	----	n:50	----

Fuente: Elaboración de las autoras.

Cabe destacar que, a pesar de que la moda para la mayoría de las rondas en los grupos de la línea base fue de siete unidades, el promedio de extracción individual solo superó las seis unidades en la ronda siete, lo que se debe a la ocurrencia de decisiones de extracción más cercanas al óptimo social (ver Tabla 5 y Figura 2), que mantuvieron el promedio del grupo por debajo de seis unidades en la mayoría de las rondas del grupo que recibió la

línea base durante las 16 rondas. Respecto al grupo al que se aplicó el tratamiento de comunicación, los promedios de extracción entre la primera (rondas 1 a 8) y segunda fase (rondas 9 a 16) no parecen diferentes, aunque la moda de siete unidades es ligeramente superior durante las primeras ocho rondas. Finalmente, en el caso de los grupos a los que se aplicó el tratamiento de censura social, el promedio de extracción individual es ligera y sorpresivamente superior durante la segunda fase –cuando el tratamiento fue aplicado– y la mayoría de las rondas en esta fase se caracteriza por extracciones de siete unidades. En este sentido el tratamiento no generó el comportamiento esperado (una reducción en la extracción); sin embargo, cabe aclarar que en la literatura se reporta que la culpa es un constructo social (Tangney *et al.*, 1996), en el que el comportamiento de los participantes depende de lo que estos esperan del comportamiento de los otros, generándose así la emergencia de una regla relacionada con los niveles de cooperación en un grupo social (Cárdenas, 2011). En ese sentido y en los términos de Cárdenas & Ostrom (2004), esto hace parte de la capa del contexto del grupo, así que puede darse o no dependiendo de las especificidades de cada caso y por lo tanto no necesariamente está presente y/o tiene efectos diferentes en los niveles de cooperación.

El comportamiento observado en la Figura 3 permite evidenciar que los grupos que participaron en el tratamiento de censura social extrajeron menos unidades en promedio que los demás grupos para todos los períodos; es decir, que la extracción individual promedio de los participantes de este tratamiento estuvo por debajo de la de los demás desde la ronda 1 hasta la ronda 16. Un patrón similar se observa para los grupos que participaron en el tratamiento de comunicación respecto a los grupos de la línea base, pero en menor medida. Adicionalmente se observa que en algunos casos el comportamiento extractivo individual promedio de los grupos de comunicación con respecto a los de censura social fue inferior para la segunda fase en algunas de las rondas.

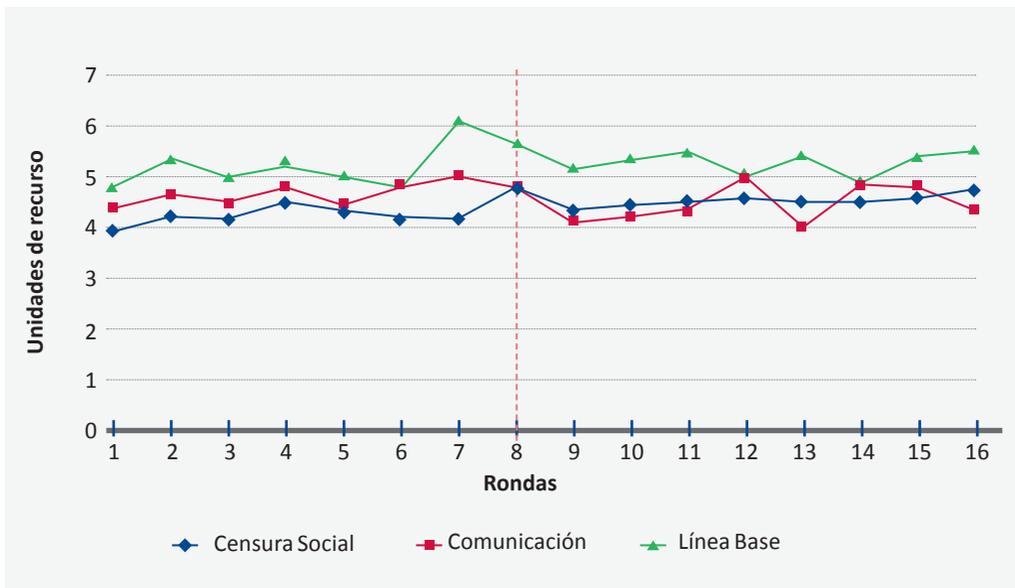


Figura 3. Promedios de extracción individual por tratamiento.

Fuente: Elaboración de las autoras.

Como se observa en la Figura 4, la extracción individual promedio en la primera fase (cuando los tratamientos no fueron aplicados y todos se enfrentaron a libre acceso) fue de 5.26 unidades para los grupos en línea base, de 4.72 unidades para los grupos de comunicación y de 4.31 unidades para los grupos de censura social; mientras que en la segunda fase (cuando los tratamientos fueron aplicados), la extracción promedio fue de 5.3 unidades para los grupos en línea base, de 4.48 unidades para los grupos de comunicación y de 4.56 unidades para los grupos de censura social.

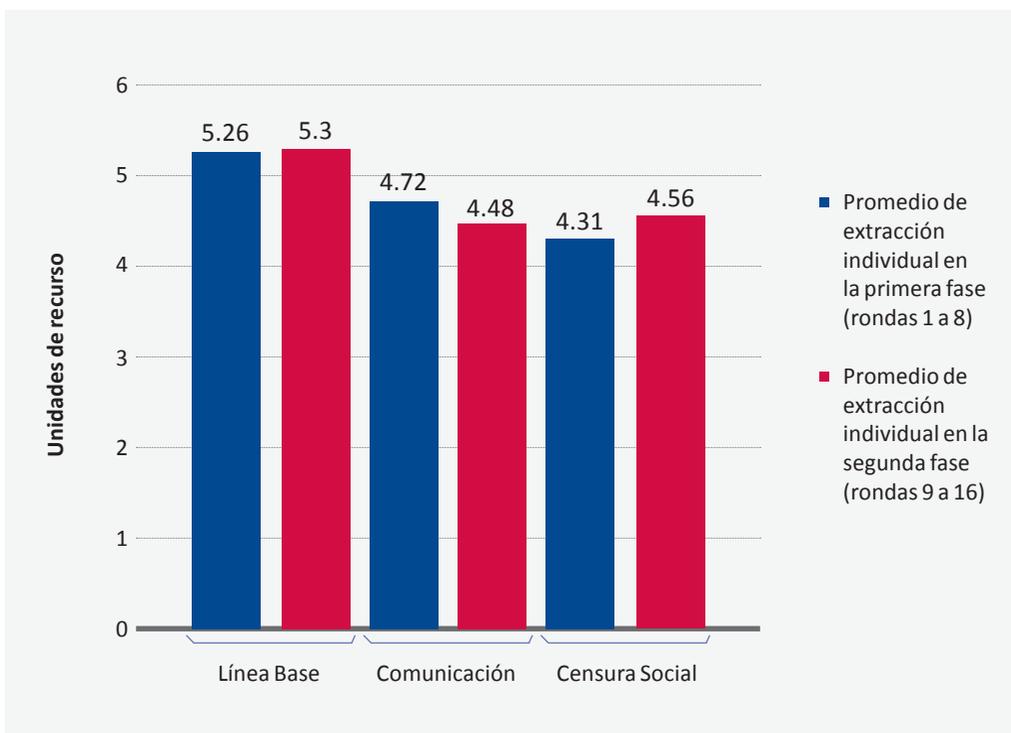


Figura 4. Extracción promedio en la primera fase (rondas 1 a la 8) y segunda fase (rondas 9 a la 16) para los grupos de la línea base y otros tratamientos.

Fuente: Elaboración de las autoras.

En la Figura 5 se evidencia que los grupos de línea base en la primera y en la segunda fase, respectivamente, tuvieron una extracción promedio por zona que se comportó de la siguiente manera: 5.69 y 5.56 unidades para la zona 1, 5.21 y 5.33 unidades para la zona 2 y 4.2 y 4.35 unidades para la zona 3.

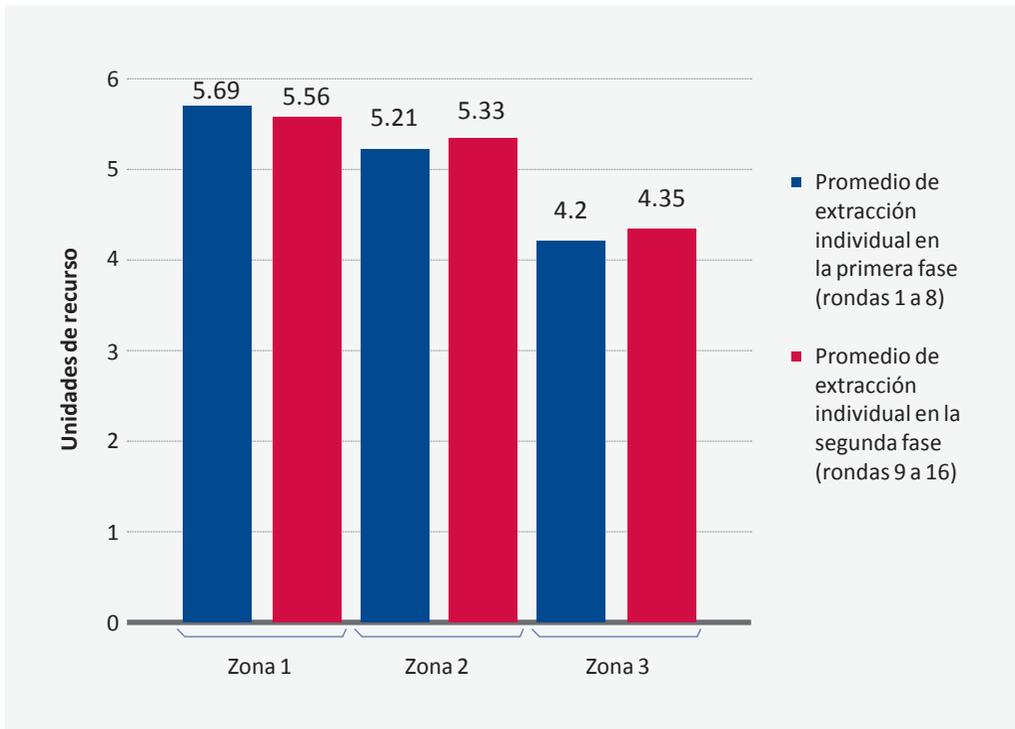


Figura 5. Promedios de extracción individual por zona para los grupos a los que se aplicó la línea base durante todo el juego.

Fuente: Elaboración de las autoras.

En la primera y segunda fase, para cada una de las zonas, los grupos de comunicación tuvieron un comportamiento extractivo promedio que se correspondió con la siguiente distribución: 4.87 y 4.47 unidades para la zona 1, 4.8 y 4.73 unidades para la zona 2, y 3.35 y 3.4 unidades para la zona 3 (Figura 6).

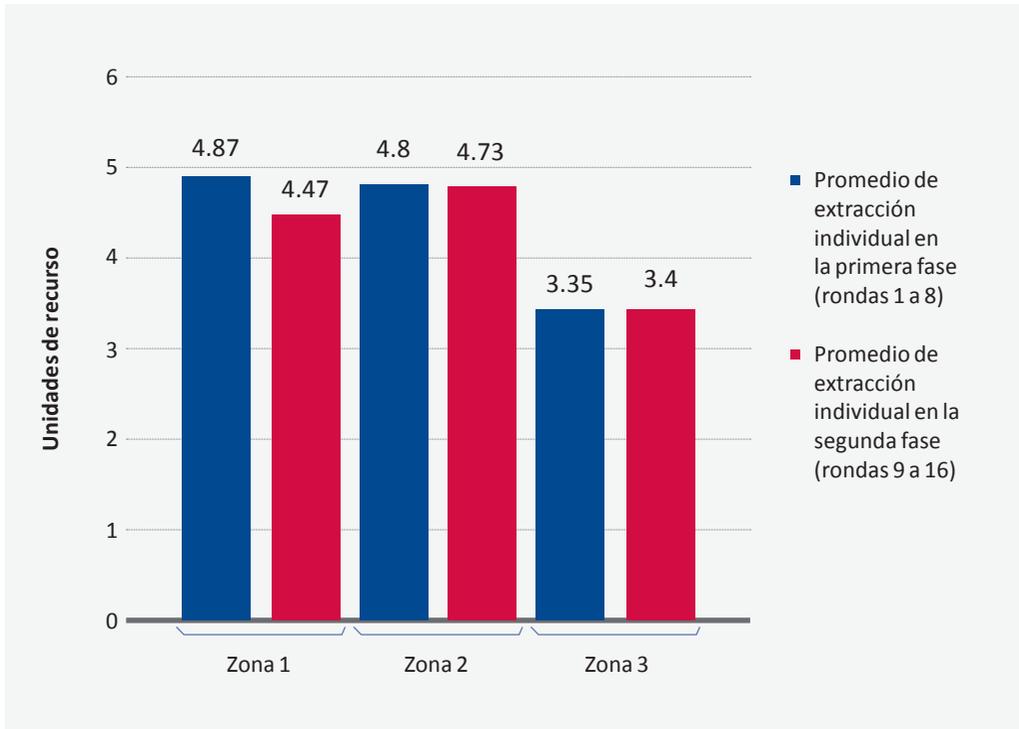


Figura 6. Promedios de extracción individual por zona para los grupos a los que se aplicó el tratamiento de comunicación durante la segunda fase.

Fuente: Elaboración de las autoras.

Analizando la extracción promedio en la primera y la segunda fase por zonas, para los grupos de censura social esta fue de 4.35 y 4.61 unidades para la zona 1, de 4.73 y 5.15 unidades para la zona 2 y de 3.52 y 3.51 unidades para la zona 3 (Figura 7).

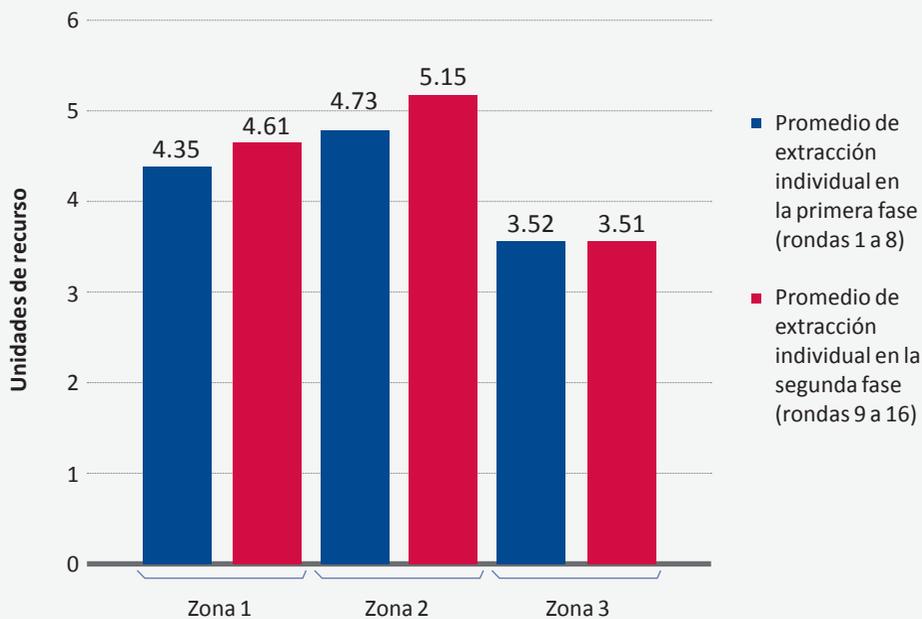


Figura 7. Promedios de extracción individual por zona para los grupos a los que se aplicó el tratamiento de censura social durante la segunda fase.

Fuente: Elaboración de las autoras.

ANÁLISIS PARAMÉTRICOS DE LOS RESULTADOS DEL EXPERIMENTO ECONÓMICO DEL CARDENAL

Los resultados de estadísticas descriptivas son complementados con un análisis multivariado, utilizando para ello el modelo econométrico que se describe en la Tabla 9. Específicamente, utilizamos un modelo de Poisson para datos de conteo, que permite

incorporar cada decisión de extracción como un dato del modelo y evitar la correlación asociada a datos de un mismo individuo.

Adicionalmente, vale la pena notar que aunque a través de los análisis no paramétricos observamos que el tratamiento de comunicación condujo, en promedio, a una reducción ligera en la extracción individual de los pescadores respecto a la línea base, este comportamiento no se observó en el tratamiento de censura social. En este sentido, es importante destacar que los grupos que participaron en este último tratamiento extrajeron menos unidades que los demás desde las primeras ocho rondas del experimento (cuando no se aplicó tratamiento alguno).

Para incorporar las diferencias significativas entre grupos encontradas desde la línea base, se aplica la metodología de diferencias en diferencias en el análisis. En la Tabla 6 se presenta un ejemplo de cómo funciona esta metodología, mostrando que al comparar dos grupos (uno de control y otro de tratamiento) con niveles de extracción diferentes en $t=0$, el efecto del tratamiento no se obtiene al restar los niveles iniciales y finales. De forma más clara, en el ejemplo de la Tabla 6 se observa que en $t=0$ el grupo control extrae en promedio cuatro unidades, mientras que el grupo de tratamiento extrae seis unidades; luego, en $t=1$, los niveles de extracción se ubican en tres y cuatro unidades respectivamente. El grupo control redujo su extracción promedio por razones diferentes al tratamiento, por lo que es posible afirmar que la reducción en la extracción promedio de los tratados no se debe exclusivamente al tratamiento. Así, la diferencia entre la reducción de los tratados y la del grupo control nos da como resultado el efecto real del tratamiento (en el ejemplo, la diferencia es -1).

Tabla 6. Diferencias en diferencias (ejemplo)

		F2		
		t=0	t=1	Δ
G2	Control	4	3	-1
	Tratamiento	6	4	-2
	Diferencia	2	1	-1

Efecto real del tratamiento

Fuente: Elaboración de las autoras.

Para generalizar el ejemplo de la Tabla 6, se procede a plantear un modelo que represente la evaluación del impacto promedio del método de diferencias en diferencias. En la ecuación 4, Y_{it} representa la extracción del individuo i en el período t , D_i^{Trat} ; es una variable *dummy* que toma el valor de uno si el individuo i pertenece al grupo de tratamiento y de cero en caso contrario, $Fase$ es una variable que toma el valor de uno para el período en el que se aplica el tratamiento y α_i son coeficientes.

$$Y_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 * D_i^{Trat} + \alpha_2 * Fase + \alpha_3 * D_i^{Trat} * Fase \quad (4)$$

Siguiendo el ejemplo de la Tabla 6, la Tabla 7 muestra que el efecto real del tratamiento se obtiene con el coeficiente en el modelo representado por la ecuación 4.

Tabla 7. Diferencias en diferencias

		F2		
		t=0	t=1	Δ
G2	Control	α_0	$\alpha_0 + \alpha_2$	α_2
	Tratamiento	$\alpha_0 + \alpha_1$	$\alpha_0 + \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3$	$\alpha_2 + \alpha_3$
	Diferencia	α_1	$\alpha_1 + \alpha_3$	α_3

Fuente: Elaboración de las autoras.

En nuestro modelo econométrico, la variable dependiente es la extracción individual en cada una de las rondas y las nueve variables explicativas propuestas se describen a continuación:

- **Variables de tratamiento:** Son dos variables *dummy*; una para los grupos que reciben el tratamiento de comunicación en la segunda fase (TCO) y otra para los grupos que reciben el tratamiento de censura social (TCE) en la segunda fase. En cada caso, la variable toma el valor de uno si al participante se le aplicó el tratamiento -comunicación o censura social- en las segundas ocho rondas (exclusivamente en la segunda fase), y de cero en el caso contrario (si el participante está en las primeras rondas o se le aplicó otro tratamiento). Con esta variable se busca determinar el efecto del tratamiento.
- **Variables de pertenecer a un grupo:** Son dos variables *dummy*; una para grupos que *van a recibir* el tratamiento de comunicación (GCO) en la segunda fase y otra para los grupos que *van a recibir* el tratamiento de censura social (GCE) en la segunda fase. En cada caso, la variable toma el valor de uno si el participante pertenecía al grupo correspondiente -comunicación o censura social (en las dos fases)- y de cero en el caso contrario. Con esta variable se busca diferenciar la consecuencia inherente a los individuos que hacían parte de este grupo y no sobredimensionar el efecto del tratamiento.

La Tabla 8 ilustra con detalle los valores que toman las variables *dummy* “tratamiento” y “pertenecer a un grupo”, dependiendo de dónde se ubique la observación.

Tabla 8. Explicación de las diferencias entre la variable “tratamiento” y “pertenecer a un grupo”

Grupo/ Fase (rondas)	Fase 1 (rondas 1 a 8)		Fase 2 (rondas 2 a 16)	
Línea base	GCO = 0 GCE = 0	TCO = 0 TCE = 0	GCO = 0 GCE = 0	TCO = 0 TCE = 0
Comunicación	GCO = 1 GCE = 0	TCO = 0 TCE = 0	GCO = 1 GCE = 0	TCO = 1 TCE = 0
Censura social	GCO = 0 GCE = 1	TCO = 0 TCE = 0	GCO = 0 GCE = 1	TCO = 0 TCE = 1

Fuente: Elaboración de las autoras.

Como se explicó anteriormente, la inclusión conjunta de estas variables permite aislar el efecto de grupo y controlar el hecho de que se presentaron diferencias desde la línea base, como lo muestran las estadísticas descriptivas, evitando atribuir efectos a los tratamientos no generados por ellos.

- **Zona 3 (Laguna Morocoto):** Esta variable toma el valor de uno si el participante era de la zona 3 y de cero en el caso contrario. En los análisis no paramétricos los participantes de esta zona tuvieron extracciones individuales diferentes, comparadas con las zonas 1 y 2 en la mayoría de los casos, por lo que se considera necesario comparar el efecto de pertenecer a esta zona respecto a las demás.
- **Gastos:** Para analizar el efecto del ingreso de los individuos sobre la extracción y después de revisar las estadísticas descriptivas, se incluyen los gastos del hogar como una variable *proxy* a la variable ingresos. En general, los usuarios de recursos naturales se caracterizan por mantener ingresos inestables a lo largo del año, ya sea porque la principal actividad generadora de ingresos es estacional (cambios en la producción natural y en los precios de mercados a lo largo del año) o por factores

no controlables (eventos climáticos, etc.) que afectan la productividad natural. Esta variable es categórica y toma valores que van desde \$100.000 COP (50 USD) a \$1.000.001 COP(500 USD), organizadas en seis categorías o rangos.

- **Actividad económica principal:** Como se observa en la Tabla 3, la pesca ornamental constituye, en promedio, la principal actividad económica que desarrollan los participantes en los juegos. Aunque en la zona 3 la pesca ornamental no constituye la principal actividad generadora de ingresos, se elige esta variable debido al interés de utilizar este estudio como insumo para el proceso de acuerdos de pesca sostenible que se están llevando a cabo en la región con estas comunidades y porque se considera relevante determinar qué tan estrecha es la relación entre ejercer esta actividad y los niveles de extracción individual. Toma el valor de uno si el participante practica esta actividad como la principal y de cero en el caso contrario.
- **Tiempo dedicado a la pesca ornamental:** Esta variable es continua y se mide en años. Se considera importante debido al objeto de la investigación.
- **Ronda:** Sirve para determinar el efecto que tiene el tiempo sobre las decisiones, por el aprendizaje u otros factores, y no sobrestimar las consecuencias del tratamiento. Esta variable es categórica y toma valores que van de 1 a 16.

Tabla 9. Modelo econométrico

Variables	Efecto marginal	Error estándar
Tratamiento de comunicación (1: Sí; 0: No)	-0.903***	0.353
Tratamiento de censura social (1: Sí; 0: No)	-0.999	0.025
Pertenece al grupo de comunicación (1: Sí; 0: No)	-0.931*	0.035
Pertenece al grupo de censura social (1: Sí; 0: No)	-0.867***	0.035
Zona 3 (Laguna Morocoto) (1: Sí; 0: No)	-0.781***	0.041
Gastos (De \$100.000 a \$1.000.001 aumentando en rangos de \$200.000)	1.032***	0
Actividad económica principal: pesca ornamental (1: Sí; 0: No)	1.02	0.045
Tiempo dedicado a la pesca ornamental (años)	-1	0.001
Ronda	1.007***	0.002
Número de observaciones	2592	
Número de grupos	162	
Wald chi2	89.38	

*** Significativo al 1% ($p < 0.01$); ** significativo al 5% ($p < 0.05$); * significativo al 10% ($p < 0.1$).

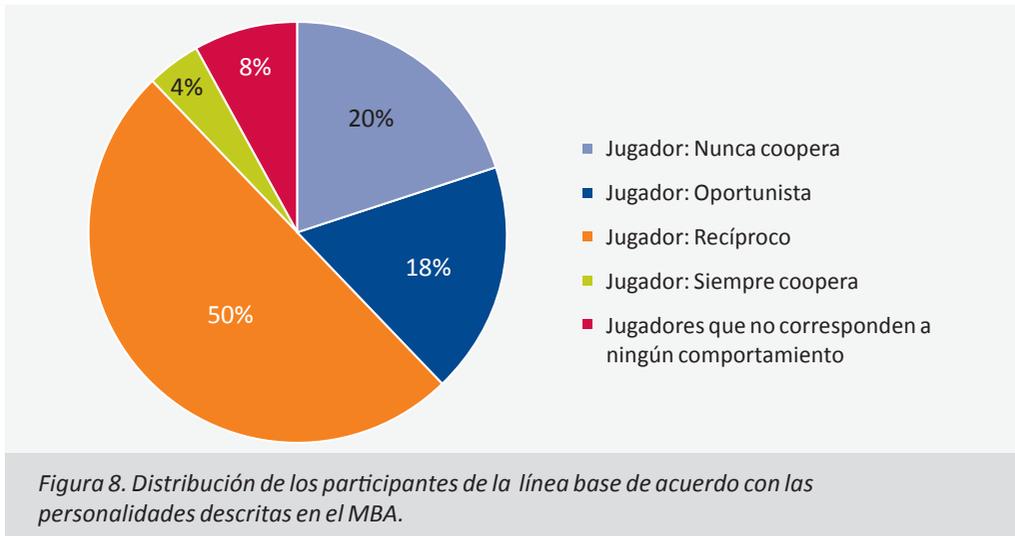
Fuente: Elaboración de las autoras.

Los resultados presentados en la Tabla 9 se interpretan de la siguiente manera: la posibilidad de comunicarse implicó una reducción significativa al 1% de la extracción de 0.903 unidades respecto al tratamiento de línea base en la segunda fase; sin embargo,

aunque la censura social reduce la extracción, esta reducción no es significativa. Por otro lado, los individuos que hicieron parte del grupo al que se aplicó la censura social exhiben características inherentes al grupo que se reflejan en una extracción de 0.867 unidades menos (significativo al 1%); aunque se observa un efecto similar con los grupos de comunicación, este es significativo al 10%. Este resultado nos muestra y confirma que -por algunas características de los grupos que no son observables- aquellos individuos que desde la primera fase pertenecieron a los grupos de comunicación y censura social extrajeron menos unidades. Corroborando los resultados obtenidos en los análisis no paramétricos, el efecto de pertenecer a la zona 3 es significativo al 1% y se refleja en una reducción de 0.781 unidades en la extracción. Respecto a los gastos, se observa que a medida que aumenta el rango de estos, la extracción aumenta en 1.032 unidades (significativo al 1%) por cada rango. Así mismo, aunque el hecho de tener como principal actividad económica la pesca ornamental implica un aumento en la extracción individual y el tiempo dedicado a dicha actividad una disminución en dicha extracción, estos cambios no son significativos. Finalmente se observa que a medida que avanzan las rondas los participantes extraen 1.007 unidades más (significativo al 1%).

RESULTADOS DEL MODELO BASADO EN AGENTES

Mediante la comparación de las extracciones individuales de cada uno de los 50 participantes en los experimentos económicos en los 10 grupos de línea base, con la extracción promedio de los otros participantes en su grupo para cada ronda, se pudo determinar que la mayoría de los jugadores corresponde a los descritos por la tercera regla de Ostrom (1998), mientras que tan solo dos jugadores se corresponden con la sexta norma. Así mismo, cuatro jugadores no pudieron ser clasificados dentro de ninguna de estas tipologías, dado que no se observa una relación evidente entre las variables evaluadas (ver Figura 8).



Fuente: Elaboración de las autoras.

Respecto a la composición de cada uno de los grupos de la línea base en el experimento del cardenal, como se puede observar en la Tabla 10, en todos los casos hubo presentes jugadores clasificados como recíprocos, mientras que las demás tipologías no se observan necesariamente en todos los grupos. Partiendo de esta clasificación se determinó la composición que debían tener los grupos que se simulan en el modelo basado en agentes: para los casos en los que hubo comportamientos que no se pudieron clasificar dentro de las tipologías se estableció que en su lugar fueran incluidos agentes de tipo recíproco, debido a que esta tipología es la más frecuente en los experimentos.

La extracción individual de los agentes en los casos en los que no se implementó una multa, aunque estuvo muy por debajo de la extracción individual en el experimento, logra retratar las tipologías que se quería representar en cada uno de los grupos. Además, es importante destacar que en el modelo es posible que se den extracciones de cero unidades; de hecho, hay casos en que es la moda, debido a que la pesca depende de la disponibilidad en las zonas de pesca, por lo que aunque el agente parta del supuesto de que

es la zona más grande y más lejana la que más peces tiene, su elección puede no coincidir con la realidad de dicha zona; además los agentes entran en competencia por el recurso en cada caso y es posible que otros pesquen antes que ellos las unidades disponibles.

Tabla 10. Distribución de los participantes por grupos en los experimentos económicos de acuerdo a las tipologías del MBA

Grupo/Tipo de jugador	Jugador tipo "Siempre coopera"	Jugador tipo "Nunca coopera"	Jugador tipo "Recíproco"	Jugador tipo "Oportunista"	Jugador sin clasificación
Grupo Nº 5 Zona 1	0	0	2	3	0
Grupo Nº 7 Zona 1	0	3	1	1	0
Grupo Nº 11 Zona 1	1	2	2	0	0
Grupo Nº 17 Zona 2	0	1	3	0	1
Grupo Nº 23 Zona 2	0	1	2	1	1
Grupo Nº 25 Zona 2	0	0	5	0	0
Grupo Nº 26 Zona 2	0	0	2	1	2
Grupo Nº 27 Zona 3	0	0	4	1	0
Grupo Nº 29 Zona 3	1	2	2	0	0
Grupo Nº 30 Zona 3	0	1	1	3	0

Fuente: Elaboración de las autoras.

Respecto a la distribución de los agentes del MBA de acuerdo a sus limitaciones de visión (que reflejan las limitaciones de movilidad que los pescadores de la EFI tienen por la disponibilidad de combustible), y a los criterios para la toma de decisiones referentes a la preferencias respecto a la elección de una zona de pesca, en la Figura 9 se observa que para los grupos de línea base (barras azules), de los agentes que podían visualizar las zonas más cercanas (5 y 6), la mayoría prefería pescar en zonas lejanas; para los mismos grupos (barras azules), de los agentes que podían visualizar todas las zonas excepto la zona más lejana (zona 1), el mayor número prefería pescar en zonas cercanas; y, finalmente, de los agentes que podían visualizar todas las zonas, se encontró un mayor número que prefería las zonas cercanas. Respecto a los grupos de sanción el patrón fue similar, excepto para el caso en el que los agentes podían ver todas las zonas, en donde la mayoría prefirió las más cercanas.

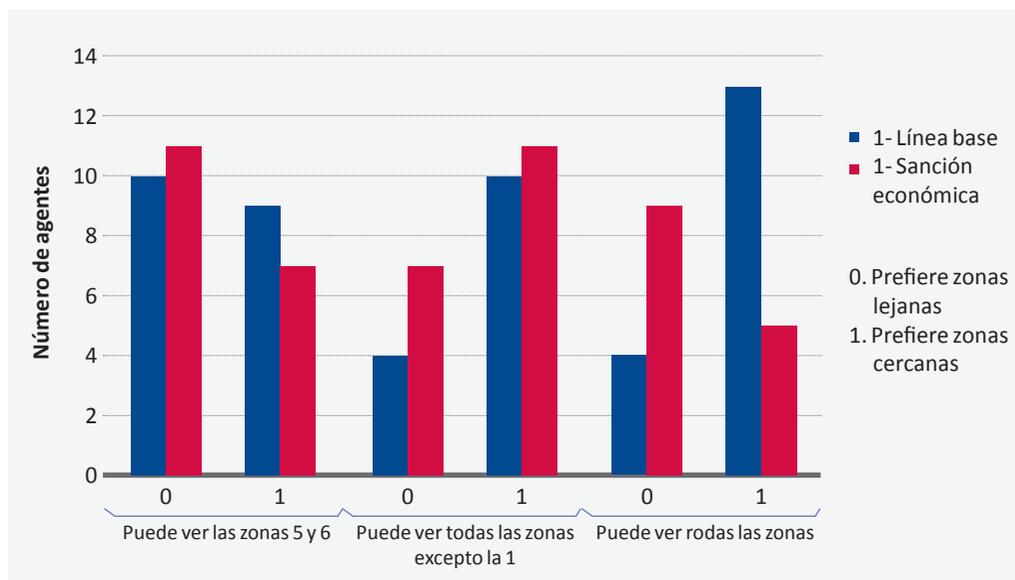
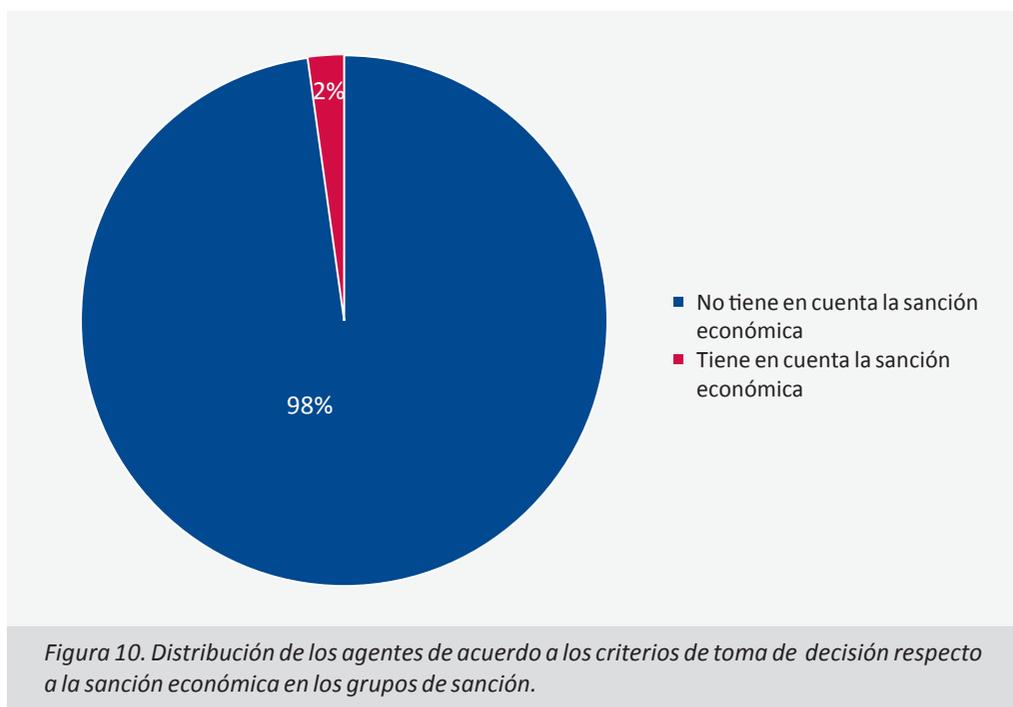


Figura 9. Distribución de los agentes con respecto a los atributos de visión y criterios de toma de decisión referentes a la escogencia de zonas de pesca de los agentes por tratamiento.

Fuente: Elaboración de las autoras.

Frente a la distribución de los agentes-pescadores en los grupos de sanción, de acuerdo a su criterio de toma de decisión, se puede observar que la mayoría de (98%) ignora la norma (extracción de una unidad), cuyo incumplimiento se asocia a la probabilidad de recibir una sanción económica, mientras que el 2% la tiene en cuenta para tomar sus decisiones (Figura 10). Es decir, la mayoría de los agentes toma sus decisiones de extracción de acuerdo a la tipología que les correspondió –según su nivel de extracción en los juegos económicos- y no a la posibilidad de enfrentar una sanción por incumplimiento de la norma. Sin embargo, la sanción es descontada de las ganancias de los agentes en caso de ser aplicable, independientemente del criterio de toma de decisión que consideren para sus decisiones de extracción.



Fuente: Elaboración de las autoras.

Respecto al promedio de extracción individual de los agentes-pescadores del MBA, este no superó las dos unidades en ninguno de los casos (Figura 11); así mismo, tanto para los grupos de línea base como para los de sanción económica, la moda estuvo dada entre las decisiones 0 y 1 (Tabla 11).

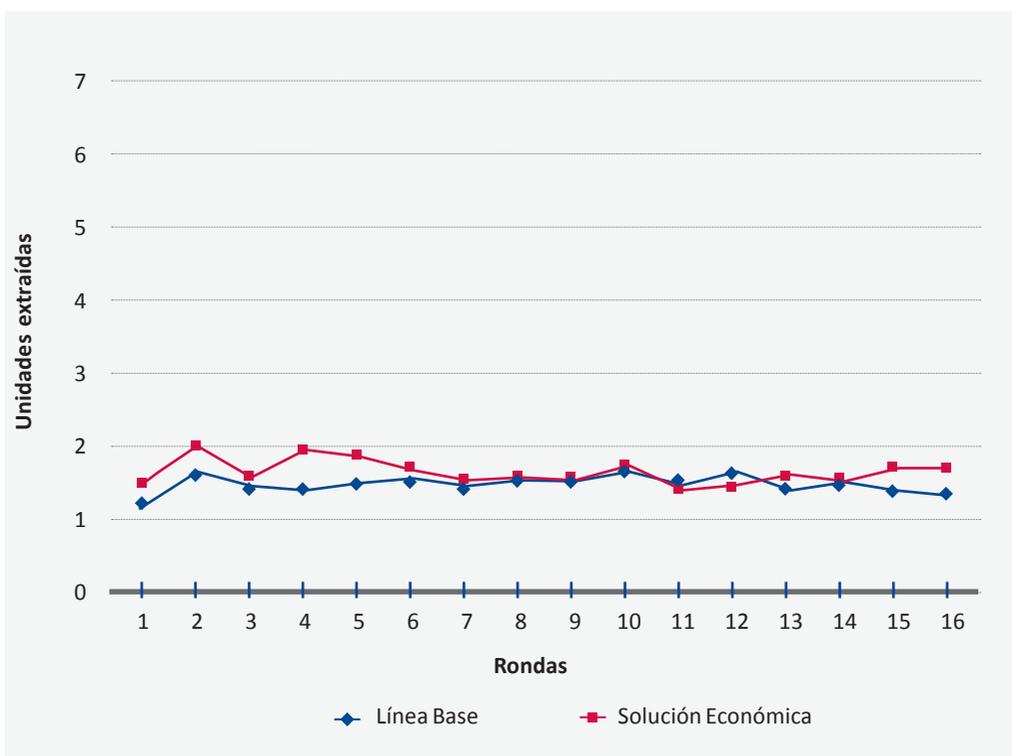


Figura 11. Extracción individual promedio de los agentes-pescadores del MBA.

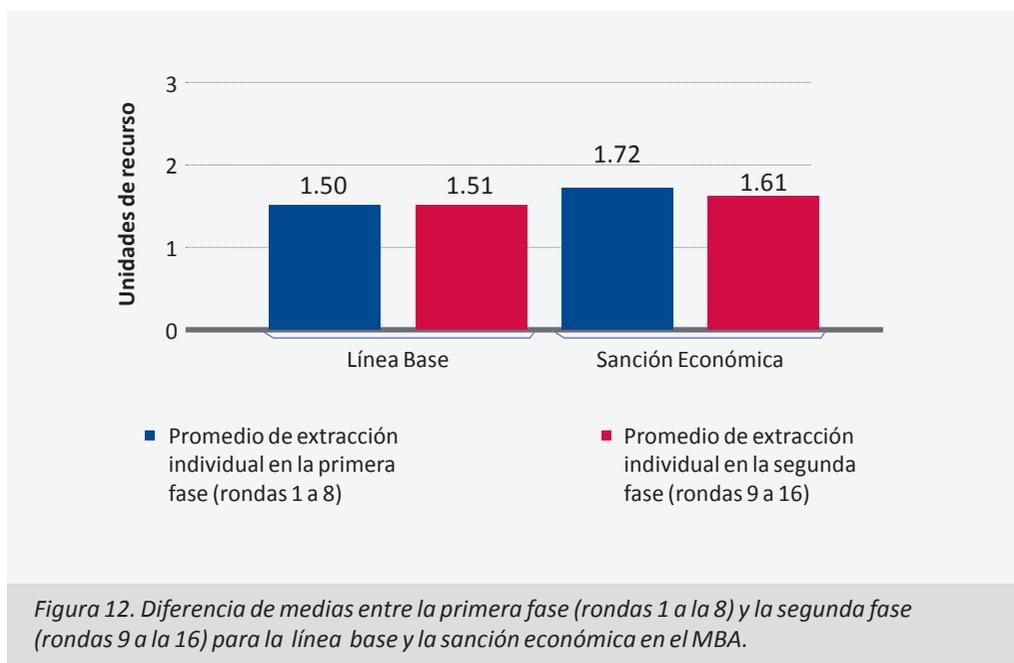
Fuente: Elaboración de las autoras.

Tabla 11. Modas y promedios de extracción individual para cada tratamiento por ronda para el MBA. La frecuencia absoluta se observa al frente de la F, entre paréntesis la desviación estándar y al frente de la n el número de observaciones

Ronda	Línea base		Censura económica	
	Moda	Media	Moda	Media
1	1 F: 35	1.2 (1.443)	1 F: 37	1.5 (1.619)
2	1 F: 20	1.68 (1.900)	1 F: 16	2.02 (2.298)
3	0 F: 17	1.5 (1.460)	0 F: 16	1.6 (1.591)
4	1 F: 18	1.44 (1.554)	1 F: 16	1.94 (2.004)
5	1 F: 20	1.5 (1.555)	1 F: 14	1.9 (1.753)
6	1 F: 20	1.6 (1.485)	1 F: 15	1.7 (1.705)
7	0 F: 17	1.52 (1.619)	1 F: 18	1.54 (1.528)
8	1 F: 21	1.54 (1.669)	0 F: 18	1.58 (1.630)
9	1 F: 21	1.54 (1.693)	0 y 1 F: 15	1.58 (1.605)
10	1 F: 24	1.66 (1.791)	1 F: 18	1.74 (1.759)
11	1 F: 17	1.5 (1.657)	1 F: 20	1.44 (1.527)
12	1 F: 18	1.62 (1.783)	1 F: 18	1.48 (1.644)
13	1 F: 20	1.52 (1.821)	1 F: 19	1.6 (1.702)
14	0 F: 18	1.52 (1.821)	1 F: 20	1.54 (1.631)
15	0 F: 19	1.4 (1.552)	1 F: 21	1.74 (1.904)
16	0 F: 19	1.36 (1,651)	1 F: 19	1.72 (1.604)
	n: 50	----	n: 50	----

Fuente: Elaboración de las autoras.

Respecto a los promedios de extracción individual de los agentes entre la primera y la segunda fase de la simulación, para los grupos de línea base fue de 1.5 y 1.51 unidades y para los de sanción económica de 1.72 y 1.61 unidades respectivamente (Figura 12).



Fuente: Elaboración de las autoras.



Análisis y discusión
de resultados

SOBRE LOS RESULTADOS DEL EXPERIMENTO ECONÓMICO DEL CARDENAL

De acuerdo con la literatura clásica en economía, los usuarios de recursos de uso común, como los pescadores de la EFI, buscan como fin último en todos los casos maximizar sus beneficios. Dentro del contexto del experimento económico de la EFI, esto implicaría una extracción de siete unidades en todas las rondas. Sin embargo, y coincidiendo con los hallazgos descritos en la literatura (Cárdenas, 2009; Gintis, 2000; Ostrom, 1990), en los cuales los participantes en experimentos no se comportan como individuos “egoístas” y maximizadores de beneficios, la extracción individual promedio nunca fue de siete unidades; de hecho, para los grupos de la línea base la extracción estuvo por debajo de las seis unidades, con un promedio general de 5.28 unidades (y una desviación estándar de 1.81). En esta misma línea se destaca el caso de la zona 3, en donde el promedio de extracción para la línea base en la primera fase fue de 4.20 unidades y para la segunda fue de 4.35 unidades. Este patrón se observa también en el análisis de frecuencia de decisiones de extracción individual, en donde a pesar de ser siete la decisión más frecuente, su porcentaje de ocurrencia no superó el 36% en ningún caso. Además de que en varias rondas, en el caso de los tratamientos de comunicación y censura social, la dominancia la tuvieron otras decisiones más cercanas al óptimo social.

En ese sentido, a pesar de que la extracción promedio no fue la esperada por la economía clásica, tampoco coincidió con la extracción del óptimo social (una unidad por participante) en ninguno de los casos. Esta situación ha sido retratada en otros estudios por distintos autores (Ostrom, 1998), pues aunque se presentan niveles de cooperación por parte de los individuos, como se puede observar en la ocurrencia de modas de decisiones de extracción de tres y cuatro unidades, estos no son los ideales y se encuentran varias unidades por encima de ellos. Esto se observa también en la realidad de la pesquería de la EFI, en donde a pesar del empeño por realizar un manejo sostenible del recurso pesquero ornamental, este ha venido disminuyendo en los últimos años y es cada vez más escaso,

lo que puede deberse a que no obstante la existencia de algunas medidas para la disminución del esfuerzo de pesca, estas no son las óptimas para garantizar su sostenibilidad.

Revisando los resultados frente al tratamiento de comunicación se demuestra que la comunicación repetida en el experimento generó una disminución significativa al 1% en la extracción individual promedio de los grupos participantes. Esto coincide con los resultados descritos por la literatura de experimentos de campo alrededor del mundo y con distintos tipos de recursos de uso común (ver Anderies *et al.*, 2011; Travers *et al.*, 2011; Moreno-Sánchez & Maldonado, 2010; Poteete *et al.*, 2010; Cárdenas, 2000; Cárdenas *et al.*, 2004; Gardner *et al.*, 1994; Ostrom *et al.*, 1994). Así mismo, un estudio realizado por Espinoza (2011) en la Amazonia boliviana con cazadores tsimanes describe un efecto similar por la implementación de un tratamiento de comunicación.

En el contexto de la EFI, y teniendo en cuenta el proceso de acuerdos de pesca responsable que se viene adelantando en la zona, el diálogo y la discusión entre los actores involucrados son temas fundamentales para garantizar el éxito de dichos acuerdos. En ese sentido, estos resultados constituyen un insumo muy positivo, tanto para las organizaciones gubernamentales como para los pescadores, ya que son un indicio de que efectivamente mediante la comunicación entre los pescadores se puede llegar a niveles interesantes de cooperación que impliquen una disminución en las cuotas de extracción de peces ornamentales en la EFI.

Por otro lado, el tratamiento de censura social generó una disminución de la extracción individual promedio, aunque no fue significativa. Sin embargo, es importante destacar que los grupos en este tratamiento extrajeron significativamente menos unidades que los demás participantes desde el inicio del experimento (fase 1), lo que se refleja en el modelo econométrico por la significancia al 1% de la variable de pertenencia al grupo de censura social. Desde la perspectiva de la selección de los participantes para estos grupos, no hubo ningún criterio distinto al general de ejercer la actividad de pesca, aunque es

posible que el nivel de identidad, entendido como las características inherentes a los individuos (Cárdenas & Ostrom, 2004), haya influido de una forma que no se percibió ni en la encuesta, ni en los experimentos, pero que sí determinó dichas diferencias.

Frente a la inocuidad de la censura social en el experimento, Henrich & Smith (2004) explican, en su estudio con comunidades tsimanes de la Amazonia boliviana, que la publicación de los niveles de extracción individual no tuvo ningún efecto sobre esta, observándose patrones muy similares antes y después del tratamiento. Por otro lado, en la literatura se menciona que este tipo de mecanismos es más efectivo cuando se implementa junto con otros de tipo formal (aplicados desde el gobierno) como la sanción monetaria (López *et al.*, 2013) y que se presentan dificultades en el momento de separar los efectos de la sanción social y de la monetaria (Gächter & Fehr, 1999).

A pesar de lo anterior, cabe remarcar que en otros estudios se reporta la efectividad de la sanción social en la reducción de la extracción, como en experimentos con pescadores artesanales en el Caribe colombiano (López *et al.*, 2012) y con cazadores en la Amazonia boliviana (Espinoza, 2011). Sin embargo, frente al primer estudio se debe resaltar que el tratamiento de censura social se realizó en una sola fase durante 15 rondas.

Dentro de este marco se tienen algunas hipótesis sobre los resultados. De acuerdo con la observación y el proceso de explicación de los experimentos en campo, se percibieron dificultades en la comprensión del tratamiento de censura social. Además, la letra que se le entregaba a cada participante era la misma durante la segunda fase del experimento, lo cual puede crear reputación a lo largo de este. Adicionalmente, dado que no se deseaba influenciar el comportamiento de los pescadores, no se hizo explícito durante la explicación que la cara triste se enviaba cuando un integrante del grupo extraía más, sino que era sinónimo de desacuerdo. De hecho se observó que, en algunos casos, para los participantes este envío se relacionaba con la posibilidad de hacer que otros aumentaran la extracción; en otras palabras, los bajos niveles de extracción eran mal vistos. Esto se verificó con

talleres llevados a cabo después de los experimentos, en donde algunos participantes expresaron que enviaron una cara triste cuando sus compañeros extraían poco, pues estos “no querían trabajar”. A pesar de que se indagó acerca de la interpretación que tenían los pescadores de la cara triste y se verificó que esta fuera vista como un símbolo de molestia o desacuerdo, las dificultades descritas anteriormente implican la necesidad de un mayor acercamiento a las comunidades, con el fin de identificar el tipo de censura que se realiza al interior de las mismas.

De acuerdo con los resultados es evidente que los participantes de la zona 3 (comunidad de Laguna Morocoto) extrajeron significativamente menos unidades en promedio para todos los casos, confirmándose el modelo econométrico. Conviene enfatizar que la zona 3 se encuentra geográficamente más aislada de la ciudad de Inírida y tiene acceso restringido en época de verano. Estas características ofrecen condiciones particulares a la zona como, por ejemplo, que la actividad económica principal no sea la pesca ornamental como en las demás; de hecho, ocupa el tercer lugar, precedida por el cultivo en conucos y la pesca de consumo.

También se destaca la influencia de los ingresos (medida utilizando como *proxy* la variable gastos del hogar) en el aumento de la extracción. Contrario a lo que se piensa tradicionalmente, en la EFI los pescadores con menores ingresos que participaron en el experimento tendieron a extraer menos unidades; hallazgo que coincide con lo encontrado por Moreno-Sánchez & Maldonado (2010) en grupos de pescadores del Caribe colombiano. Esta situación pudo haberse reflejado en el experimento, ya que los participantes traen consigo información acerca de su contexto y la usan para tomar decisiones (Cárdenas & Ostrom, 2004; Castillo *et al.*, 2011).

En la implementación de este tipo de metodologías con comunidades indígenas son notables las limitaciones asociadas a las diferencias en el lenguaje. Se recomienda entonces contar con un traductor entrenado con varios días de anticipación, que apoye al equipo investigador durante todo el proceso y que además entienda perfectamente su dinámica,

para evitar que se tome libertades con los participantes. Así mismo es fundamental una representación gráfica que acompañe la lectura del protocolo, ya que se garantizan mayores niveles de comprensión.

SOBRE EL MODELO BASADO EN AGENTES DEL EXPERIMENTO DEL CARDENAL

Si bien la clasificación de las personalidades extractivas de los participantes del experimento se refiere a los comportamientos observados en su transcurso, se considera necesario destacar que tras analizar el comportamiento individual de los pescadores que participaron en los grupos de línea base, a través de la comparación de la extracción individual con la extracción promedio de los otros cuatro participantes de cada grupo, se hizo evidente que coincidió con un comportamiento de tipo recíproco en la mayoría de los casos. Este resultado es consistente con el análisis del comportamiento agregado que se discutió en la sección previa, en donde se mostró que los pescadores que participaron en el experimento no se comportaron como lo predice la literatura clásica: personalidad del tipo “Nunca coopera”, en la mayoría de las observaciones. Sin embargo, la personalidad con menos casos de ocurrencia fue la de “Siempre coopera”, lo que a su vez coincide con el análisis de frecuencia de decisiones de extracción del experimento.

Al incluir criterios de toma de decisiones relacionados con la selección de zonas de pesca en la EFI, el MBA logró retratar varios aspectos que determinan las dinámicas de extracción de peces ornamentales del sistema socio-ecológico en la zona y que no son capturados de modo evidente por el experimento, debido a que hacen parte de las distintas capas de información que tienen en cuenta las personas para decidir, pero que no se muestran de forma explícita necesariamente (Cárdenas & Ostrom, 2004). Así mismo, al tener en cuenta el análisis de las personalidades extractivas de los participantes en el experimento se

recogieron aspectos claves de este. El modelo se constituyó por tanto en una herramienta efectiva que permitió la interacción de distintos elementos del sistema de estudio, en este caso el experimento económico del cardenal.

Respecto a los criterios de los agentes para la toma de decisiones relacionadas con la selección de zonas de pesca, no se observa una alta heterogeneidad en quienes fungieron como tales, lo que se puede atribuir a la distribución aleatoria de estos atributos que se hacía al inicio de la simulación. En ese sentido, se podría incluir un proceso como el que propone Bravo (2011), el cual implica la adaptación de los agentes a través del cambio de criterios para la toma de decisiones de acuerdo a las circunstancias planteadas por el entorno y a la interacción con otros agentes. Por otro lado, se observa que en muchos casos los atributos de visión fueron limitantes para los criterios de toma de decisiones con respecto de las preferencias, dado que por ejemplo a veces el agente prefería zonas lejanas pero no podía verlas. Este fenómeno es comparable con las limitantes por combustible en la EFI, en donde a pesar de las preferencias respecto a la zona, este termina siendo determinante a la hora de seleccionar un lugar u otro.

La extracción promedio de los agentes en los grupos de línea base fue bastante inferior a la que tuvieron los participantes en el experimento, lo que muestra que en este aspecto no se retrató el comportamiento observado en su transcurso. Sin embargo, fue difícil tener una visión clara de las decisiones individuales de los agentes, ya que en muchos casos no pudieron “expresar” las personalidades extractivas que tenían debido a que competían con otros agentes por el recurso y a que los criterios para la toma de decisiones respecto a las zonas de pesca no coincidían necesariamente con la realidad de dichas zonas.

Revisando los resultados obtenidos respecto al criterio para la toma de decisiones asociado a la sanción económica, se observa que prácticamente ningún agente en el modelo tuvo en cuenta lo que sugería la multa para sus decisiones. En ese sentido, el modelo fue deficiente en retratar la heterogeneidad que se requiere para hacer una representación

más correcta de la realidad. Cabe resaltar que aunque el agente no tenga en cuenta la regla propuesta en la sanción económica, no quiere decir que extraiga más de una unidad, ya que se comporta de acuerdo a la personalidad extractiva que tiene, la cual no necesariamente coincide con una extracción superior a una unidad. Además, considerando el comportamiento de las primeras ocho rondas se observa un comportamiento extractivo bastante cercano al óptimo social propuesto.

Contrastando los resultados obtenidos en el MBA con resultados experimentales, se observa que los resultados del modelo tienen patrones disímiles con respecto a ejercicios en los que se aplicaron tratamientos de sanción económica. De acuerdo con la literatura, en varios experimentos en los que esta sanción se implementó como institución para reducir la extracción, su efecto fue bajo respecto a los resultados que arrojan tratamientos como comunicación, censura social, etc. (eg. Cárdenas, Stranlund & Willis, 2000; López *et al.*, 2013; Moreno-Sánchez & Maldonado, 2010).

En cuanto al contexto de la EFI, los resultados del modelo son congruentes con el comportamiento extractivo esperado para un ejercicio de este tipo. De acuerdo con los distintos actores en la zona, la sanción económica no tiene muchas probabilidades de ser efectiva ya que no hay posibilidades de monitoreo por parte de una autoridad central; en el caso del MBA la sanción no implicó cambios en el comportamiento de los agentes. Sin embargo, se considera importante realizar un ejercicio con los pescadores de la EFI que permita nutrir el modelo de forma más directa, para garantizar una mayor aproximación de este al contexto, como puede ser la inclusión de estrategias que se hayan tenido en el experimento, tal y como lo propone Deadman (1999), quien basándose en las encuestas realizadas después del experimento definió una serie de agentes que adoptaban algunas de estas estrategias y que las evaluaban de acuerdo a los resultados obtenidos.

Para el caso del MBA del experimento, y confirmando los riesgos y complicaciones que se presentan en este tipo de ejercicios cuando se incluyen demasiados aspectos (Poteete

et al., 2010), la alta complejidad de los agentes y las limitaciones respecto al recurso disponible, determinadas por la definición de zonas, hicieron difícil el análisis de los datos.

SOBRE EL EJERCICIO DE INVESTIGACIÓN Y SUS IMPLICACIONES EN LA CONSERVACIÓN DE LA EFI

El experimento económico del cardenal fue un ejercicio que sirvió para aproximarse al comportamiento de extracción de los pescadores de la EFI; sin embargo, la inclusión de otro tipo de tratamientos como “co-manejo” (eg. Moreno-Sánchez & Maldonado, 2010) podría ser de utilidad para este tipo de contextos en los que los planes de ordenamiento pesquero implican una alta participación de los actores locales. Por otro lado, se debe destacar que el uso de experimentos económicos en procesos de fortalecimiento de la gobernanza y manejo de recursos de uso común puede ser clave para generar reflexiones que conlleven al aumento de la comprensión de dilemas sociales asociados a este tipo de recursos, así como del compromiso y la conciencia que tienen los actores respecto a dichos procesos.

Sin duda, la interacción de metodologías se constituye en una herramienta que permite la comprensión e inclusión de distintos factores que de otro modo se invisibilizarían con el uso de un único método; no obstante, es importante tener claro de qué manera estas se articulan y cómo una se constituye en insumo o complemento de la otra. En ese sentido, se considera fundamental seguir explorando sobre la interacción de los métodos y sobre sus fortalezas y debilidades a la hora de aproximarse a realidades complejas como las que implican los sistemas socio-ecológicos.

Por otro lado, cabe destacar que el uso de los experimentos económicos como herramienta pedagógica y de reflexión fue clave para el proceso de acuerdos sostenibles con las

comunidades de pescadores en la EFI. Los talleres participativos posteriores a los experimentos permitieron retomar situaciones propias de los dilemas sociales relacionados con el manejo de recursos de uso común en sistemas socio-ecológicos como el de la pesquería de la EFI; permitiendo, por ejemplo, visibilizar cómo las acciones individuales implican consecuencias para el grupo, no solo por el carácter mismo de este tipo de recursos (la extracción individual afecta a los demás), sino a nivel de incumplimiento de acuerdos. En ese sentido se destacó que aunque los acuerdos son un proceso que requiere tiempo y que por lo tanto no pueden ser cumplidos a cabalidad desde el primer momento, esto no quiere decir que su incumplimiento sea válido, ya que ello genera a su vez que la confianza en el grupo disminuya, amenazando, por tanto, la efectividad de todo el proceso de acuerdos.

De otra parte, se hicieron reflexiones respecto a la necesidad de obtener información biológica que, al igual que un monitoreo permanente del recurso, les permita a las comunidades tener una mayor claridad sobre cuánto y cómo se encuentra el recurso pesquero, y la manera de utilizar esa información para el ajuste futuro de los acuerdos. Esto partiendo de que en el experimento los participantes conocían el estado de la población de cardenales al inicio de cada ronda..

Partiendo del ejercicio de investigación, de los resultados obtenidos y de las reflexiones realizadas con los pescadores de la EFI se puede concluir que un proceso de comanejo en el cual se incluya a las comunidades tanto en el monitoreo del recurso hidrobiológico -como de hecho se está haciendo actualmente- como en el planteamiento de acuerdos en el marco del plan de ordenamiento pesquero de la EFI es la única manera de garantizar que se llegue a una pesquería sostenible en la que los mismos pescadores sean los garantes de su mantenimiento. En otras palabras, teniendo en cuenta que el tratamiento de comunicación fue el que acarreó mejores resultados en términos del óptimo social, y considerando las dificultades que implica el monitoreo y la sanción asociados a los acuerdos y ejercidos por el gobierno, se concluye que el ordenamiento de la pesquería debe desarrollarse idealmente en un contexto de comanejo.



Bibliografía

- AGUDELO, E., SÁNCHEZ, C. L., RODRÍGUEZ, C. L., BONILLA-CASTILLO, C. A., & GÓMEZ, G. A. (2011). Diagnóstico de la pesquería en la cuenca del Amazonas. En: C. Lasso, F. de Paula Gutiérrez, M. A. Morales-Betancourt *et al.* (eds.) II. "Pesquerías continentales en Colombia: Cuencas del Magdalena-Cauca, Sinú, Canalete, Atrato, Orinoco, Amazonas y Vertiente del Pacífico". Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- AJIACO-MARTÍNEZ, R. E. & RAMÍREZ-GIL, H. (2001). La pesca de especies ornamentales en el área de influencia del Inírida. En: Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (ed.). "La pesca en la Baja Orinoquia colombiana: Una visión integral". Bogotá: Inpa.
- AJIACO-MARTÍNEZ, R. E., RAMÍREZ-GIL, H., SÁNCHEZ-DUARTE, P., LASSO, C. & TRUJILLO, F. (2012). "Diagnóstico de la pesca ornamental de Colombia. (Vol. IV)". Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- ALLAN, J. D., ABELL, R., HOGAN, Z., REVENGA, C., TAYLOR, B. W., WELCOMME, R. L. & WINEMILLER, K. (2005). Overfishing of inland waters. *BioScience*, 55 (12): 1041-1051.
- Alta Consejería para las Regiones y la Participación Ciudadana. (2012). Ayuda de Memoria del Acuerdo para la Prosperidad N° 70. Inclusión Social y Generación de Ingresos. 27-28 de Abril 2012, Puerto Inírida, Guainía. ACRP-E-0516.
- ANDERIES, J. M., JANSSEN, M. A., BOUSQUET, F., CÁRDENAS, J. C., CASTILLO, D., LÓPEZ, M. C. & WUTICH, A. (2011). The challenge of understanding decisions in experimental studies of common pool resource governance. *Ecological Economics* 70 (9):1571-1579.

- BERKES, F., HUGHES, T., STENECK, R., WILSON, J. A., BELLWOOD, D., CRONA, B. & NORBERG, J. (2006). Globalization, roving bandits, and marine resources. *Science*, 311 (5767): 1557-1558.
- BERKES, F., MAHON, R., MCCONNEY, P., POLLNAC, R. & POMEROY, R. (2001). "Managing small-scale fisheries: alternative directions and methods". Ottawa, Canada. IDRC (International Development Research Centre).
- BRAVO, G. (2011). Agents' beliefs and the evolution of institutions for common-pool resource management. *Rationality and Society*, 23 (1): 117-152.
- CÁRDENAS, J. C. (2000). How do groups solve local commons dilemmas? Lessons from experimental economics in the field. *Environment, Development and Sustainability*, 2 (3): 305-322.
- CÁRDENAS, J. C. (2004). Norms from Outside and from Inside: An Experimental Analysis on the Governance of Local Ecosystems. *Forests Policy and Economics*, 6: 229-241.
- CÁRDENAS, J. C. (2009). Experiments in environment and development. *Annual Review of Resource Economics*, 1 (1): 157-182.
- CÁRDENAS, J. C., AHN, T. K. & OSTROM, E. (2004). Communication and cooperation in a common-pool resource dilemma: a field experiment. En: S. Huck (ed.). "Advances in Understanding Strategic Behaviour: Game Theory, Experiments and Bounded Rationality" (pp. 258-286). New York: Palgrave Macmillan.

- CÁRDENAS, J. C. & CARPENTER, J. (2005). Three themes on field experiments and economic development. En: J. Carpenter, J. List & G. Harrison (eds.). "Field experiments in economics" (pp. 71-124). JAI Press. Florida, USA.
- CÁRDENAS, J. C. & CARPENTER, J. (2008). Behavioural development economics: Lessons from field labs in the developing world. *The Journal of Development Studies*, 44 (3): 311-338.
- CÁRDENAS, J. C., MAYA, D. L. & LÓPEZ, M. C. (2003). Métodos experimentales y participativos para el análisis de la acción colectiva y la cooperación en el uso de recursos naturales por parte de comunidades rurales. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 50: 63-96.
- CÁRDENAS, J. C. & OSTROM, E. (2004). What do people bring into the game? Experiments in the field about cooperation in the commons. *Agricultural Systems*, 82 (3): 307-326.
- CÁRDENAS, J. C., STRANLUND, J. & WILLIS, C. (2000). Local environmental control and institutional crowding-out. *World Development*, 28 (10): 1719-1733.
- CASTILLO, D., BOUSQUET, F., JANSSEN, M., WORRAPIMPHONG, K. & CÁRDENAS, J. C. (2011). Context matters to explain field experiments: Results from Colombian and Thai fishing villages. *Ecological Economics*, 70 (9): 1609-1620.
- CASTRO, F. & MCGRATH, D. (2010). O manejo comunitário de lagos na Amazônia. *Parcerias estratégicas*, 6 (12): 112-126.

Corte Constitucional. Sentencia de 31 de marzo de 2011. Magistrado Ponente: Luis Ernesto Vargas Silva. (Sentencia Número 235/11), página 1. Copia tomada directamente de: <http://corteconstitucional.gov.co/relatoria/2011/T-235-11.htm>

DEADMAN, P. J. (1999). Modelling individual behaviour and group performance in an intelligent agent-based simulation of the tragedy of the commons. *Journal of Environmental Management*, 56 (3): 159-172.

DINERSTEIN, E., GRAHAM, D. J. & OLSEN, D. M. (1995). Una evaluación del estado de conservación de las ecorregiones terrestres de América Latina y el Caribe. Washington D. C.: Banco Mundial, CDC.

DUFFY, J. (2006). Agent-based models and human subject experiments. *Handbook of Computational Economics*, 2: 949-1011.

ESPINOZA, S. (2011). "Reglas para la cacería en comunidades indígenas de la Reserva de la Biosfera y Tierra Comunitaria de Origen Pilón Lajas: Un análisis desde la economía experimental". Academic Series # 5, Conservation Strategy Fund.

FRIEDMAN, D., & SUNDER, S. (1994). "Experimental methods: A primer for economists". Cambridge University Press. Cambridge, UK.

GÄCHTER, S. & FEHR, F. (1999). Collective action as a social exchange. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 39 (4): 341-369.

- GARDNER, R., OSTROM, E. & WALKER, J. (1994). Social capital and cooperation: Communication, bounded rationality, and behavioral heuristics. En: U. Shulz, W. Albers & U. Mueller (eds). "Social dilemmas and cooperation" (pp. 375-411): Springer. Berlin Heidelberg.
- GINTIS, H. (2000). Beyond Homo economicus: evidence from experimental economics. *Ecological Economics*, 35 (3): 311-322.
- GOULDING, M. (1980). "The fishes and the forest: explorations in Amazonian natural history". University of California Press. California, USA.
- GUTBERLET, J., SEIXAS, C. S. & CAROLSFELD, J. (2007). Resource conflicts: challenges to fisheries management at the São Francisco river, Brazil. *Human Ecology*, 35 (5): 623-638.
- GUTIÉRREZ, F., ACOSTA, L. E. & SALAZAR, C. A. (2004). "Perfiles urbanos en la Amazonia colombiana: un enfoque para el desarrollo sostenible". Colciencias. Bogotá: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá, Colombia.
- HARRISON, G. W. & LIST, J. A. (2004). Field experiments. *Journal of Economic Literature*, 42 (4): 1009-1055.
- HECKBERT, S., BAYNES, T. & REESON, A. (2010). Agent-based modeling in ecological economics. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1185 (1): 39-53.
- HENRICH, J. & SMITH, N. (2004). Comparative experimental evidence from Machiguenga, Mapuche, Huinca & American populations shows substantial

variation among social groups in bargaining and public goods behavior. En: J. Henrich, R. Boyd, S. BOWLES, C. CAMERER, E., FEHR, H. Gintis, (eds). "Foundations of human sociality: Economic experiments and ethnographic evidence from fifteen small-scale societies". Mimeo, Oxford University Press, pp. 125-167.

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. (2013). Corporaciones autónomas regionales de Colombia. Consultado: Junio 29 de 2013. Tomado de: <http://www.humboldt.org.co/sina/corporaciones.htm>

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2012). "Agenda Nacional de Investigación en Pesca y Acuicultura". Bogotá: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR).

JANSSEN, M. A. & OSTROM, E. (2006). Empirically based, agent-based models. *Ecology and Society*, 11 (2): 37.

JUNK, W. J., BAYLEY, P. B. & SPARKS, R. E. (1989). The flood pulse concept in river-floodplain systems. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences 106: 110-127.

LASSO, C. A., AGUDELO-CÓRDOBA, E., JIMÉNEZ-SEGURA, L. F., RAMÍREZ-GIL, H., MORALES-BETANCOURT, M., AJIACO-MARTÍNEZ, R. E., GUTIÉRREZ, F. P., USMA, J. S., MUÑOZ, S., SANABRIA, A. I. (2011). "Catálogo de los recursos pesqueros continentales de Colombia". Bogotá: Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

- LASSO, C. A., USMA, J. S., TRUJILLO, F. & RIAL, A. (2010). "Biodiversidad de la Cuenca del Orinoco: bases científicas para la identificación de áreas prioritarias para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad". Bogotá: Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, WWF Colombia, Fundación Omacha, Fundación La Salle e Instituto de Estudios de la Orinoquia (Universidad Nacional de Colombia).
- LEVITT, S. D. & LIST, J. A. (2007). What do laboratory experiments measuring social preferences reveal about the real world? *Journal of Economic Perspectives*, 20 (3): 153-174.
- LONDOÑO-CALLE, V. (2012). El Orinoco, a la espera de una firma. El Espectador. Tomado de: <http://www.elespectador.com/impreso/vivir/articulo-359808-el-orinoco-espera-de-una-firma>
- LONDOÑO-CALLE, V. (2013, Marzo 6). Minminas no apoya protección del Orinoco. El Espectador. Tomado de: <http://www.elespectador.com/noticias/medio-ambiente/articulo-408756-minminas-no-apoya-proteccion-del-orinoco>
- LÓPEZ, M. C. (2011). Combining Experiments and participatory rural appraisal tools in the field: Exploring new techniques to study the management of the Commons in Colombia. Working Paper.
- LÓPEZ, M. C., MURPHY, J. J., SPRAGGON, J. M. & STRANLUND, J. K. (2012). Comparing the Effectiveness of Regulation and Individual Emotions to Enhance Cooperation: Experimental Evidence from Fishing Communities in Colombia. *Economic Inquiry*, 50 (1): 131-142.

- LÓPEZ, M. C., MURPHY, J. J., SPRAGGON, J. M. & STRANLUND, J. K. (2013). Does Government Regulation Complement Existing Community Efforts to Support Cooperation? Evidence from Field Experiments in Colombia. En: J. A. List & M. Price (eds.). *Handbook on Experimental Economics and the Environment*. Edward Elgar Publishing, pp. 346-366.
- MANCERA-RODRÍGUEZ, N. J. & ÁLVAREZ-LEÓN, R. (2008). Comercio de peces ornamentales en Colombia. *Acta Biológica Colombiana* 13 (1): 23-52.
- MORENO-SÁNCHEZ, P. & MALDONADO, J. H. (2010). Evaluating the role of co-management in improving governance of marine protected areas: An experimental approach in the Colombian Caribbean. *Ecological Economics*, 69 (12): 10.
- MURCIA, U., CARDONA, G., ALONSO, J. C., SALAZAR, C. A., ACOSTA, L. E., GIRALDO, B. & ZUBIETA, M. (2006). "Balance anual sobre el estado de los ecosistemas y el ambiente de la Amazonia colombiana". Bogotá: SINCHI.
- MURCIA, U., MARÍN, C., ALONSO, J., SALAZAR, C. A., GUTIERREZ, F., DOMINGUEZ, C., TRUJILLO, F., ARGÜELLES, J., RENDÓN, M., OCAMPO, R. (2003). Diseño de la línea base de información ambiental sobre los recursos naturales y el medio ambiente en la Amazonia colombiana. Bogotá: SINCHI.
- OSTROM, E. (1990). *Governing the commons: "The evolution of institutions for collective action"*. Cambridge University Press. Cambridge, UK.
- OSTROM, E. (1998). A Behavioral Approach to the Rational Choice Theory of Collective Action. *American Political Science Review*, 92 (1): 1-22.

- OSTROM, E. (2006). The value-added of laboratory experiments for the study of institutions and common-pool resources. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 61 (2): 149-163.
- OSTROM, E. (2007). A diagnostic approach for going beyond panaceas. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104 (39): 15181.
- OSTROM, E., GARDNER, R. & WALKER, J. (1994). Rules, games, and common-pool resources. University of Michigan Press.
- PAULY, D., CHRISTENSEN, V., GUÉNETTE, S., PITCHER, T. J., SUMAILA, U. R., WALTERS, C. J. & ZELLER, D. (2002). Towards sustainability in world fisheries. *Nature*, 418 (6898): 689-695.
- PINEDO, D. & SORIA, C. (2008). El manejo de las pesquerías en los ríos tropicales de Sudamérica. Instituto del Bien Común.
- POTEETE, A. R., JANSSEN, M. A. & OSTROM, E. (2010). “Working together: collective action, the commons, and multiple methods in practice”. New Jersey: Princeton University Press.
- RAILSBACK, S. F. & GRIMM, V. (2011). *Agent-based and individual-based modeling: a practical introduction*. New Jersey: Princeton University Press.
- RODRÍGUEZ, C. A. (2010). Sistemas agrícolas –chagras– y seguridad alimentaria (Vol. 2). Bogotá: Fundación Tropenbos Internacional Colombia.

Sistema de Información Ambiental Territorial de la Amazonia Colombiana (SIAT-AC). (2013). Tomado de: <http://siatac.siac.net.co/web/guest/productos/atlas>

SMITH, N. J. H. (1985). The impact of cultural and ecological change on Amazonian fisheries. *Biological Conservation*, 32 (4): 355-373.

SMITH, V. L. (1976). Experimental Economics: Induced Value Theory. *The American Economic Review*, 66 (2): 274-279.

SMITH, V. L. (1994). Economics in the Laboratory. *The Journal of Economic Perspectives*, 8 (1): 113-131.

SMITH, V. L. (2010). Theory and experiment: What are the questions? *Journal of Economic Behavior & Organization*, 73 (1): 3-15.

STURM, B. & WEIMANN, J. (2006). Experiments in environmental economics and some close relatives. *Journal of Economic Surveys*, 20 (3): 419-457.

TANGNEY J. P, MILLER, R., FLICKER, L. & H. BARLOW, D. (1996). Are shame, guilt, and embarrassment distinct emotions? *Journal of Personality and Social Psychology*, 70: 1256-1269.

TRAVERS, H., CLEMENTS, T., KEANE, A. & MILNER-GULLAND, E. (2011). Incentives for cooperation: The effects of institutional controls on common pool resource extraction in Cambodia. *Ecological Economics*, 71 (15): 151-161.

United Nations Commodity Trade Statistics Database. (2010). Tomado de: <http://comtrade.un.org/db/ce/ceSnapshot.aspx?px=H3&cc=030110>.

VÉLEZ, M. A., MURPHY, J. J. & STRANLUND, J. K. (2010). Centralized and Decentralized Management of Local Common Pool Resources in the Developing World: Experimental Evidence from Fishing Communities in Colombia. *Economic Inquiry*, 48 (2): 254-265.

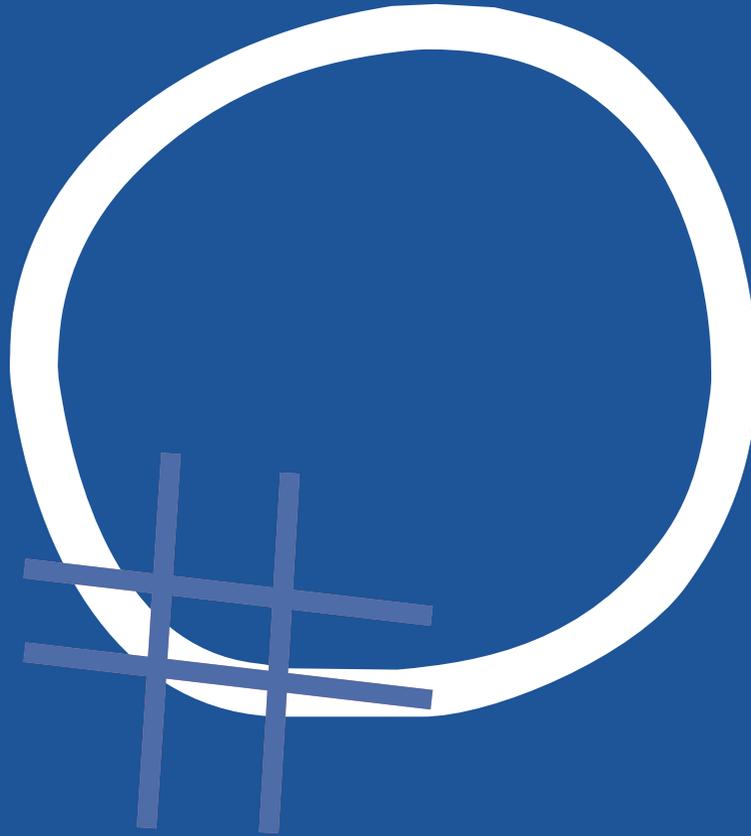
VÉLEZ, M. A., STRANLUND, J. K. & MURPHY, J. J. (2009). What motivates common pool resource users? Experimental evidence from the field. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 70 (3): 485-497.

WHITMORE, T. C. & PRANCE, G. T. (1987). Biogeography and Quaternary History in Tropical America. Oxford Monographs on Biogeography N° 3. Oxford: Clarendon Press.

WWF Colombia. (2009). La Estrella de Inírida. *WWF Colombia en Acción*, 9: 6-8.

WWF Colombia. (2010). *Ficha información Ramsar entregada por WWF Colombia al Ministerio de Ambiente*.

ZÚÑIGA, P. T. (2010). Lineamientos de gestión ambiental para el control del tráfico ilícito de peces ornamentales dulceacuícolas de las cuencas Amazonas y Orinoco. (Tesis en Maestría en Gestión Ambiental). Bogotá, Pontificia Universidad Javeriana.



Apéndice

PROTOCOLO DEL MODELO BASADO EN AGENTES DEL EXPERIMENTO ECONÓMICO DEL CARDENAL

Los modelos basados en agentes (MBA) son de tipo digital y permiten representar los componentes individuales y sus comportamientos, entendidos como entidades únicas y autónomas que interactúan entre sí y/o con el ambiente en el que se encuentran (Railsback & Grimm, 2011).

Una forma útil y sencilla de describir y explicar las dinámicas y generalidades de los MBA es a través de un protocolo de conceptos acerca de su diseño (Railsback & Grimm, 2011). Dicho protocolo está constituido por una serie de componentes que se describen a continuación, con el fin de explicar el MBA específico que se plantea para la presente investigación.

Generalidades del diseño del MBA

a. Propósito del modelo basado en agentes

El sistema que se simula con el MBA es un experimento económico de pesca que representa, de forma sencilla, el comportamiento de los pescadores de la EFI participantes. El objetivo del modelo es explorar los efectos de la inclusión de una multa en el comportamiento de los agentes.

En cuanto a la interacción de los usuarios¹² con el MBA, se espera que los agentes puedan definir las condiciones iniciales del ambiente (tamaño de la población de pescadores,

¹² Para garantizar la correcta interpretación del presente documento se aclara que la palabra usuario se refiere a la persona que interactúa de un modo directo con el modelo sin interactuar con el código de programación de este.

probabilidad de captura del recurso, número y tipo de pescadores y existencia de un nuevo arreglo de manejo: la multa), así como observar mediante la interfaz del modelo y gráficos sencillos, lo que ocurriría con las ganancias de los pescadores y con el *stock* de peces en cada ronda.

b. Entidades y variables de estado

Las entidades constituyen los componentes del modelo, los cuales pueden ser agentes (uno o más tipos), el ambiente en el que estos interactúan (que usualmente está dividido en celdas) y el ambiente global que los afecta a todos. Dichas entidades tienen ciertas características (propiedades o atributos y estrategias de comportamiento) que pueden o no cambiar en el tiempo y que son dadas por las variables de estado.

Teniendo en cuenta que con el presente modelo se busca representar de manera sencilla y general el comportamiento de los pescadores de la EFI en un experimento económico, se identificaron cuatro tipos de entidades, que se describen en la Tabla 1.

Tabla 1. Entidades y variables de estado

Entidades	Variable de estado	Atributos de la variable	Tipo
Pescadores	Criterio par la toma de decisión 1	a. Prioriza la elección de zonas de pesca cercanas y grandes. b. Prioriza la elección de zonas de pesca lejanas y grandes.	Agente
	Criterio par la toma de decisión 2	a. Tiene en cuenta la regla propuesta para su decisión de extracción. b. No tiene en cuenta la regla propuesta para su decisión de extracción.	
	Visión de profundidad 1	El agente tiene una menor visión de profundidad, solo percibe una parte del mundo.	
	Visión de profundidad 2	El agente tiene una mayor visión de profundidad, percibe gran parte del mundo.	
	Personalidad extractiva 1	Cooperador	
	Personalidad extractiva 2	No cooperador	
	Personalidad extractiva 3	Recíproco	
	Personalidad extractiva 4	Oportunista	
	Ubicación	Coordenadas en el mundo simulado	
Peces	Probabilidad de escape	a. Escape b. Captura	Agente
Comunidad	Condiciones físicas y de ubicación	a. Color b. Coordenadas en el mundo	Celda
Zonas de pesca	Condiciones físicas y de ubicación (hay seis zonas de pesca)	a. Color b. Coordenadas en el mundo	Celda
Multa	Existencia	a. Presencia b. Ausencia	Ambiente global
	Probabilidad de aplicación	Definida por el usuario del modelo	

c. Generalidades de los procesos que se dan al interior del MBA

Estas generalidades se especifican para cada uno de los agentes y se establecen con el fin de definir cuáles son los procedimientos que deben ejecutar, tal y como se describe a continuación. Para facilitar el entendimiento, en la Figura 1 se encuentra explicado cada uno de los componentes.

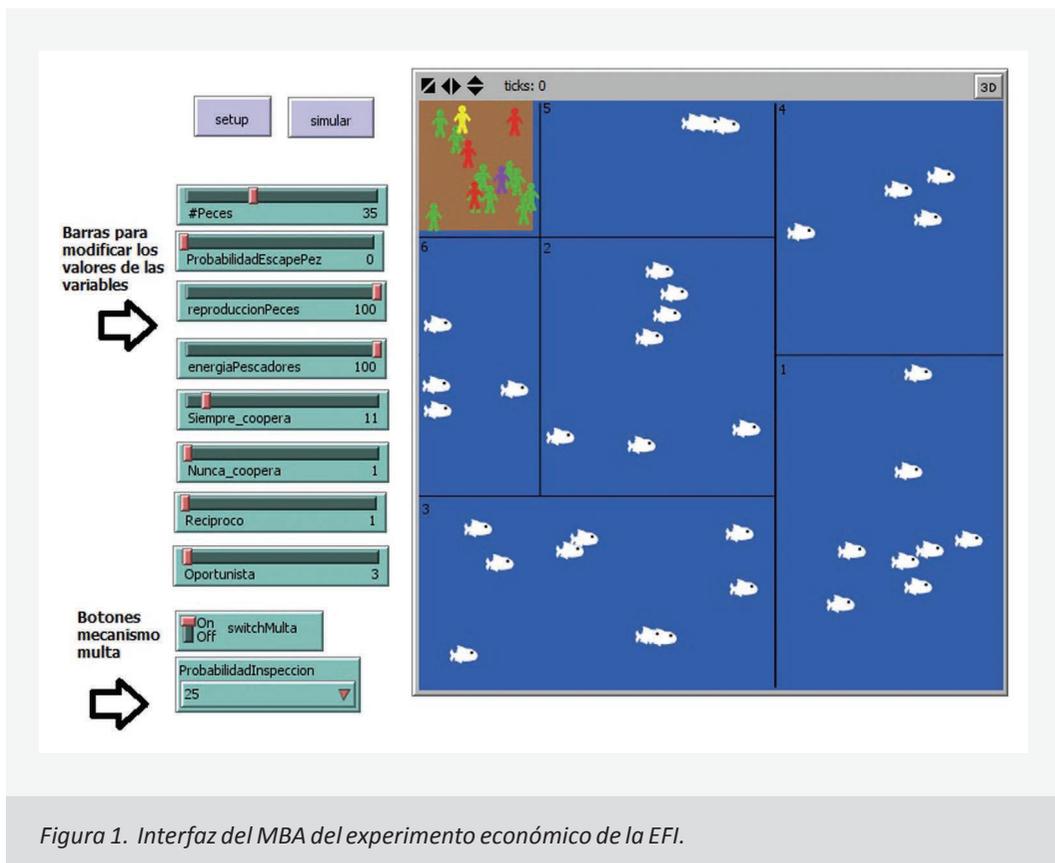


Figura 1. Interfaz del MBA del experimento económico de la EFI.

PESCADORES: Exhiben una forma y un color determinados. Los colores asignados permiten diferenciar las personalidades extractivas. Presentan cuatro condiciones iniciales:

- 1. Ubicación:** Coordenadas que localizan a los agentes en el área correspondiente a la comunidad, no pueden ser determinadas por el usuario y se otorgan aleatoriamente a cada agente al inicio de la simulación.
- 2. Criterio para la toma de decisión 1:** Representa imaginarios respecto a la relación entre distancia de las zonas de pesca a la comunidad y la disponibilidad de peces.
 - a. Se representa el supuesto del que parten algunos de los pescadores de la EFI, bajo el cual las zonas más cercanas y grandes son priorizadas para la pesca.
 - b. Se representa el supuesto del que parten algunos de los pescadores de la EFI, bajo el cual las zonas más lejanas y grandes son priorizadas para la pesca.
- 3. Criterio para la toma de decisión 2:** Representa imaginarios respecto al cumplimiento de la regla bajo la cual la extracción ideal es de una unidad.
 - a. Se representa a los pescadores que creen que es importante cumplir la regla, bien sea para evitar la multa o por convicción (esto no se define en el modelo).
 - b. Se representa a los pescadores que no creen que es importante cumplir la regla, y no la tienen en cuenta para tomar su decisión de extracción.
- 4. Visión de profundidad:** Mediante esta variable se representa la disponibilidad de combustible que limita a los pescadores de la EFI en la vida real. Los agentes pueden tener una visión de profundidad alta o baja.

La visión de profundidad tiene un valor entre 0 y 2: Si el valor es 0 el agente ve las zonas 5 y 6, si el valor es 1 el agente ve todas las zonas excepto la 1 y si el valor es 2 el agente ve la totalidad de las zonas.

5. Tipo de jugador:

Personalidad extractiva 1: Con esta se representa la sexta norma de reciprocidad descrita por Ostrom (1998), bajo la cual el jugador siempre coopera, independientemente de los demás. Para el caso del experimento del cardenal, esto implica una extracción de una unidad en todas las rondas. Sin embargo, después de revisar los distintos comportamientos extractivos de los jugadores de los grupos de línea base en el experimento se evidenció que en el sentido estricto este comportamiento no se presentó en ninguno de los casos, pero sí se observaron casos de jugadores que siempre extrajeron menos que el promedio de los demás en su grupo, por lo que se les tipificó como de personalidad extractiva 1.

Con el fin de representar este tipo de comportamiento en el MBA se definió que los agentes con este tipo de personalidad extrajeran dos unidades por debajo de la extracción promedio de los otros, siempre y cuando esto no implicara una extracción de cero, caso en el que se definió la extracción de una unidad.

En la interfaz el usuario del modelo puede elegir el número de agentes cooperadores que quiere representar en la simulación, mediante la manipulación de una barra, diferenciando a dichos agentes por su coloración verde.

Personalidad extractiva 2: Con esta se busca representar la cuarta norma de Ostrom (1998), bajo la cual el jugador nunca coopera y tiene como único fin maximizar sus ganancias en todos los casos. Para el experimento esto se representa con una extracción de siete unidades en todas las rondas. En el MBA se definió que los agentes que corresponden a este tipo de personalidad extraigan siete unidades en todas las rondas, pues hubo casos en los que esto ocurrió.

En la interfaz el usuario del modelo puede elegir el número de agentes no cooperadores que quiere representar en la simulación, mediante el uso de una barra, diferenciándolos por su coloración violeta.

Personalidad extractiva 3: Con ella se busca representar la tercera regla de Ostrom (1998): “cuando todos cooperan, entonces yo coopero, y dejo de cooperar si los demás no son recíprocos”. En el MBA esta situación se representa mediante el uso de la ecuación 1.

$$E_i = \left(\frac{E_{total_{i-1}} - E_{i-1}}{l_g} \right) \quad (1)$$

En donde:

E_i	Extracción individual en esa ronda.
$E_{total_{i-1}}$	Extracción de todo el grupo en la ronda anterior.
E_{i-1}	Extracción individual en la ronda anterior.
l_g	Total de individuos del grupo en la simulación.

A través del análisis del comportamiento extractivo de los jugadores de los grupos de la línea base se pudo observar la ocurrencia de esta tipología, no necesariamente en un sentido estricto pero sí en términos del patrón representado. En el MBA el usuario puede elegir el número de agentes recíprocos que quiere representar en la simulación mediante el uso de una barra, diferenciándolos por su coloración amarilla.

Personalidad extractiva 4: Con ella se busca representar la quinta regla de Ostrom (1998): “siempre coopera desde el inicio, deja de cooperar si otros no cooperan y si puede comportarse como oportunista” (*free rider*). Para representar este tipo de comportamiento en el MBA se definió el uso de la ecuación 2.

$$Si, 2 \leq \left(\frac{E_{total_{i-1}} - E_{i-1}}{l_g} \right) \leq 4 \Rightarrow E_i = 3, E_i = 7 \quad (2)$$

En donde:

E_i	Extracción individual en esa ronda.
$E_{total_{i-1}}$	Extracción de todo el grupo en la ronda anterior.
E_{i-1}	Extracción individual en la ronda anterior.
l_g	Total de individuos del grupo en la simulación.

A través del análisis del comportamiento extractivo de los jugadores de los grupos de la línea base se pudo observar la ocurrencia de esta tipología, no necesariamente en un sentido estricto pero sí en términos del patrón representado. En el MBA el usuario puede elegir el número de agentes recíprocos que quiere representar en la simulación, mediante el uso de una barra, diferenciándolos por su coloración roja.

Procedimiento que siguen los agentes-pescadores al interior del modelo

Respecto a las acciones y procedimientos de los pescadores simulados en el MBA, los agentes-pescadores deben decidir a dónde y cuánto pescar, dado que el modelo es espacialmente explícito. La selección de la zona de pesca se hace de acuerdo a su lejanía respecto a ellos mismos (ubicados en distintos puntos de la comunidad) y a su tamaño. En ese sentido tienen prioridad las zonas grandes y lejanas o las zonas grandes y cercanas dependiendo del tipo de agente; cuando hay zonas que comparten los atributos evaluados el agente-pescador selecciona una al azar. Después de determinar cuál es la zona ideal, de acuerdo a las condiciones anteriores, el agente evalúa el gasto energético que le implica trasladarse hasta allá, pescar y regresar (esta evaluación la hace midiendo el

costo energético de su movilización hacia -y desde- la zona elegida: el valor de la inversión de energía por celda es fijo y constante). Si el agente tiene energía suficiente se debe desplazar a este lugar y pescar; en caso contrario, se debe repetir el cálculo con la siguiente zona más lejana y grande. Luego el agente pesca de acuerdo con su personalidad extractiva.

Adicionalmente se simula una multa que se incorpora después de la extracción de los pescadores y que está determinada de acuerdo a un límite máximo de extracción (a partir de dos peces extraídos el agente-pescador debe pagar veinte unidades de energía por cada pez adicional). Con este mecanismo activo y distribuido aleatoriamente, los agentes-pescadores tienen un criterio para la toma de decisiones referente al cumplimiento de la regla.

El mecanismo que se diseñó simula a un monitor que saca una balota de una bolsa que contiene una balota roja y varias balotas blancas. Si sale la balota roja todos los agentes-pescadores aplican la multa de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\pi_j = \alpha X_j + \beta [S - \sum_{i=1}^n X_i] - pT(X_i - 1)$$

En donde p es igual a la probabilidad de ser inspeccionado y T el valor de la multa por cada unidad adicional que extraiga el agente por encima del óptimo social de una unidad.

En el MBA, este mecanismo puede ser activado o no por el usuario a través de la modificación de un botón en la pantalla.

PECES: Todos son iguales y su distribución en las zonas de pesca es aleatoria, pero la probabilidad de nacimiento en unas zonas (las más lejanas a la comunidad en el mundo)

es más alta que en otras (las tres más cercanas a la comunidad en el mundo), y el tamaño de la población es estático en el tiempo (una barra que va desde 1 hasta 100 en la interfaz).

Los peces nacen y mueren en cada ronda, siempre la misma cantidad. Sin embargo, tienen una probabilidad de escape si entran en contacto con uno de los pescadores (esta probabilidad se puede modificar en una barra de la interfaz y va de 0% a 100%), situación observada en la interfaz como probabilidad de pesca (Figura 1).

Conceptos del diseño del MBA

d. Resultados emergentes

La emergencia es el concepto básico para entender los modelos de agentes y se refiere a las salidas y dinámicas del sistema que surgen de manera impredecible (difíciles o incluso imposibles de predecir o pensar), como producto del comportamiento de los agentes y de las características del ambiente (Railsback & Grimm, 2011).

En este caso en particular se habla de un nivel intermedio de emergencia, ya que aunque se cambian los escenarios de toma de decisión, se parte del comportamiento observado en un experimento y descrito en la teoría; por tanto, es posible prever algunos patrones de comportamiento de los agentes. Estos resultados son exportados a tablas de Excel y pueden ser observados en la interfaz del modelo al lado derecho del mundo (Figura 2).

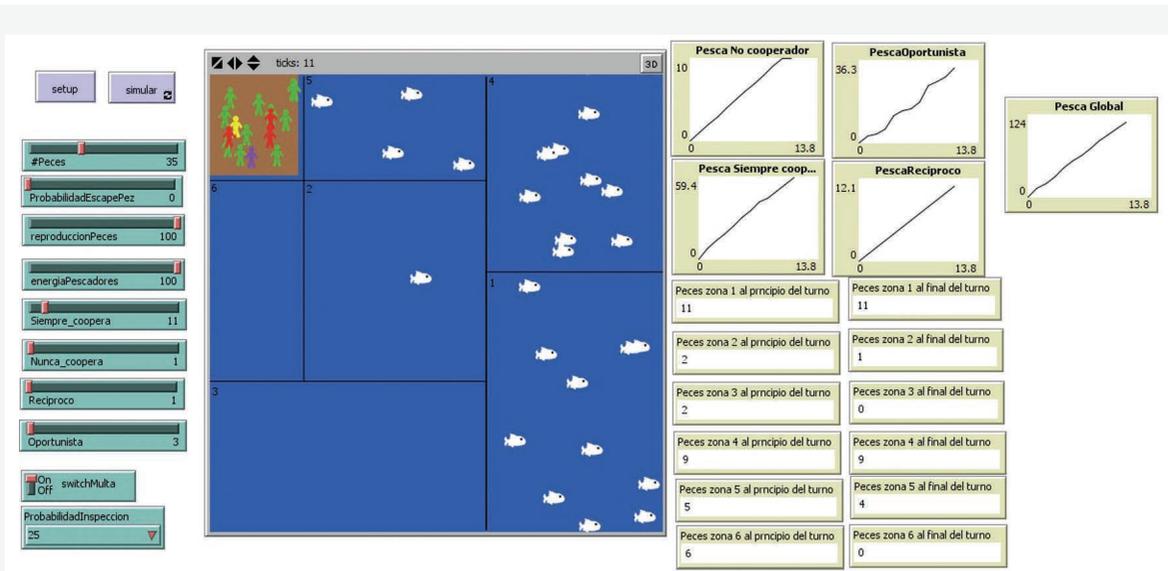


Figura 2. Interfaz del modelo, observación de resultados.

Los escenarios que se quiere explorar son los siguientes: i) estado de la población de peces al final de cada ronda (reconociendo que se replica un experimento estático y que por lo tanto no hay afectación de esta variable de una ronda a la otra), ii) extracción promedio de peces y obtención promedio de energía (ganancias) producto de esta actividad por parte de los pescadores y, por último, iii) cumplimiento de la regla (multa); este se observa en la tabla de Excel que se exporta desde NetLogo, mas no en la interfaz.

e. Adaptación

Se refiere a los comportamientos de los agentes y específicamente a las decisiones que usan para adaptarse a condiciones cambiantes en su ambiente. En este caso se puede hablar de adaptación únicamente en el caso de los pescadores, ya que son ellos los únicos que tienen la capacidad de decidir. En otras palabras, las demás entidades no tienen un objetivo concreto dentro del modelo, y aunque deben verificar su situación actual

al inicio de cada ronda, de acuerdo a sus variables de estado, sencillamente siguen un patrón establecido.

Frente a este punto es importante aclarar a qué nos referimos cuando decimos que los agentes deciden de forma explícita o implícita. Los agentes tienen un objetivo dentro del modelo, hay dos formas de explicar esto:

1. **Búsqueda explícita de un objetivo:** Esto quiere decir que el agente elige, entre una serie de posibilidades, la que más le convenga para alcanzarlo.
2. **Búsqueda indirecta de un objetivo:** Esto quiere decir que el agente sencillamente se ve forzado a reproducir un patrón de comportamiento determinado.

En este MBA los pescadores tienen un comportamiento adaptativo que corresponde al primer caso, mientras que el comportamiento de las otras entidades corresponde al segundo caso.

f. Objetivos

Cuando se habla de objetivos se hace desde el punto de vista de los agentes; en el modelo, los pescadores deciden a cuál zona de pesca desplazarse para pescar y, dependiendo del caso (personalidad extractiva), la cantidad que van a pescar, para lo que tienen en cuenta su disponibilidad de energía al inicio de cada ronda y, también dependiendo del caso las decisiones del grupo.

g. Aprendizaje

En los MBA se habla de aprendizaje cuando los agentes cambian sus patrones de comportamiento adaptativo a lo largo del tiempo, lo que no ocurre en el presente modelo: es decir, los distintos pasos para la toma de decisión son los mismos durante todas las rondas, por lo tanto no se puede decir que haya aprendizaje.

h. Predicción

En los MBA se habla de predicciones de tipo implícito (por ejemplo, cuando un agente extrae más cantidad de un recurso busca alcanzar su objetivo dentro del modelo) y de tipo explícito (por ejemplo, agentes que toman una decisión teniendo en cuenta cómo esta afectará sus beneficios en el futuro). En el presente modelo podemos concluir que los pescadores hacen predicciones implícitamente, de acuerdo a los principios teóricos con los que son concebidos en el diseño. En otras palabras, los agentes no tienen un código (programación) que les permita predecir de forma explícita cambios en el ambiente o en sus ganancias futuras. Sin embargo, la decisión de hacia dónde moverse y cuánto extraer responde a un supuesto teórico-práctico acerca de cuál es la mejor opción de acuerdo su energía disponible y a las decisiones de los otros en su grupo, en la ronda inmediatamente anterior (no se puede hablar de memoria para este modelo).

i. Percepción

Cuando se habla de percepción se hace desde el punto de vista de los agentes; en nuestro modelo, los pescadores perciben el estado de la población de peces al final de la ronda, sus ganancias energéticas -y las del grupo- y el cumplimiento de la regla. Respecto a la precisión de dicha percepción, se puede decir que estas variables se simulan explícitamente y se calculan con una alta precisión.

j. Interacción

Los agentes pueden interactuar de dos formas:

1. **Directa:** Interactuando con otros de forma directa.
2. **Mediada:** Interactuando a través de un mecanismo del modelo, como un comportamiento agregado o la competencia por un recurso.

Los pescadores interactúan de forma mediada entre ellos y de forma directa con los peces; estas interacciones se evidencian ronda a ronda y se basan en teorías de la economía clásica y de acción colectiva.

k. Estocasticidad

En este modelo no se puede hablar de estocasticidad matemática, ya que en la programación de los procesos o mecanismos del modelo no se trabaja con números o procesos aleatorios.

l. Colectividad - Procesos agregados

En los MBA se habla de colectividad cuando se refiere a la afectación que tiene un agente por el comportamiento agregado y cómo el agente afecta a ese comportamiento agregado. En el modelo se simula la extracción grupal y las ganancias grupales, lo que afecta la decisión de los pescadores. Este tipo de procesos se representan de forma gráfica en la interfaz del modelo, para que el usuario pueda ver los patrones de comportamiento.

m. Observación

Cuando se habla de observación se hace desde el punto de vista de los usuarios del modelo; es decir, se esclarece la interfaz del modelo. En este caso se puede observar información acerca del tamaño de la población de peces en cada ronda, tasas de extracción de peces y ganancias energéticas, no solo en la dinámica al interior del mundo del MBA sino a través de herramientas gráficas y tablas resumen que permiten llevar un registro durante toda la simulación.



¿Qué es ICAA?

La Iniciativa para la Conservación en la Amazonía Andina (ICAA) es un programa regional de largo plazo creado por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), que suma e integra los esfuerzos de más de 40 organizaciones socias, locales e internacionales, para fortalecer la conservación del bioma amazónico en Colombia, Ecuador y Perú.

Los objetivos de ICAA son: 1) contribuir con la reducción de la tasa de deforestación y la pérdida de biodiversidad; 2) lograr que los aspectos clave de gobernanza de recursos naturales funcionen de manera más efectiva; y 3) mejorar la calidad y la sostenibilidad de los medios de vida de las poblaciones amazónicas. A través de esta iniciativa, USAID reafirma su compromiso con la conservación y el desarrollo sostenible en la Amazonía Andina.

Nuestra Meta

Conservar el bioma amazónico en Colombia, Ecuador y Perú.

Conservación Estratégica-CSF

CSF sustenta los ecosistemas y las comunidades humanas a través de estrategias de conservación impulsadas por la economía. Nuestros cursos, investigaciones y experiencia contribuyen al desarrollo inteligente, cuantifican los beneficios de la naturaleza y crean incentivos duraderos para la conservación.

Con la colaboración de:



MinAmbiente
Ministerio de Ambiente
y Desarrollo Sostenible



ISBN: 978-612-46730-3-0



9 786124 673030