

APRENDIZAJE PARA LA COOPERACIÓN ASISTIDO POR  
JUEGOS DE SIMULACIÓN DINÁMICO- SISTÉMICOS

TESIS DE MAESTRÍA

AUTOR  
ING. GERLY CAROLINA ARIZA ZABALA

MAESTRÍA EN INGENIERÍA  
ÁREA DE INFORMÁTICA Y CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA  
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

APRENDIZAJE PARA LA COOPERACIÓN ASISTIDO POR  
JUEGOS DE SIMULACIÓN DINÁMICO- SISTÉMICOS

TESIS DE MAESTRÍA

AUTOR  
ING. GERLY CAROLINA ARIZA ZABALA

DIRECTOR  
M.I., Ph.D. RICARDO SOTAQUIRÁ GUTIÉRREZ

GRUPO SIMON DE INVESTIGACIONES EN MODELAMIENTO Y SIMULACIÓN  
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN PENSAMIENTO SISTÉMICO  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA  
BUCARAMANGA, AGOSTO DE 2008

Nota de Aceptación

---

---

---

---

---

---

Jurado

---

Jurado

---

Jurado

Bucaramanga, 12 de Agosto de 2008

## AGRADECIMIENTOS

Gracias a todos aquellos que cooperaron.

Dedicatória

A ti.

## TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	17
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.2 ESTRUCTURA DE LA TESIS	20
2. MARCO TEÓRICO Y ANTECEDENTES	22
2.1 LA DINÁMICA DE SISTEMAS Y EL PROBLEMA DE LA SOSTENIBILIDAD DE RECURSOS COMUNES	22
2.2 SOSTENIBILIDAD, COOPERACIÓN: DESDE LA TEORÍA DE ACCIÓN COLECTIVA	24
2.3 DISEÑO DE JUEGOS DE SIMULACIÓN PARA LA SOSTENIBILIDAD	27
2.3.1 Racionalidad y Acción Colectiva	27
2.3.2 Racionalidad y Dinámica de Sistemas	30
3. EL MODELO DE SIMULACIÓN EN DINÁMICA DE SISTEMAS	33
3.1 SELECCIÓN DEL CASO A MODELAR	33
3.2 EL CASO DE LA PIANGUA	35
3.3 SURGIMIENTO DEL MODELO PIANGUA	37
3.4 EL MODELO GENERAL DE LA PIANGUA	40
3.5.1. El ciclo de Cooperación	44
3.5.2 El ciclo del oportunismo	46
3.5.3 El ciclo de maximización de la ganancia	47
3.5.4 El ciclo poblacional	48
3.6 RELACIÓN ENTRE EL CICLO POBLACIONAL DE LA PIANGUA Y LOS CICLOS SOCIALES	49
3.7 EL MODELO MATEMÁTICO DE LA PIANGUA	51
3.7.1 Ciclo de cooperación	52
3.7.2 Ciclo del oportunismo	55

3.7.3 Ciclo maximización de las ganancias	57
3.7.4 Ciclo poblacional de la Piangua	60
3.7.5 Calibración del modelo	63
3.7.6 Lineamientos de diseño de juegos de simulación	65
4. DISEÑO DEL JUEGO DE LA PIANGUA	67
4.1 IDEAS INICIALES	67
4.2 Procedimiento de construcción	69
4.2.1 Premisas de diseño en contraste con Fish Banks	69
4.3 DECISIONES DE DISEÑO	71
4.3.1 Decisiones de tipo individual	74
4.3.2 Decisiones de tipo colectivo	74
4.3.3 Decisiones de información	74
4.4 EL SIMULADOR	76
4.4.1 El Modelo Matemático	77
4.4.2 Interfaces Del Simulador	78
4.4.3 El motor de simulación	84
4.4.4 Modelo de flujo de información	85
4.4.5 Reglas del juego	87
4.4.6 Desarrollo del juego	88
4.4.7 Variaciones realizadas al juego	105
5. EXPERIMENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	110
5.1 EXPERIENCIAS CON EL JUEGO DE LA PIANGUA	110
5.2 RESULTADOS GENERALES	111
5.3 CRITERIOS DE COOPERACIÓN	113
5.3.1 Selección de criterios	114
5.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS CON BASE A LOS CRITERIOS	118
5.4.1 Experiencia de referencia	118
6. CONCLUSIONES Y FUTURAS INVESTIGACIONES	147
6.1 CONCLUSIONES	147

6.2 FUTURAS INVESTIGACIONES	155
TARJETAS DE DECISIÓN DEL JUEGO	175
FORMATO DE CUENTAS DE CADA GRUPO	176
HOJA DEL MONITOR	177
FORMATO DE CUENTAS DE CADA GRUPO	178
(SEGUNDA ETAPA)	178
BIBLIOGRAFIA	156

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Variaciones del Juego de la Piangua	105
Tabla. 2 Esfuerzo total de la comunidad a la luz del criterio de Nash	123
Tabla. 3. El esfuerzo total de la comunidad y el nivel de Piangua en el manglar a la luz del criterio de supervivencia	126
Tabla. 4. Seguimiento y punto de resiliencia del recurso Piangua	128
Tabla 5. Nivel de Piangua en el manglar con relación al esfuerzo total de la comunidad realizado durante la ronda 1	128
Tabla. 6. Nivel de Piangua en el manglar con relación al esfuerzo total de la comunidad realizado durante la ronda 2	130
Tabla 7. Promedio de confianza percibido en la comunidad durante la ronda 1	132
Tabla 8. Promedio de confianza percibido en la comunidad durante la ronda 2	134
Tabla. 9. Promedio de la confianza percibida en la comunidad durante el juego con relación al promedio del esfuerzo realizado por la comunidad	136
Tabla. 10. Esfuerzo realizado por cada familia durante el juego a la luz del criterio de Nash	138
Tabla. 11. Relación del nivel poblacional del recurso Piangua con relación a la variación del nivel de esfuerzo de toda la comunidad	142
Tabla. 12. Relación del esfuerzo de cada una de las familias de la comunidad con relación al criterio de sanciones	145

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Anadara Tuberculosa Hembra “Piangua”	36
Figura 2. Modelo de Segunda Generación de Ostrom	39
Figura 3. Mundo Natural de la Piangua y Mundo de decisión de l individuo.	41
Figura 4. Nuevo Mundo de decisión del Individuo	43
Figura. 5. Ciclo de Cooperación	44
Figura 6. Ciclo del oportunismo	46
Figura 7. Ciclo de maximización de la ganancia	47
Figura 8. Ciclo poblacional de la Piangua	48
Figura 9. Relación entre el ciclo poblacional de la Piangua y los ciclos sociales	50
Figura 10. Diagrama de flujos y niveles del Ciclo de Cooperación	53
Figura 11. Diagrama de Flujos y Niveles del ciclo del Oportunismo	56
Figura 12. Diagrama de Flujos y Niveles del ciclo de Maximización de las Ganancias	58
Figura 13. Diagrama de Flujos y Niveles del ciclo Poblacional de la Piangua	61
Figura 14. Grafica de dos escenarios de simulación con relación al nivel poblacional del recurso Piangua en el manglar	65
Figura 15. Proceso de transición entre el modelo de la Piangua y el juego de la Piangua	68
Figura 16. Diagrama del proceso de formación de percepciones que lleva a cabo un jugador	72
Figura 17. Tablero de decisiones del moderador del juego de la Piangua	79
Figura 18. Tabla de resultados de cada familia del juego de la piangua, del moderador	80

Figura 19. Graficas de resultados de cada familia del juego de la Piangua, del moderador	81
Figura 20. Interfaz del usuario del juego de la Piangua	82
Figura 21. Modelo del flujo de información en el juego de la Piangua	85
Figura 22. Tarjeta de decisión de cada familia del juego de la Piangua en la ronda 1	90
Figura 23. Formato de cuentas de cada familia del juego de la Piangua en la ronda 1	91
Figura. 24 Tablero de decisiones del moderador del juego de la Piangua	92
Figura 25. Tarjeta de decisiones de cada familia del juego de la Piangua en la ronda 2	96
Figura 26. Grafica del nivel del recurso en un periodo de 4 años	112
Figura 27. Grafica del pago promedio de las familias en un periodo de 4 años	112
Figura 29. Tabla de resultados de cada familia del juego en un periodo de 4 años	119
Figura 30. Grafica del esfuerzo realizado por cada familia en un periodo de 4 años	119
Figura 31. Grafica del esfuerzo realizado por la comunidad en un periodo de 4 años	120
Figura 32. Grafica del pago obtenido por cada familia en un periodo de 4 años	121
Figura 33. Grafica del pago obtenido por la comunidad en un periodo de 4 años	121
Figura 34. Grafica del nivel de Piangua en un periodo de 4 años	122
Figura 35. Grafica del flujo de muertes por extracción en un periodo de 4 años	122
Figura 36. Grafica del esfuerzo total de la comunidad a la luz del criterio de Nash	125
Figura 37. Esfuerzo total de la comunidad y el nivel de Piangua en el manglar a la luz del criterio de supervivencia	127

Figura 38. Grafica del nivel de Piangua en el manglar con relación al esfuerzo total de la comunidad realizado durante la ronda 1	129
Figura 39. Grafica del Nivel de Piangua en el manglar con relación al esfuerzo total de la comunidad realizado durante la ronda 2	131
Figura 40. Grafica del voto de confianza en cada turno y promedio de la confianza percibida en la comunidad durante la ronda 1	133
Figura 41. Grafica del voto de confianza en cada turno y promedio de la confianza percibida en la comunidad durante la ronda 2	135
Figura 42. Promedio de la confianza percibida en la comunidad durante el juego con relación al promedio del esfuerzo realizado por la comunidad	137
Figura 43. Esfuerzo realizado por cada familia durante el juego a la luz del criterio de Nash	139
Figura 44. Relación del nivel poblacional del recurso Piangua con relación a la variación del nivel de esfuerzo de toda la comunidad	144

## LISTA DE ANEXOS

Ecuaciones del modelo matematico de la Piangua	161
Ecuaciones del modelo matematico del juego de la Piangua	167
Tarjetas de decision del juego	174
Pantallazos de presentación del juego	179

## RESUMEN

**Titulo:** Aprendizaje para la cooperación asistido por juegos de simulación dinámico sistémicos<sup>1</sup>

**AUTOR:** Gerly Carolina Ariza Zabala \*\*

**PALABRAS CLAVE:** Recursos de uso común, Sostenibilidad, Cooperación, Aprendizaje, Juegos de Simulación.

### **DESCRIPCION O CONTENIDO**

La inquietante preocupación por el agotamiento de los recursos a nivel mundial ha abierto la posibilidad para que desde varios campos de la ciencia se propongan alternativas para estudiar la problemática. Sin embargo, los estudios muestran que existe una constante disminución de la capacidad del ser humano en la gestión de los recursos. Es sugerido en esta investigación que dicha situación tiene que ver con el ser humano, más precisamente con cómo él se relaciona con el mundo, con cuál es su racionalidad al gestionar recursos. Se presenta en este trabajo de investigación una forma de abordar el problema de la sostenibilidad de recursos naturales, particularmente los recursos de uso común, a través del diseño de juegos de simulación que propenden por un aprendizaje guiado hacia la cooperación en el uso de recursos comunes desde la experiencia concreta del estudio del recurso Piangua, proporcionando unas primeras orientaciones para el diseño de juegos de simulación que propenden por la sostenibilidad del recurso, por el comportamiento en colectivo de los individuos, por la toma de decisiones colectivas y no individualistas, por la creación de condiciones que hacen posible la cooperación en comunidades que comparten recursos y la influencia que tienen las concepciones de cooperación, responsabilidad y confianza en la toma de decisiones individuales y colectivas.

En particular, se evidencian en el documento aspectos que permiten a los participantes experimentar al jugar una racionalidad estratégica enriquecida por los aportes de la Autogestión colectiva en la toma de decisiones encaminada hacia la sostenibilidad de recursos de uso común, en otras palabras, experimentan, asimilan y refuerzan los beneficios de cooperar en el uso de recursos comunes.

---

<sup>1</sup> Trabajo de Grado

\*\* Escuela De Ingeniería De Sistemas E Informática – Maestría en Ingeniería – Director: SOTAQUIRÁ, Ricardo; Ph,D en Ciencias Aplicadas

## ABSTRACT

**TITLE:** Learning for Cooperation by Dynamic Systemic Simulation Games.\*

**AUTHOR:** Gerly Carolina Ariza Zabala\*\*

**KEY WORDS:** Common pool resources, Sustainability, Cooperation, Learning, Simulation Games.

The worrying concern about the depletion of worldwide resources has opened the possibility that various fields of science intend to explore alternatives for the problem. However, studies show that there is a steady decline in the ability of human beings in resource management. It is suggested in this investigation that this situation has to do with human beings, more precisely how it relates to the world, with what their rationality to manage resources. It is presented in this research one way of addressing the sustainability of natural resources, particularly Common pool resources, through the design of simulation games that tended by a learning guided towards cooperation in the use of common resources from the concrete experience of the study Piangua resource, providing some initial guidelines for the design of simulation games that tended the sustainability of the resource, for the collective behavior of individuals, by making collective decisions and not individualistic, for the creating conditions that make possible cooperation in communities, that share resources and influence that have conceptions of cooperation, responsibility and confidence in individual and collective decision-making.

In particular, some aspects are evident in the document, that allow participants to experience playing a strategic rationality enriched by the contributions of collective management in decision-making towards to the sustainability of Common pool resources, in other words, experienced, assimilated and reinforcing the benefits of cooperating in the use of common resources.

---

\* Project of Grade

\*\* Engineering School of systems informatics – Master of Engineering – Director: SOTAQUIRÁ, Ricardo; Ph,D en Applied Science

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Entre los numerosos elementos de la crisis del medio ambiente en la que se encuentra nuestra civilización, lo relativo al problema del límite de los recursos naturales figura entre lo más polémico y estudiado últimamente.

Los recursos naturales representan fuentes de riqueza y bienestar para las poblaciones que los explotan, como por ejemplo, los minerales, el suelo, la fauna, las plantas, el agua y el aire. Pero la mejor utilización de un recurso natural depende del conocimiento que el hombre tenga al respecto, y de las leyes que rigen la conservación de este. Caso omiso se ha hecho al respecto ya que su uso desmedido ha generado la destrucción de algunos ecosistemas, con lo cual se amenaza la supervivencia de muchas de esas comunidades.

El problema de explotación excesiva y de depredación de un bien común se presenta cuando numerosos individuos o comunidades utilizan al mismo tiempo y de manera conjunta el recurso, sin que ninguno de ellos pueda excluir a los demás de su uso y procurando cada uno obtener el mayor provecho de su explotación, trayendo consigo la destrucción del bien común. Este comportamiento se da ya que los individuos que están recibiendo beneficios del bien común, actúan de manera individualista y dejan de lado las consecuencias de sus acciones sobre el bienestar colectivo. El comportamiento descrito aquí acerca de la irracional administración de recursos comunes en los sistemas sociales modernos se conoce en la literatura científica con el nombre de “la tragedia de los comunes” (Hardin 1968). Dicho comportamiento ha adquirido gran interés en el análisis de políticas públicas, debido a que su explotación afecta los equilibrios ambientales, el desarrollo económico y la estabilidad política de las poblaciones que se encuentran cercanas a ellos.

En la actualidad la depredación de muchos de esos recursos debido a la acelerada deforestación y destrucción de ecosistemas primordiales para el equilibrio ecológico mundial, ha venido generando respuestas de tipo legal y regulatorio, como el establecimiento de parques nacionales, planeación de la población por medio de la planificación familiar y el manejo adecuado de los ecosistemas y de las especies, con lo cual se ha favorecido la conservación de algunos recursos naturales. Pero la mayoría de las soluciones para contrarrestar

el mal uso de los recursos comunes tradicionalmente se han enmarcado dentro de dos tipos de soluciones posibles: la intervención fuerte del Estado y la participación activa de agentes privados (Ostrom 2000).

El primer tipo de solución se fundamenta en la premisa que el hombre es un ser egoísta e incapaz de pensar y actuar en pro del bien común. Dado lo anterior, los recursos de uso común requieren de un control público para evitar la degradación y destrucción del bien (Hardin 1978). En la segunda solución se enfatiza en la generación de derechos de propiedad privada sobre la propiedad común existente, ya sean recursos naturales o vida silvestre, con el fin de garantizar la eficacia y sostenibilidad del uso del bien explotado (Ehrenfeld 1972). Sin embargo lo que se puede observar según todo lo anterior, es que ninguna estrategia implementada ya sea desde el Estado o desde el mercado ha dado el resultado esperado por parte del gobierno o de las instituciones privadas a cargo del uso regulado, eficiente y sostenible de los recursos comunes. Este ha sido el caso de los países del tercer mundo en donde se han implementado este tipo de medidas coercitivas para el uso de algunos bienes comunes (Ostrom 2000 p. 36).

Pero dentro de este marco de ineficiencia y depredación en el uso de bienes comunes, en la actualidad se traen a consideración casos exitosos de regulación sostenible de bienes comunes, por parte de comunidades indígenas y de otras colectividades en las cuales se ha generado la llamada “autogestión colectiva para recursos o bienes comunes”(Ostrom 1990). Dicha teoría de regulación de bienes comunes contradice en cierta forma el consenso existente a partir de la teoría expuesta por Hardin basada en la imposibilidad de cooperación. En contraposición con lo anterior, la teoría de Autogestión colectiva se fundamenta en la capacidad para lograr y cumplir acuerdos razonables entre los participantes en pro de una explotación sostenible de un bien común, dejando de lado estrategias de beneficio individual para lograr crear estrategias coordinadas para obtener mejores beneficios comunes o para reducir daños al entorno.

Ostrom y otros autores dedicados al estudio de la tragedia de los comunes, desde la teoría de juegos y la recolección de datos empíricos, han logrado crear modelos que representan situaciones concernientes al uso de recursos comunes, los cuales han sido aplicados en diversos países tanto desarrollados como en vías de desarrollo, como ha sido en el caso colombiano. Ostrom caracteriza su estrategia de investigación como la capacidad de identificar aquellos aspectos que son determinantes en la toma de decisiones de los participantes del uso de recursos comunes y dado esto puede abstraerse de una situación empírica la concepción de un juego que pueda ser jugado por los participantes involucrados y que capte la esencia de los problemas que ellos enfrentan.

Teniendo en cuenta lo anterior, ¿se podría utilizar un enfoque de modelado de sistemas sociales, como lo es la dinámica de sistemas, para la creación de un juego de simulación que capte la esencia de los problemas enfrentados por los individuos? Y además de esto ¿se podría generar a partir de dicho juego, un aprendizaje colectivo que ayude a estas comunidades a la regulación y sostenibilidad de bienes comunes? Estas son algunas de las preguntas que surgieron al abordar el estudio de esta temática, teniendo como marco de referencia los estudios realizados desde otras áreas de investigación y desde la misma dinámica de sistemas a favor del bienestar de nuestros sistemas sociales.

El enfoque de dinámica de sistemas ha abordado desde sus inicios el estudio de sistemas sociales, de modo que, el problema de la tragedia de los comunes le es pertinente a dicho enfoque. Se han realizado estudios en donde se ha abierto una puerta para comprender mejor el comportamiento y las políticas establecidas para resolver problemáticas de orden social (Forrester 1971), y en particular con respecto al colapso mundial posible a mediados del siglo XXI por el agotamiento progresivo de los recursos mundiales (D H. Meadows et al. 1972, 1992).

Siguiendo la línea de problemáticas sociales se han realizado estudios concernientes al problema de toma de decisiones colectivas (Sterman 1989, Senge 1990, Moxnes 1998), donde se articula la dificultad que tienen los seres humanos para comprender las implicaciones que trae consigo la toma de decisiones, con abstracciones y juegos de simulación que permiten recrear situaciones de toma de decisiones en el mundo real. Dentro de la gama de juegos de simulación que se han construido, el primer juego de simulación que particularmente aborda problemas del tipo de la tragedia de los comunes es Fish Banks<sup>2</sup> (Meadows 1987). Un juego que es utilizado como herramienta educativa para enseñar la gerencia sostenible de los recursos de la industria pesquera.

Con la utilización de juegos de simulación con el enfoque de dinámica de sistemas para toma de decisiones, se ha logrado generar un aprendizaje de tipo colectivo que mejora el desempeño humano dentro de ciertos tipos de sistemas sociales complejos. Pero cuando está en juego un recurso de uso común se necesita más que la comprensión del problema y de las consecuencias de las decisiones que se toman dentro del juego, este instrumento debe lograr alcanzar niveles de aprendizaje más profundos que permitan poner en práctica sus enseñanzas en el momento de tomar decisiones en el mundo real. Es decir, sería deseable que, durante y después del uso del juego, los individuos tomaran decisiones sobre recursos de uso común de manera cooperativa. Este es el tipo de aprendizaje social profundo que se fomentó en esta investigación.

---

<sup>2</sup> Es importante observar que en problemáticas de uso de recursos comunes ocurre que múltiples individuos compiten por los recursos, de esta manera para representar esta realidad se necesitan juegos de simulación que sean multijugador.

Por consiguiente se puede ver que el conocimiento ganado en el tema del aprendizaje colectivo en la dinámica de sistemas resulta útil para contribuir con las investigaciones que se han realizado para el fomento de la cooperación en el campo de la gestión de recursos comunes. Entonces dado lo anterior, la pregunta esencial que se buscó responder en esta investigación fue: ¿cómo propiciar desde la dinámica de sistemas un aprendizaje social transformador, una cooperación entre individuos, después del uso educativo de un juego de simulación de recursos de uso común?.

## 1.2 ESTRUCTURA DE LA TESIS

En busca de dar respuesta a la pregunta planteada por esta investigación alrededor del tema del aprendizaje social que se puede suscitar a través de juegos de simulación de recursos comunes, se elaboró una propuesta desde la dinámica de sistemas que, a través del uso educativo de juegos de simulación, propicie las condiciones necesarias para que las personas involucradas en situaciones de uso de recursos comunes actúen cooperativamente.

En primer lugar, para llevar a cabo la construcción de la propuesta educativa en mención se realizó tanto la identificación en la literatura de dinámica de sistemas usos educativos de juegos de simulación multijugador como de las condiciones que propician la cooperación en la literatura de acción colectiva y gestión de recursos comunes, para encontrar y establecer una correspondencia entre los dos campos de investigación. Esta identificación y correspondencia de usos educativos y de condiciones para generar cooperación se encuentran consignadas en el capítulo correspondiente al Marco teórico.

Una vez establecida la relación entre los usos educativos de los juegos de simulación en dinámica de sistemas y las condiciones que pueden hacer posible la cooperación en la gestión de recursos comunes desde la acción colectiva, se plasmó la relación creada en los dos campos a través de la construcción de un juego de simulación dinámico-sistémico, como caso de aplicación de problemáticas de uso de recursos comunes en una colectividad, ilustrando en él una problemática colombiana en dicha área. Particularmente el caso de la Piangua en las costas del occidente colombiano. Tal construcción se expone en el capítulo del Modelo de simulación.

Pero para propiciar las condiciones necesarias para que las personas involucradas en situaciones de uso de recursos comunes actúen cooperativamente a través del uso educativo de juegos de simulación, se requirió llevar a cabo el diseño del juego, en este caso en particular el juego de la Piangua y así mismo una guía para el uso educativo del juego de simulación dinámico sistémico de uso de recursos comunes. Tanto el diseño del juego como las guías rectoras del mismo desde el

ámbito de la dinámica de sistemas y la acción colectiva se despliegan en el capítulo denominado diseño del juego de la Piangua.

Las experiencias del uso educativo del juego realizadas durante los años 2006 y 2007 con distintos públicos se reseñaron a nivel general. Así mismo se reseñó de forma particular, al llevar a cabo un examen completo de uno de los juegos realizados, el análisis de los resultados de un experimento educativo con el juego de simulación, en donde se ilustra el aprendizaje alcanzado por los participantes acerca de las condiciones necesarias para lograr un uso cooperativo de recursos comunes. Tanto la experiencias como el análisis de resultados a nivel general y particular se muestran en el capítulo de Experimentación y análisis de resultados.

Finalmente para justificar si mediante la investigación realizada se dan luces y aproximaciones a la pregunta ¿cómo propiciar desde la dinámica de sistemas un aprendizaje social transformador, una cooperación entre individuos, después del uso educativo del juego de simulación de recursos de uso común?, se llevó a cabo un examen que expone las conclusiones alcanzadas en la investigación y así mismo se exponen unas recomendaciones para futuras investigaciones en el tema del aprendizaje social que se puede suscitar a través de juegos de simulación de recursos comunes.

## 2. MARCO TEÓRICO Y ANTECEDENTES

### 2.1 LA DINÁMICA DE SISTEMAS Y EL PROBLEMA DE LA SOSTENIBILIDAD DE RECURSOS COMUNES

Iniciativas de cambio social han motivado a la comunidad de Dinámica de Sistemas a construir modelos de simulación con diferentes propósitos de intervención en organizaciones, comunidades e instituciones educativas. Por un lado, sobresalen los modelos matemáticos diseñados para planeación, implementación de políticas y estudios organizacionales que soportan la toma de decisiones y que ofrecen la posibilidad de hacer proyecciones basadas en simulaciones. Y por otro lado, están los modelos diseñados con una intención educativa orientados a un cambio en el modo en que las personas perciben y piensan los fenómenos. El juego de la cerveza por ejemplo, ha sido utilizado para enseñar a estudiantes y profesionales en diversas áreas los conceptos básicos sobre Pensamiento Sistémico, simulación por computador y administración de negocios entre otros. Así mismo, juegos de simulación empresariales, como es el caso de B&B enterprises (Sterman, 1991) o Leadership in Action, recrean situaciones de toma de decisiones en el mundo real, en donde los jugadores al asumir diversos roles determinan su pensamiento en el momento de tomar decisiones, y a su vez experimentan las consecuencias de sus acciones.

En el campo de la sostenibilidad de recursos naturales, estudios desarrollados por Meadows (1972) y Forrester (1961) proponen el uso de juegos de simulación como herramienta orientada hacia el aprendizaje sobre el problema y el diseño de políticas de sostenibilidad implementando estrategias orientadas por un lado, hacia un cambio en la manera como se percibe el sistema y su dinámica y, por otro lado, a la racionalidad presente al tomar decisiones. Los resultados de los estudios y experimentos realizados con juegos de simulación evidencian que la dinámica de sistemas promueve cambios en las percepciones y en los modos limitados de observar el sistema hacia modos holísticos (a largo plazo e integrales) para permitir la comprensión de causalidades y de este modo contrarrestar los efectos de la llamada racionalidad acotada. En dicha racionalidad “Los individuos hacen un esfuerzo por ser racionales en el momento de tomar decisiones, sin embargo, su racionalidad está limitada a un cierto contexto que se caracteriza por ser complejo e incierto” (Grossler, 2000). La *complejidad* de un sistema tiene que ver con el número de variables relevantes, el número de conexiones entre ellas, y los estados posibles producto de dichas relaciones. Por otro lado, lo *incierto* hace referencia a que los efectos de las decisiones no pueden ser calculados con

certeza ya que los estados futuros del sistema son difíciles de predecir y el hombre no está en capacidad de ello. En este sentido, lograr una elección racional sería por un lado, el resultado de un esfuerzo por comprender la complejidad y por el otro, el poder reducir los niveles de incertidumbre presentes en un sistema dinámico.

Por otro lado, Sterman declara, en su artículo 'Modeling managerial behavior: misperception of feedback in a dynamic decision-making experiment' (Sterman, 1989) que los individuos son incapaces de pensar en forma de ciclos causales y que su limitación principal es la incapacidad de ver el efecto de su comportamiento sobre el sistema como un todo. En otras palabras, la estructura del sistema, el proceso de realimentación presente, las demoras y las acumulaciones no son totalmente comprendidas por el individuo en el momento de tomar decisiones, lo que hace pensar que la información con la que cuenta para determinar su acción, es restringida y por tanto la racionalidad presente al tomar decisiones es limitada.

Además de lo anterior, podríamos decir que en sus investigaciones Forrester (1971), Sterman (1989), Senge (1990) y Moxnes (1998), miembros activos de la comunidad de Dinámica de Sistemas Mundial, comparten la preocupación sobre una comprensión más profunda del comportamiento y la racionalidad presente cuando se trata de la explotación colectiva de un recurso, particularmente sobre cómo crear herramientas de aprendizaje para mejorar la toma de decisiones y de este modo aliviar la problemática del agotamiento progresivo de los recursos. Libros como "World Dynamics"(Forrester, 1971) y "The Limits to Growth"(Meadows, 1972) manifiestan que si se mantienen las tendencias actuales de crecimiento de la población mundial, industrialización, contaminación ambiental, producción de alimentos y agotamiento de los recursos, este planeta alcanzará los límites de su crecimiento en el curso de los próximos cien años. Esta es una evidencia más de la preocupación de la comunidad de Dinámica de Sistemas que ha llevado a crear herramientas con la intención de lograr comprensión en los miembros de una comunidad sobre sus posibilidades de sostenimiento cuando dependen de un recurso particular. Es decir, en este contexto los modelos de simulación y los micromundos son utilizados como medios para promover aprendizaje social.

Meadows propone Fish Banks, un juego de simulación que se ha utilizado como herramienta educativa para enseñar la gestión sostenible de recursos de la industria pesquera sumergiendo al jugador en una experiencia de competencia que termina en la depredación del recurso. El juego hace posible que los jugadores obtengan beneficios de sus decisiones en los primeros turnos para más tarde vivenciar las consecuencias de la depredación del recurso. De esta manera se busca promover la reflexión en los jugadores acerca de las condiciones que

generan dicha situación de explotación, mostrar por medio de los resultados del juego cómo funciona el sistema a través del tiempo y cómo sus decisiones y comportamientos producen resultados perjudiciales para el recurso. Es importante señalar que Fish Banks ha sido una herramienta pionera representando la “tragedia de los comunes”, fenómeno que ocurre cuando varios individuos comparten un recurso limitado. Este juego, promueve un tipo de aprendizaje que le apunta a la emergencia de una asociación global donde todos como colectivo contribuyan en la sostenibilidad de recursos de uso común. Sin embargo este juego ha sido usado como un juego de simulación para la gestión de recursos dejando de lado el espíritu de colectividad presente en la propuesta de aprendizaje original.

Fish Banks ilustra comportamientos competitivos y el manejo “irracional” de recursos produciendo así un cambio en sus percepciones basado en el reconocimiento de este tipo de comportamientos individualistas y en las consecuencias negativas para todos los miembros de la comunidad que depende del recurso, en este caso los peces. Podríamos decir que el problema de la racionalidad acotada está abordado en las intenciones de aprendizaje del juego. En otras palabras, Fish banks ha sido un instrumento de aprendizaje útil para identificar el problema de la explotación de recursos entendiendo su dinámica pero parece limitado en ofrecer alternativas de aprendizaje colectivo orientadas a preservar los recursos.

## 2.2 SOSTENIBILIDAD, COOPERACIÓN: DESDE LA TEORÍA DE ACCIÓN COLECTIVA

Esta misma problemática se ha estudiado desde diversos campos de la ciencia como, la sociología, la política y la economía, entre otros. Particularmente en las últimas décadas se ha construido un campo de acción interdisciplinario al cual se atribuye el nombre de “Acción colectiva”, que le ha interesado entender cuáles racionalidades hacen que un conglomerado de individuos se comporten como un colectivo cohesionado. En consecuencia, le interesa estudiar el fenómeno de la cooperación entre individuos. El marco conceptual utilizado en este campo es el que proporciona la Teoría de juegos.

Para comprender la naturaleza de la cooperación humana desde la Teoría de juegos se ha utilizado el “Dilema del prisionero”(Campbell, 1985). En este juego se supone que cada jugador, de modo independiente, trata de maximizar su propia ventaja sin importarle el resultado del otro jugador. Las técnicas de análisis de la Teoría de juegos clásica, pueden llevar a cada jugador a escoger traicionar al otro, pero curiosamente ambos jugadores obtendrían un mejor resultado si colaborasen. Desafortunadamente cada jugador está incentivado individualmente para defraudar al otro, incluso tras prometerle colaborar.

A través de dicho juego se ha formalizado el modelo de la “Tragedia de los comunes”(Hardin, 1968), en el cual se pone de manifiesto la degradación del ambiente que puede esperarse siempre que muchos individuos utilizan al mismo tiempo un recurso escaso. El problema de explotación excesiva y de depredación de un recurso de uso común se presenta cuando numerosos individuos o comunidades utilizan al mismo tiempo y de manera conjunta el recurso, sin que ninguno de ellos pueda excluir a los demás de su uso y procurando cada uno obtener el mayor provecho de su explotación, trayendo consigo la destrucción del recurso de uso común. Este comportamiento se da ya que los individuos que están recibiendo beneficios del recurso de uso común actúan de manera individualista y dejan de lado las consecuencias de sus acciones sobre el bienestar colectivo.

En la actualidad la depredación de muchos de esos recursos debido a la acelerada deforestación y destrucción de ecosistemas primordiales para el equilibrio y la sostenibilidad mundial, ha venido generando respuestas de tipo legal y regulatorio, como el establecimiento de parques nacionales, planeación de la población y el manejo adecuado de los ecosistemas y de las especies, con lo cual se ha favorecido la conservación de algunos recursos naturales. Pero la mayoría de las soluciones para contrarrestar la insostenibilidad de los mismos, tradicionalmente se han enmarcado dentro de dos tipos de soluciones posibles: la intervención fuerte del Estado y la participación activa de agentes privados (Ostrom, 1990).

El primer tipo de solución se fundamenta en la premisa que el hombre es un ser egoísta e incapaz de pensar y actuar en pro del bien común. Dado lo anterior, los recursos de uso común requieren de un control público para evitar la degradación y destrucción del bien (Hardin, 1978). En la segunda solución se enfatiza en la generación de derechos de propiedad privada sobre la propiedad común existente, ya sean recursos naturales o vida silvestre, con el fin de garantizar la eficacia y sostenibilidad del uso del bien explotado (Ehrenfield, 1972). Sin embargo lo que se puede observar según todo lo anterior, es que ninguna estrategia implementada ya sea desde el Estado o desde el mercado, ha dado el resultado esperado por parte del gobierno o de las instituciones privadas a cargo del uso regulado, eficiente y sostenible de los recursos comunes. Este ha sido el caso de los países del tercer mundo en donde se han implementado este tipo de medidas coercitivas para el uso de algunos recursos comunes (Ostrom 1990, 13. p.36].

Pero dentro de este marco de ineficiencia y depredación en el uso de recursos comunes, en la actualidad se traen a consideración casos exitosos de regulación sostenible de recursos comunes, por parte de comunidades indígenas y

colectividades en las cuales se ha generado la llamada “Autogestión colectiva para recursos o bienes comunes”(Ostrom, 1990). Dicha teoría de regulación de recursos comunes contradice en cierta forma el consenso existente a partir de la teoría expuesta por Hardin basada en la imposibilidad de la cooperación. En contraposición con lo anterior, la teoría de Autogestión colectiva se fundamenta en la capacidad para lograr y cumplir acuerdos razonables entre los participantes en pro de una explotación sostenible de un bien común, dejando de lado estrategias de beneficio individual para lograr crear estrategias coordinadas para obtener mejores beneficios comunes o para reducir daños al entorno.

Ostrom y otros autores dedicados al estudio de la tragedia de los comunes, desde la teoría de juegos y la recolección de datos empíricos, han logrado crear modelos que representan situaciones concernientes al uso de recursos comunes, los cuales han sido aplicados en diversos países tanto desarrollados como en vías de desarrollo como es el caso colombiano. La estrategia de investigación tiene que ver entonces, con realizar un ejercicio de abstracción que capture los aspectos que son determinantes en la toma de decisiones de los participantes del uso de recursos comunes, y reflejar estos aspectos en un juego. El juego actuaría como un espejo en donde los participantes involucrados pueden darse cuenta de la esencia de los problemas que ellos enfrentan.

Así mismo a través de la combinación de instrumentos como la economía experimental, las metodologías participativas y el análisis de sistemas y simulación ha permitido a investigadores acercarse al estudio de la acción individual y colectiva para el manejo de recursos de uso comunitario. Desde allí han mostrado el efecto de la combinación de dichas metodologías en resolver dilemas sociales y en reducir el oportunismo, mediante la comunicación entre grupos de una comunidad y al interior de estos, como espacio para promover los mecanismos que generan la cooperación, como se evidencia en estudios experimentales realizados en comunidades Colombianas (López, 2001), (Cárdenas, 2000).

Igualmente se ha logrado en este campo comprobar y analizar posibles explicaciones de porqué se presentan resultados socialmente ineficientes como la degradación de recursos naturales mediante experimentos grupales e individuales de toma de decisiones sobre un modelo prediseñado (en un juego) del uso del recurso común. Además durante la realización de dichos experimentos se ha alcanzado un cierto grado de aprendizaje en la comunidad acerca de las consecuencias de sus acciones (extracción mínima, tamaño de extracción, jornadas de extracción, percepción de resiliencia del recurso) sobre el recurso y el bienestar del colectivo, tal como sucede en la realidad (Cárdenas, Maya, López, 2003).

## 2.3 DISEÑO DE JUEGOS DE SIMULACIÓN PARA LA SOSTENIBILIDAD

Puede observarse entonces que este uso peculiar de los juegos propuesto por autores de la corriente de “Acción colectiva” resuena con el papel que cumplen los juegos de simulación en la idea de aprendizaje de la Dinámica de Sistemas. Pero adicionalmente, ambas corrientes comparten una preocupación fundamental por propiciar condiciones para la sostenibilidad de una comunidad que depende productivamente de un recurso natural común. Puesto en otros términos, ambas están interesadas en comprender mejor las racionalidades que hacen posible la cooperación y en diseñar juegos que propicien el ejercicio de tales racionalidades en comunidades concretas.

Para comprender cual es el tipo de racionalidad que esta presente en los individuos en el momento de tomar decisiones acerca de recursos de uso común, se hace pertinente evidenciar la racionalidad asumida por los autores tanto de la corriente de Acción colectiva como de la Dinámica de Sistemas.

### 2.3.1 Racionalidad y Acción Colectiva

Para hablar del tipo de racionalidad asumida por los autores de acción colectiva, es necesario traer a la luz la teoría de Elección racional, en la cual el individuo se enfrenta a la toma de decisiones (diversos cursos de acción) en la realidad, procurando escoger la decisión que él cree le traerá el mejor resultado general. A partir de esta premisa fundamental, Mancur Olson en su escrito “The Logic of Collective Action”(Olson, 1965) asume los siguientes supuestos sobre las condiciones a las que está sujeta la acción colectiva:

- 1) Los grupos como tal no tienen intereses propios. Solamente tienen intereses individuales.
- 2) Los individuos actúan en pro de sus intereses, eligiendo acciones solamente cuando su beneficio previsto excede su costo esperado.
- 3) Aunque la participación sea costosa para un individuo, la meta que un grupo puede lograr si cooperan sus miembros, es beneficiosa para todos los miembros.
- 4) Los individuos no pueden ser excluidos de gozar de los beneficios de la meta, si ésta ha sido lograda.
- 5) Los individuos no consideran el efecto de las decisiones de otros individuos en su decisión de cooperar.

Los anteriores supuestos muestran que la acción colectiva, vista desde la óptica de Olson, está basada en una “racionalidad individualista”, en donde la elección de cooperar o no cooperar se deriva del cálculo de costo-beneficio individual. Podría decirse que la acción colectiva aquí, esta motivada por los incentivos económicos que logre captar el individuo, sin tener en cuenta el beneficio que podría esperarse si otros cooperan. En palabras de Olson: “individuos racionales con intereses propios no actuarán para lograr sus intereses comunes o de grupo, a menos que exista una coerción o algún otro dispositivo especial para hacer que los individuos actúen a favor de su interés común”<sup>3</sup>(Olson, 1965).

Ahora bien, cuando la acción colectiva es entendida desde el marco conceptual de la Teoría de juegos, se hace evidente que las situaciones en donde el individuo debe hacer uso de la elección racional son aquellas de tipo estratégico. En estas situaciones el individuo antes de tomar su decisión, tiene que prever qué es lo que los otros van a hacer, y a su vez debe prever qué es lo que los otros van a pensar que va a hacer él, es decir, en situaciones estratégicas se da una interdependencia entre las decisiones de los individuos.

Según Medina (Medina, 2002), en el caso de la utilización de RUC por parte de una comunidad, el problema de elección que enfrentan los individuos para que surja la acción colectiva, va más allá de los incentivos económicos que puedan lograr de manera individualista. Para él y otros autores (Schelling, 1960), la solución posible a este problema debe tomar la forma de un cambio en la estructura de costos y beneficios a la que los individuos hacen frente, de modo que la encuentren atractiva para cooperar. El dispositivo conceptual usado para este punto es el de los incentivos selectivos, vistos aquí como el aumento en las recompensas que los individuos obtienen si actúan de manera cooperativa. El aspecto crucial de los incentivos selectivos es que deben compensarle al individuo el costo incurrido en la participación colectiva. Es decir que el incentivo exceda el costo de cooperación, de esta forma los individuos cooperaran.

Para Medina la cooperación es posible por un lado, siempre y cuando el beneficio obtenido por cooperar sea mayor que el beneficio obtenido individualmente, entonces aún desde esta postura la decisión de cooperar en el RUC esta ligada a una “racionalidad individualista” como ocurría en Olson. Sin embargo Medina, sin apartarse de la premisa básica de la elección racional, plantea que el marco conceptual olsoniano tiene como limitación el asumir que los individuos no son lo bastante racionales como para comprender las ventajas de cooperar cuando toman decisiones de RUC.

---

<sup>3</sup> Traducción nuestra de un aparte de la pagina 2 del libro “The logic of collective action. Publics goods and the theory of groups”.

Bajo este enfoque, el individuo cuando enfrenta un problema de acción colectiva, no se centra sólo en el supuesto individualista, sino que en él también influyen las creencias que él tenga acerca del comportamiento de los otros individuos (Elster, 1989). Es decir, para tomar la decisión de cooperar o no, él se basa tanto en el costo-beneficio de los incentivos selectivos, como en los modelos mentales acerca del curso de acción que posiblemente tomarán los otros individuos, esta es la "racionalidad estratégica". Si el individuo tiene la creencia de que los demás van a cooperar, él tomaría la decisión de cooperar basándose en los incentivos y en su creencia de cooperación de los otros, entonces el estaría más dispuesto a cooperar. Caso contrario se da cuando su creencia acerca del comportamiento de los demás es individualista (free-riding), en cuyo caso sólo tomaría la decisión basándose en los incentivos selectivos.

En este punto la teoría de Autogestión Colectiva (Ostrom, 1990) se aproxima a los supuestos de Medina acerca de la racionalidad estratégica, ya que según la autora, a pesar de que la motivación principal para cooperar en RUC en una comunidad sean los incentivos económicos, existen ciertas reglas de autogestión que ayudan a que los individuos creen conciencia acerca del comportamiento cooperativo que los otros individuos pueden llegar a tener. Este tipo de creencia acerca del comportamiento cooperativo de los otros individuos, se logra a través de normas construidas, compartidas e internalizadas por la comunidad. Gracias a ellas se fomentan factores claves para la cooperación como lo son la confianza, la reciprocidad y la reputación. El conjunto de normas y acuerdos (sanciones, prohibiciones, derechos, reglas de afiliación, información, retribuciones) establece instituciones de autogestión colectiva, en donde la elección del individuo de cooperar o no, depende de:

- 1) El conocimiento (científico – tradicional) del sistema, es decir su estructura, límites y características internas.
- 2) La evaluación de costo - beneficio (tasa de descuento - incentivo selectivo) de las acciones a tomar.
- 3) Percepción de los posibles resultados (corto - largo plazo).
- 4) El número de personas que toman decisiones.
- 5) Las semejanzas de intereses entre los individuos, Normas de comportamiento (comunes - construidas).

De acuerdo con lo anterior, la elección de cooperar ó no del individuo, en problemas de RUC según la teoría de autogestión colectiva de Ostrom, estaría igualmente basada en una "racionalidad estratégica". Esta concepción de racionalidad sugiere que la cooperación de los individuos en una comunidad resulta de los intereses individuales, pero que bajo ciertas condiciones se convierten en intereses colectivos cuando la comunidad logra actuar

cooperativamente.

### **2.3.2 Racionalidad y Dinámica de Sistemas**

En el libro “Mas allá de los límites de crecimiento”(Meadows, 1992) aparece una definición de mundo sostenible como: aprender, actuar y buscar caminos que nos conduzcan a la eficiencia, a la meta que nos permita subsistir. Los autores sugieren que la gestión de recursos comunes tiene que ver con la cualidad de gobernar. Sin embargo, no es posible un buen gobierno sino se definen nuevos sistemas de valores, nuevas motivaciones espirituales, éticas, sociales, filosóficas, políticas, de manera que se re-establezca dentro de nosotros el amor, la amistad, la solidaridad, el espíritu de sacrificio, la convivencia. “Estas cualidades nos llevarán a otras formas de vida donde ganemos todos”(Meadows, 1992). Estas intenciones aparentemente le apuntan a una cooperación necesaria para subsistir. Dado que el escrito clama por un espíritu de compañerismo global para evitar el colapso del mundo, pareciera que los autores perciben una causa de la sobreexplotación de recursos asociada con las relaciones humanas, la conducta y el individualismo que determina a las anteriores. Con esto podemos decir que las razones por las que la disponibilidad de recursos se ve afectada tienen que ver mas con el comportamiento del individuo cuando busca satisfacer de manera eficiente sus intereses y los de la comunidad, que con la insuficiencia de los mismos. “Hay la cantidad justa de energía, materiales, dinero, resistencia del medio ambiente, y virtud humana para lograr una revolución en pro de un mundo mejor”. Según estos planteamientos podría indicarse que un mundo mejor es posible solo cuando los seres humanos se unan en una lucha contra el deterioro de los recursos naturales, situación que les preocupa por no tener la posibilidad de explotarlo en el futuro. Es una lucha motivada por el temor de no poder “administrar” el recurso, y a largo plazo no recibir de él lo que ha venido recibiendo por años. En otras palabras, el individuo necesita del recurso para satisfacción de sus propios intereses.

Dentro de este contexto, la decisión de cooperar o no, esta motivada por el afán de cuidar la fuente que brinda el recurso pues sin ella se ve afectado el desarrollo sostenible y por tanto la propia subsistencia. Algunos de los supuestos que sostienen este argumento son:

- 1) El medio ambiente es fuente de vida y de cada economía.
- 2) Todas las necesidades materiales humanas deberían ser satisfechas materialmente y todas las necesidades inmateriales deben ser satisfechas inmaterialmente.
- 3) Afán por buscar las tecnologías que reducirán la necesidad de insumos globales, incrementarán la eficiencia, incrementarán los recursos,

mejorarán las señales, pondrán fin a la pobreza y como las puede alentar la sociedad.

- 4) ¿Cómo utilizamos el sistema de mercado, además de otras formas de organización para alcanzar nosotros el futuro que deseamos?

Estos supuestos evidencian que existe una preocupación por encontrar estrategias y recursos para administrar (¿controlar?) de manera más eficiente y para satisfacer los intereses de un colectivo, la sociedad. Aquí el medio ambiente aparece como “el proveedor” de las condiciones favorables para que la sociedad subsista. La responsabilidad de las generaciones futuras genera una preocupación por mantener un flujo limitado de recursos. La respuesta desde la Dinámica de Sistemas es el diseño de políticas que contribuyan al aseguramiento de recursos para todos por medio de un cambio radical en la gestión, producción y utilización de los mismos. La pregunta que motiva la creación de dichas políticas es entonces: ¿cómo podemos asegurar una economía humana que provea lo suficiente para todos y que además tenga cabida dentro de los límites físicos de nuestro planeta?

Comprender los límites planetarios parece ser la forma de disminuir la influencia que tiene en el mundo, la idea de que el crecimiento económico es la única alternativa contra la pobreza. Este es el comportamiento dominante del sistema mundial. La elaboración de estudios y proyecciones alternativas sobre el comportamiento de la población y los bienes de consumo se convierten en ayudas para determinar si la tasa de crecimiento actual, efectivamente nos llevará a un futuro donde los recursos sean suficientes para todos o si por el contrario, hará menos posible el desarrollo sostenible. Es claro que el desarrollo sostenible depende de las elecciones humanas y de un cambio en el modelo mental que asume el crecimiento como la única alternativa posible para un mundo mejor.

La dinámica de sistemas propone modelos de aprendizaje que permitirán al ser humano entrenarse en el manejo de recursos comunes. ¿En que consiste este aprendizaje? En estudios de laboratorio, donde se realizaron experimentos para explorar si los individuos estaban en capacidad de comportarse de un modo óptimo para todos, se evidenció que la falta de incentivos, la incertidumbre sobre las metas y la inconsciencia sobre la naturaleza dinámica de los sistemas producen, independientemente de la escolaridad de los participantes, agotamiento de los recursos (Moxnes, 1998). El autor argumenta, que este tipo de problemáticas se presentan porque se ha enfocado la atención en la administración de recursos comunes olvidando la naturaleza dinámica estos sistemas: “La falta de conocimiento sobre la dinámica del recurso conlleva a su sobreexplotación”. Los resultados de estas experiencias se pueden resumir en los siguientes puntos:

- 1) Los participantes independientemente de su escolaridad y experticia en el tema, no son conscientes de la naturaleza dinámica y de las implicaciones que trae consigo el hecho de que los recursos sean considerados como niveles que se incrementan y se agotan a través del tiempo.
- 2) Los participantes no perciben la demora tanto de sus acciones como del ciclo de vida del recurso.
- 3) Los participantes no tienen en cuenta la curva de crecimiento del recurso.
- 4) Debido a la complejidad de estos sistemas es necesaria la difusión de estos estudios para que estos errores no se repitan.

La propuesta entonces para contrarrestar estos efectos es básicamente organizarse para lograr controlar el recurso de manera colectiva a través de un aprendizaje basado en la experiencia que permita estimar los riesgos a corto y largo plazo y por tanto comprender cómo funciona el sistema a través del tiempo. Estos aspectos permitirían tener percepciones más claras sobre la situación estudio, las causas que la generaron y por tanto permitiría tomar decisiones más eficientes que lleven al grupo a “administrar” el recurso de manera que todos ganen.

Podría decirse que las motivaciones para cooperar, desde la Dinámica de sistemas, están enraizadas en la misma racionalidad individualista que utiliza la naturaleza para satisfacer intereses propios, que por las condiciones en que surgen, se vuelven colectivos. Los beneficios tangibles, en este caso, las ganancias resultado de la cooperación son la razón que incentiva el cuidado del medio ambiente y el afán del desarrollo sostenible. Sin embargo, cuando los participantes comparan los beneficios que podrían obtener al cooperar, con los que obtendrían al no hacerlo, hay una inquietud también por el comportamiento de los otros, si estarán dispuestos a cooperar. Esta influencia muestra que no sólo opera la racionalidad individualista, sino que también hay un momento de racionalidad estratégica en la toma de decisiones.

Ahora bien, partiendo de la revisión de conceptos y supuestos referentes a la racionalidad individualista y estratégica, y de cómo dichas racionalidades se hacen visibles mediante la cooperación o no, entre los individuos al gestionar recursos de uso común, tanto en la corriente de acción colectiva como en dinámica de sistemas, se plantean entonces, algunas orientaciones para el diseño de juegos de simulación, en los cuales los participantes experimenten al jugar una racionalidad estratégica enriquecida por los aportes de la Autogestión colectiva en la toma de decisiones encaminada hacia la sostenibilidad de recursos de uso común, en otras palabras, experimentan, asimilan y refuerzan los beneficios de cooperar en el uso de recursos comunes.

### **3. EL MODELO DE SIMULACIÓN EN DINÁMICA DE SISTEMAS**

#### **3.1 SELECCIÓN DEL CASO A MODELAR**

Por un lado, teniendo en cuenta las investigaciones realizadas por la comunidad de dinámica de sistemas acerca del desarrollo de medios educativos basados en simulación que puedan propiciar el aprendizaje de una comunidad o de una sociedad, empezó a aparecer en la investigación la necesidad de brindar una herramienta de aprendizaje social en la cual los individuos pudiesen experimentar en un mundo virtual la toma de decisiones acerca del uso de recursos comunes. Dado que, en el juego de simulación más cercano a la problemática del uso de recursos comunes los individuos experimentan un comportamiento competitivo y oportunista en la toma de decisiones acerca del uso del recurso, y la motivación principal está dada por la ganancia económica, nace entonces la urgencia por brindar una herramienta de aprendizaje en donde los individuos puedan experimentar un comportamiento cooperativo y donde la motivación del juego no sólo este dada por el factor económico. La construcción de esta herramienta fue influenciada por las investigaciones realizadas en el campo de la acción colectiva y de la economía experimental acerca del enriquecimiento del marco conceptual que busca explicar cómo surge la cooperación en comunidades humanas.

Es así como en diversos estudios que combinan instrumentos como la economía experimental, las metodologías participativas y el análisis de sistemas y simulación han permitido a investigadores acercarse al estudio de la acción individual y colectiva para el manejo de recursos de uso comunitario. En particular, se evidencia en estudios experimentales realizados en comunidades Colombianas el efecto de la combinación de dichas metodologías en resolver dilemas sociales y en reducir el oportunismo, mediante la comunicación entre grupos de una comunidad y al interior de estos, como espacio para promover los mecanismos que generan la cooperación (Cárdenas J.C., Maya D., López M.C., 2003).

Igualmente se ha logrado en este campo comprobar y analizar posibles explicaciones de porqué se presentan resultados socialmente ineficientes como la degradación de recursos naturales mediante experimentos grupales e individuales de toma de decisiones sobre un modelo prediseñado (en un juego) del uso del recurso común. Además durante la realización de dichos experimentos se ha alcanzado un cierto grado de aprendizaje en la comunidad acerca de las consecuencias de sus acciones (extracción mínima, tamaño de extracción, jornadas de extracción, percepción de resiliencia del recurso) sobre el recurso y el

bienestar del colectivo, tal como sucede en la realidad (Cárdenas J.C., Maya D., López M.C., 2003; Castillo D. 2002).

Dado lo anterior, y teniendo en cuenta las experiencias realizadas por la comunidad de acción colectiva en Colombia, la idea de generar una herramienta de aprendizaje social para la cooperación en el uso de recursos comunes se fue haciendo más cercana y pertinente. Es así como en esta tesis se pretendió, a través de un caso particular, lograr la confluencia de las investigaciones en el campo de dinámica de sistemas y acción colectiva, mediante una primera versión de un modelo con Dinámica de Sistemas que intenta implementar algunos supuestos básicos de las ideas de cooperación en acción colectiva y que sirve como componente fundamental para el diseño de un juego de simulación en Dinámica de sistemas, que propicie el aprendizaje comunitario y social. Concretamente se seleccionó el caso de una comunidad Afrocolombiana que deriva mayoritariamente su sustento de la extracción de un molusco denominado “Piangua”<sup>4</sup> en la Costa Pacífica Colombiana.

El interés suscitado por la sostenibilidad del recurso Piangua y de las comunidades que dependen económicamente de él ha generado tanto diversos estudios en relación a aspectos biológicos, económicos, ecológicos y pesqueros (Cruz y Borda, 2003), como la búsqueda de alternativas de solución al respecto. En particular, en el año 2003 se llevó a cabo en Tumaco, Colombia un conversatorio patrocinado por la WWF fondo mundial para la naturaleza (Cárdenas J.C., Maya D., López M.C., 2002) en busca de soluciones, acuerdos y compromisos por parte de las autoridades municipales, departamentales y nacionales a favor de la conservación del ecosistema del manglar y del bienestar de quienes se dedican a la extracción del molusco Piangua; además la puesta en marcha de alternativas productivas que sean compatibles con el medio natural y cultural, y que consecuentemente permitan mejorar los ingresos de las familias extractoras de Piangua y que contribuyan de manera significativa a aliviar y reducir los impactos negativos sobre el recurso y el ecosistema.

A raíz de la información arrojada por el conversatorio y por experimentos realizados con herramientas de acción colectiva, economía experimental y acción participativa en comunidades Piangueras (Cárdenas J.C., Maya D., López M.C., 2003), se llevó a cabo la selección de este caso, además, entre otras razones, a

---

<sup>4</sup> La “Piangua” como se conoce en Colombia, Ecuador y Costa Rica, se encuentra también en Perú y en México, en donde se le conoce con los nombres de “concha negra” y “Pata de mula”, respectivamente. La piangua, *Anadara tuberculosa*, es un molusco bivalvo asociado a las raíces del mangle.

que se trata de un caso de explotación colectiva de un recurso común, a que se pudieron obtener datos históricos para calibrar el modelo y así darle realismo al juego que de allí se deriva, a que no había sido modelado antes en Dinámica de Sistemas, pero especialmente a que las condiciones de pobreza en las que viven los “Piangueros”<sup>5</sup> hacen aún más pertinente esta reflexión en torno a la cooperación y se esperaría que una recreación virtual de este mundo pudiese ser un medio educativo que propiciase en los jugadores un aprendizaje social más profundo en lo que respecta al carácter constitutivo de la cooperación, o mejor de la solidaridad, en el comportamiento humano y la influencia de este en la sostenibilidad del recurso.

### 3.2 EL CASO DE LA PIANGUA

La *Anadara tuberculosa* o Piangua, es un bivalvo que posee una amplia distribución en la costa del Pacífico, geográficamente se encuentra desde Baja California hasta el Norte del Perú (Cruz y Borda, 2003). Su hábitat natural lo componen los manglares que constituyen importantes áreas de refugio, cría y alevinaje para esta y muchas otras especies, quienes encuentran allí una cantidad importante tanto de nutrientes como de posibilidades para desarrollarse en sus distintas fases. La extensión de los manglares en Colombia es de aproximadamente 346.300 hectáreas. ocupando el décimo lugar en el mundo (FAO, 1981) de esta superficie, 281.300 ha. están en la costa pacífica y en particular, el departamento de Nariño cuenta con una franja continua de manglar estimada en 150.000 hectáreas, de las cuales 80.000 hectáreas están declaradas como Parque Nacional Natural Sanquianga (PNNS) mediante el acuerdo número 22 de mayo de 1979, esto con el fin de proteger el ecosistema de manglar, teniendo en cuenta la alta población establecida en él y por ende la gran demanda ambiental que esto implica.

---

5 Nombre como se le conoce a las personas por la acción de extraer Piangua.

**Figura 1. Anadara Tuberculosa Hembra “Piangua”**



La población que alberga el PNNS posee altos índices de pobreza y miseria, son comunidades que han sido excluidas de la toma de decisiones a nivel local, regional y nacional, con necesidades básicas insatisfechas, no cuentan con infraestructura de acueducto y alcantarillado, y la única presencia estatal con que cuentan es la de la unidad de parques nacionales; además en los últimos años los problemas de violencia sociopolítica se han venido aumentando con la ampliación de los cultivos de coca en la zona y la presencia permanente de grupos al margen de la ley en las cabeceras municipales (Corrales et al., 2002). Debido a las anteriores condiciones de pobreza y marginalidad en la que viven los habitantes de esta zona y a la variedad de recursos naturales que ofrecen los manglares, estas comunidades afrocolombianas han subsistido a través de los años mediante el desarrollo, en menor proporción, de pequeños cultivos agrícolas y en un mayor grado, a la pesca y extracción de moluscos. Es así como el recurso más extraído de los manglares de Nariño con mayor influencia económica en la población, es la Piangua.

A pesar que para la Piangua (*Anadara Tuberculosa Hembra*) existe la reglamentación de la talla mínima de captura en 50 mm. según la resolución 0539 del 7 de Noviembre de 2000 generada por el INPA, en la actualidad la Piangua se encuentra en el listado preliminar de invertebrados marinos colombianos con algún riesgo de extinción<sup>6</sup>; lo anterior debido a diversas razones, por un lado, la creciente demanda del recurso por países vecinos donde la Piangua ha sido extinta y con los cuales se ejerce un comercio ilegal del recurso, por otro lado, la inexistencia de alternativas económicas para los Piangueros con lo cual se han

---

6 Ardila, N., G. R. Navas y J. O. Reyes (eds.). 2002. Libro rojo de invertebrados marinos de Colombia. Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt y Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá, Colombia.

venido generando practicas inapropiadas para la explotación del recurso y por ende la degradación del ecosistema del cual hace parte la Piangua. Además, la sobreexplotación del recurso ha comprometido no sólo la sostenibilidad del mismo, sino que también ha puesto en riesgo la supervivencia de 125 comunidades que viven dentro del PNNS distribuidas en los siguientes municipios: Santa Bárbara - Iscuandé, El Charco, La Tola, Olaya Herrera, Mosquera, Francisco Pizarro y Tumaco, en esta área confluyen cerca 10.000 personas dedicadas a la extracción de la Piangua donde cerca del 78% son mujeres (Candelo C., 2005)

Para llevar a cabo las faenas de extracción de la Piangua lo único necesario es poder desplazarse a las zonas de extracción; en algunas veredas y municipios las piangueras utilizan botes pequeños en madera o potrillos con capacidad para 1 o 2 personas, o embarcaciones donde el cupo máximo es hasta siete personas, generalmente estos cupos se llenan con piangueras que tienen vínculos familiares o de vecindad. Para la extracción del recurso no se emplean instrumentos de pesca, pues se realiza de forma manual y por “tanteo”, es decir, con las manos se realiza la búsqueda del molusco dentro del fango del manglar. Cabe destacar que es una actividad agotadora y riesgosa para las personas que la realizan. En el siguiente fragmento se relata una jornada de extracción de Piangua en el PNNS (Cardenas J.C., Maya D., Ramos J., 2004):

*“En el día de faena de pianguación me levanto a las 6 AM, prendo la estufa, preparo el agua para el liquido de tomar, barro la casa, preparo el desayuno, arreglo a la niña para ir al colegio, le doy el desayuno y salgo a la faena de conchar. Siempre salimos en potrillo, para llegar al lugar de la faena se nos va una hora y media a canalete, igual de bajada, nos toca ir a la porquera que es en el camino cuando uno va para mulatos. Saltamos a conchar a diferentes lugares dentro de la misma zona donde nos bajemos, para empezar nos untamos el petróleo para los insectos, otras se untan aceite de coco y otras con mentol (en los brazos, las piernas, la cara), ahorita algunas usan botas por el pejesapo y guantes porque da un dolor muy duro, uno se protege del pejesapo y la conchuela; ahorita el que mas saca en un día saca 200 conchas, otros salen solo con 50, 75 o 80, si salimos a las 8 AM llegamos por ahí a las 3 PM, las lavo en el raizero y la pequeña la dejo de una vez, cuando llego acá la vendo a 5000 el ciento, y con esa plata se compra de una vez lo de la comida, se cocina, y lavo la ropa”*

*Maria Tomasa Rodríguez. Vereda San Pablo de la Mar.*

*Julio 18 de 2003.*

### 3.3 SURGIMIENTO DEL MODELO PIANGUA

La primera aproximación al modelo de la Piangua se generó a partir de la revisión en la literatura de dinámica de sistemas acerca de modelos que reflejaran el dilema de los comunes, en particular el modelo de Fish Banks (Moxnes, E., 1998). Al examinar el modelo se observó la presencia de dos estructuras que proveen la

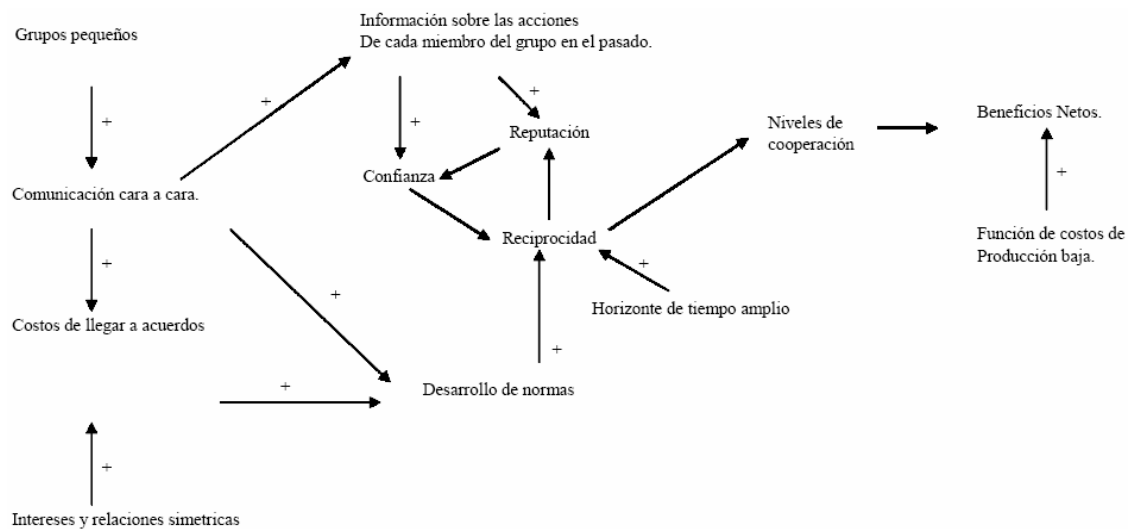
dinámica al modelo, por un lado la estructura que semeja la realidad poblacional de los peces, y por el otro, una estructura que representa la dinámica de compra de barcos para la captura de peces. Al analizar con más detalle, en particular la estructura de compra de barcos se revela un ciclo en donde se condiciona al jugador a actuar de manera competitiva y oportunista dentro del juego, es decir, en la medida en que el jugador va aumentando las ganancias por captura de peces aumenta la compra de más barcos que le proporcionarían en cierto tiempo mayor captura de peces, así entonces esta estructura genera un ciclo de refuerzo en donde obtener las mayores ganancias garantiza mayores ganancias en el futuro. Entonces, en busca de mejorar las ganancias a lo largo del juego, el jugador toma decisiones centradas en el beneficio económico que conseguirá y no están presentes en dicha decisión factores de sostenibilidad del recurso o de la población que depende de él. Pero, el anterior ciclo “el oportunista” se encuentra limitado por la dinámica poblacional de los peces; por tal caso, al aumentar el número de embarcaciones aumenta los peces capturados y por ende disminuye la población de peces, es así que aunque el jugador tenga ligadas sus ganancias al número de peces que captura, la motivación que el tiene para dejar de comprar barcos solo se reduce a la percepción de la ganancia obtenida por la captura en el banco de peces existente, es decir, sus decisiones dentro del juego están ligados al costo-beneficio. Por lo anterior, el resultado generalizado al jugar Fish Banks es la depredación del recurso, independiente del tipo de jugadores y del entorno del juego (Moxnes, E., 1998). Dado todo lo anterior, en términos de diseño estructural del modelo que soporta el juego Fish Banks es inevitable que tanto el oportunismo como la competencia por el bienestar económico individual primen sobre el bienestar y conservación del recurso, y por ende el de los jugadores que lo están explotando.

Teniendo en cuenta lo anterior y retomando la idea de brindar una herramienta de aprendizaje hacia la cooperación en el uso de recursos comunes, se hace pertinente introducir en el modelo de simulación aspectos que promuevan la cooperación y no la competencia por el recurso. Es así como las ideas de Ostrom y otros autores desde el campo de la acción colectiva resuenan con el propósito buscado, en particular los trabajos realizados alrededor del dilema de los comunes brindaron un punto de partida para la elaboración del modelo Piangua.

El surgimiento de la cooperación alrededor del dilema de los comunes en el campo de acción colectiva está representado por el modelo de racionalidad de segunda generación (Ostrom, E., 1998), en donde atributos del comportamiento humano como la confianza, la reputación y la reciprocidad se encuentran ligados para brindar un posible comportamiento cooperativo entre los individuos que enfrentan dicho dilema. Estos tres atributos forman un ciclo que promueve la cooperación, es decir, en la medida en que la actuación de un individuo dentro de la comunidad es cooperativa, el individuo genera una reputación de cooperador

dentro de la comunidad y por ende dicha reputación inspira la confianza del resto de la comunidad en el actuar de dicho individuo; habiéndose entonces incrementado la confianza de la comunidad en el individuo la correspondencia o reciprocidad de los demás miembros de la comunidad ante el individuo tiende a aumentar, y por lo tanto tienden a actuar cooperativamente reforzando así su reputación dentro de la comunidad. Este ciclo muestra un refuerzo del comportamiento de los individuos ya sea para generar y promover la confianza entre ellos o para mantener la que se tenía inicialmente y así alcanzar la conservación del recurso.

**Figura 2. Modelo de Segunda Generación de Ostrom**



Además de los atributos antes citados, el horizonte de tiempo, las asimetrías del grupo, los resultados de la comunicación dentro del grupo y el conocimiento acerca de normas y reglas generadas (Ostrom, 1998 pg.13), permiten contextualizar aun más el modelo conceptual dentro de las propias necesidades y vivencias de las comunidades que enfrentan el dilema de los comunes. En particular, en Colombia se han realizado trabajos de campo donde la puesta en práctica de diversos aspectos del modelo de segunda generación dentro del actuar diario en una comunidad que depende económicamente de un recurso común ha demostrado que se pueden obtener resultados de sostenibilidad del recurso, tal es el caso de Piangua en Tumaco, cuencas hidrográficas en Boyacá y Cundinamarca, flora y fauna en Santander, y cangrejos en San Andrés y Providencia entre otros. (Cárdenas J.C., 2000<sup>a</sup>; 2000c; Cárdenas J.C., Maya, D., 2004; Castillo, D., 2002). Con respecto al ultimo trabajo mencionado donde se realizó una correspondencia entre el modelo conceptual de racionalidad de segunda generación y datos experimentales recogidos en la zona acerca de

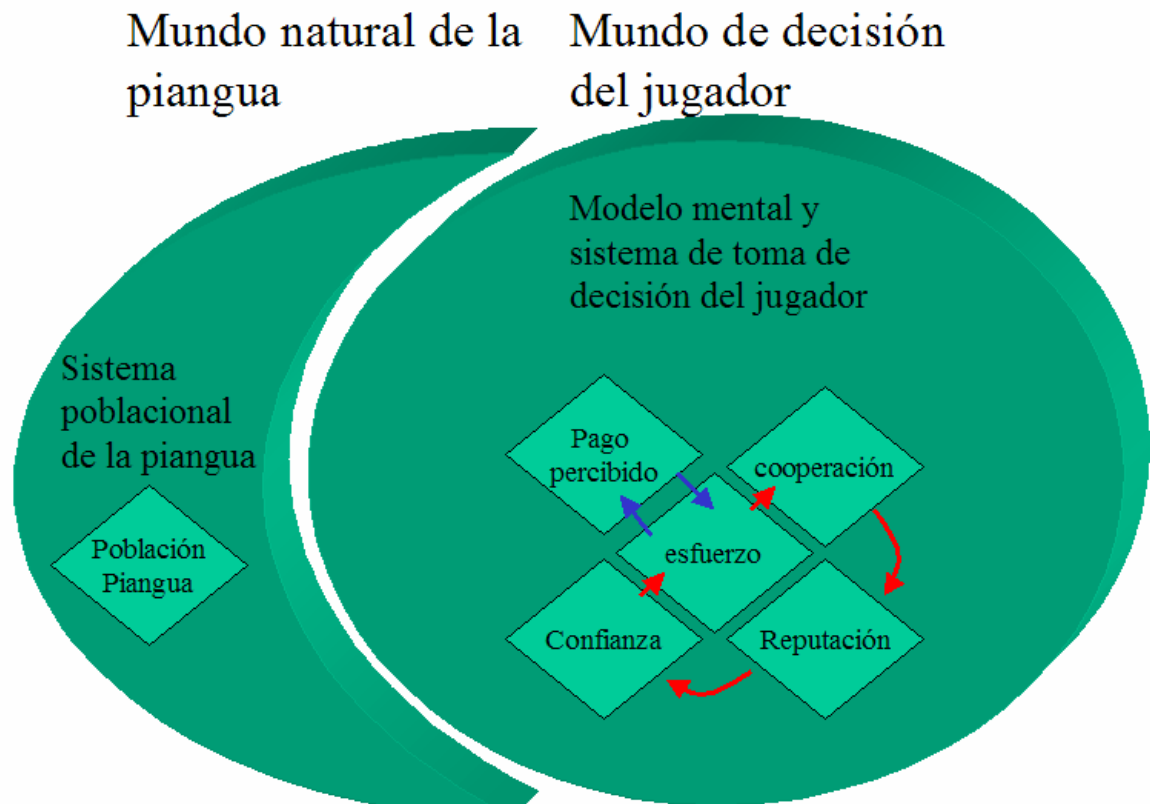
recolección de cangrejos, se hizo necesario para evaluar dicha correspondencia la creación de un modelo en dinámica de sistemas que evidenciara los atributos que hacen posible la cooperación en la comunidad recolectora y se incluyeron aspectos de teoría de juegos como la teoría de equilibrio de Nash (Castillo D.,2002).

Tras conocer las ideas plasmadas en el modelo de Castillo de cómo a través de la creación de confianza, reputación y reciprocidad se puede generar cooperación en una comunidad, se lograron precisar las ideas iniciales que se tenían acerca de cómo los individuos toman decisiones en una comunidad que depende económicamente de un recurso común diferente a la forma tradicional o oportunista de tomar decisiones como la reflejada en Fish banks, además se logró concretar una idea básica de los elementos que conformarían el modelo Piangua. Es decir, el modelo debía reflejar no sólo la dinámica poblacional de la Piangua y la forma como los Piangüeros se apropian de ella, sino además reflejar aspectos que conllevaran a los Piangüeros a tomar decisiones cooperativas, o en otros términos que sus decisiones no solo estuvieran ligadas al factor económico, sino también a factores de sostenibilidad del recurso y de la comunidad.

### 3.4 EL MODELO GENERAL DE LA PIANGUA

Dadas las pautas generales que debían estar incluidas en el modelo Piangua se precisaron dos grandes modelos a saber, el modelo poblacional sobre el cual el individuo no tiene control y el modelo de racionalidad o toma de decisiones sobre el recurso, en donde el individuo es el principal actor.

Figura 3. Mundo Natural de la Piangua y Mundo de decisión de l individuo.



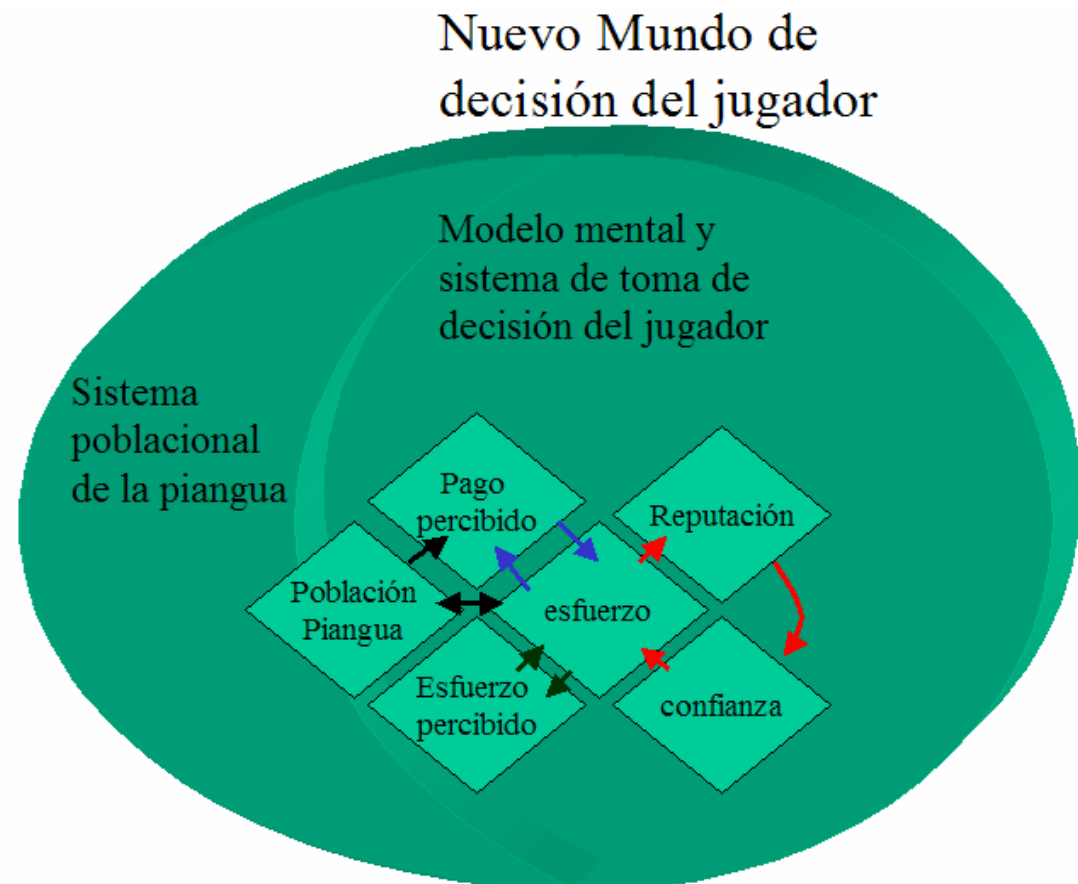
Por un lado, el modelo que representa el mundo natural de la Piangua evidencia la dinámica de la población del recurso, en otras palabras representa el estado de la Piangua a través del tiempo. En este modelo se despliega el proceso evolutivo de la Piangua desde su nacimiento hasta su muerte, ya sea por causas naturales o por la explotación que la comunidad realiza sobre el recurso. A través de la exposición del comportamiento poblacional del recurso se puede observar el estado de explotación en que se encuentra la Piangua, siendo este un estado de sostenimiento, de explotación o sobreexplotación. Así mismo se hace explícito el tiempo de resiliencia o la capacidad que posee este sistema natural para desarrollarse y mantenerse en equilibrio, a pesar de las difíciles condiciones o perturbaciones al sistema, que en este caso están representadas por altos índices de mortalidad a causa de la explotación por parte de la comunidad.

Por otro lado, el modelo que representa el mundo de decisión del jugador expresa la racionalidad asumida por un individuo en la toma de decisiones sobre la extracción del recurso, es decir, en el modelo se encuentra una representación de cómo un individuo razona acerca de la extracción del recurso actuando de manera

cooperativa o egoísta, según sea su decisión por diversos factores como la confianza, la reputación y la reciprocidad entre los individuos. Aunque en el modelo sólo se represente la racionalidad de un individuo este sirve para evidenciar el actuar y la toma de decisiones heterogéneas de diversos individuos en el juego de la Piangua. Además el individuo reflejado en el modelo usa la información de otros participantes acerca de si son cooperadores confiables o no, para tomar la decisión de cooperar.

A partir de lo anterior, y teniendo como base el modelo conceptual de racionalidad de segunda generación y los factores que determinan la cooperación, emergen diversos submodelos relacionados entre si para representar esa racionalidad del individuo y la relación de dicha forma de actuar con la población del recurso, como se aprecia en la siguiente figura.

Figura 4. Nuevo Mundo de decisión del Individuo



Se evidencia en la anterior figura la confluencia del mundo de Dinámica de sistemas y de Acción colectiva lograda a través del nuevo mundo de decisión del individuo, en donde se refleja no sólo la dinámica poblacional de la Piangua, la forma como los Piangüeros se apropian de ella, y el beneficio individual obtenido por su extracción, sino además refleja aspectos del mundo de acción colectiva que conllevan a los Piangüeros a tomar decisiones cooperativas, o en otros términos que sus decisiones no solo estén ligadas al factor económico, como sucede en Fish Banks, sino también están presentes factores de sostenibilidad del recurso y de la comunidad, mediante la incorporación de aspectos sociales como la confianza y la reputación de los individuos dentro de la comunidad. Se puede apreciar entonces que este nuevo mundo de decisión exhibe el propósito inicial buscado en esta investigación, al lograr la confluencia de las investigaciones en el campo de dinámica de sistemas y acción colectiva, mediante una primera versión de un modelo con Dinámica de Sistemas que intenta implementar algunos supuestos básicos de las ideas de cooperación en acción colectiva y que sirve

como componente fundamental para el diseño de un juego de simulación en Dinámica de sistemas, que propicie el aprendizaje comunitario y social.

A partir de la fusión de estos dos mundos se observa entonces, que el nuevo modelo de la Piangua representa el nuevo mundo de decisión del jugador que exhibe relaciones entre los aspectos biológicos, económicos y sociales que lo conforman como esfuerzo, reputación, confianza, esfuerzo percibido, pago percibido y población Piangua, es decir se aprecian ciclos de realimentación entre ellos.

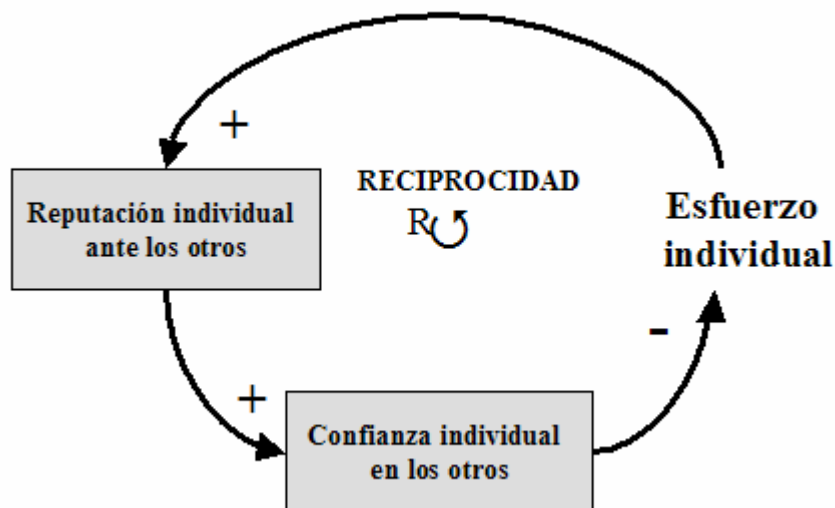
### 3.5 CICLOS DEL MODELO PIANGUA

Dada la figura anterior, están presentes en el modelo de la Piangua cuatro ciclos que determinan el comportamiento del modelo, a saber el ciclo de cooperación, el ciclo del oportunismo, el ciclo de maximización de ganancias y el ciclo poblacional.

Vale la pena recordar que el modelo Piangua expone una representación del funcionamiento o razonamiento de un individuo, pero que puede ser generalizado para los demás miembros de la comunidad. Es decir, en el modelo el comportamiento individual es igual al de cada uno de los otros individuos. Es una simplificación que hace posible apreciar diversas posturas individuales en diversas situaciones de cooperación u oportunismo.

#### 3.5.1. El ciclo de Cooperación

Figura. 5. Ciclo de Cooperación

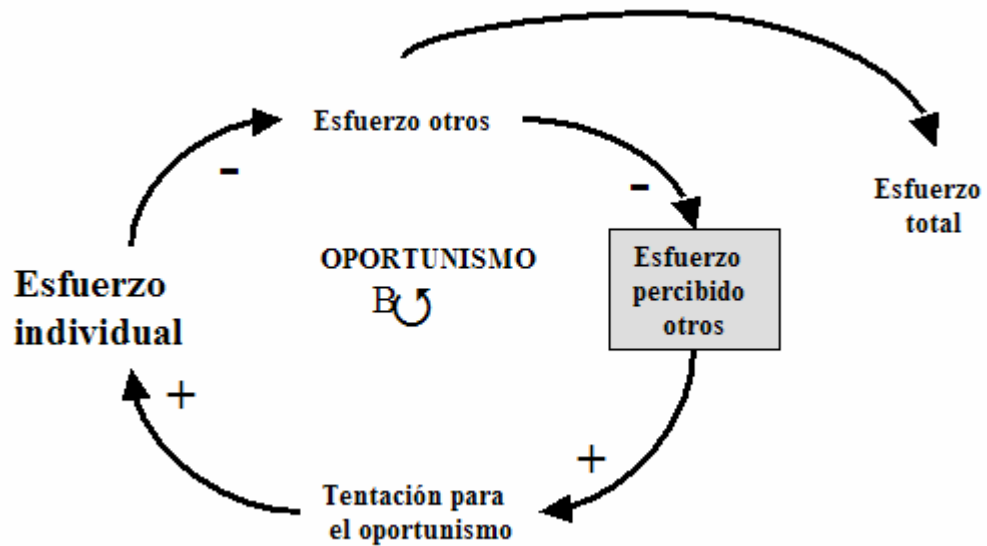


Como se observa en la figura el ciclo de cooperación se genera a partir de las decisiones que el individuo tome sobre la extracción del recurso, es decir sobre el esfuerzo individual de extracción de Piangua; la variable esfuerzo individual en este caso hace referencia al esfuerzo que realiza un individuo de la comunidad Pianguera para extraer el recurso del manglar. El realizar un bajo esfuerzo implica que el nivel de extracción del recurso es menor y por lo tanto su reputación de cooperador ante la comunidad crece, así mismo la confianza que los demás miembros de la comunidad pueden tener sobre el actuar cooperativo del individuo se refuerza y tiende a crecer, logrando así que la voluntad para cooperar del resto de la comunidad se refleje en las decisiones que cada miembro toma sobre el esfuerzo a realizar en el futuro. Dado lo anterior el ciclo de cooperación es un ciclo de refuerzo o positivo, en donde el supuesto fundamental está basado en la correspondencia del esfuerzo individual con la capacidad para cooperar de la comunidad. Además mediante la incorporación de este ciclo en el modelo se expone una forma de hacer frente al oportunismo presente en el dilema de los comunes. Es así como se han incorporado elementos de la teoría de acción colectiva que le hacen contrapeso al egoísmo y podrían llegar a hacer sostenible el recurso mediante acuerdos básicos de cooperación en relación con la extracción de la Piangua.

Cabe anotar, antes de continuar, que en este punto de la descripción del modelo no se hace una explicación sobre cómo se cuantifican cada una de las variables que aparecen en estos diagramas, esto se hará cuando se presente el modelo matemático. Sin embargo, adelantando, las variables de esfuerzo, reputación y confianza, entre otras, tienen las mismas escalas de medida basadas en la aplicación del marco teórico de Ostrom en el diseño de juegos de roles (Cárdenas J.C., Maya C., 2004; Castillo D., 2002).

### 3.5.2 El ciclo del oportunismo

Figura 6. Ciclo del oportunismo

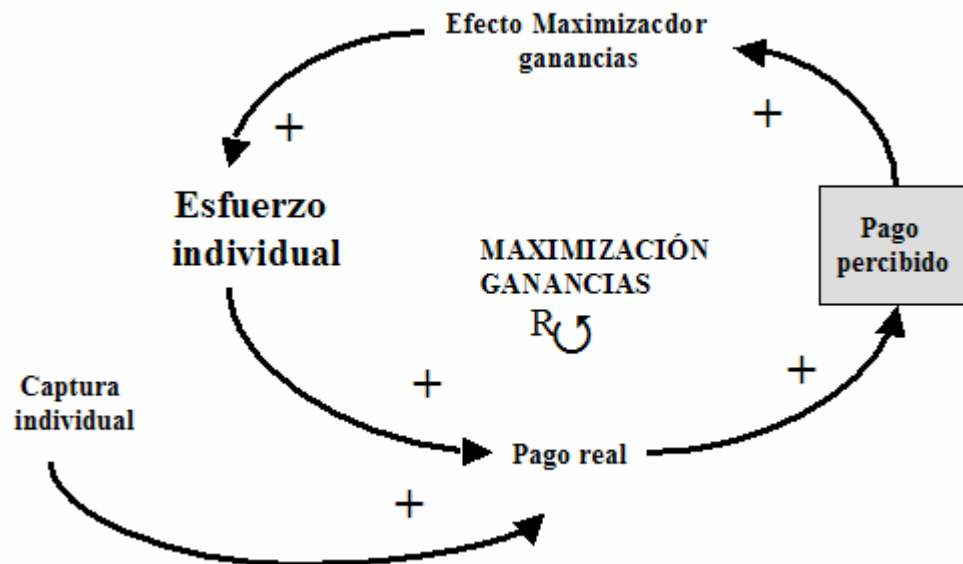


En el presente ciclo se ilustra cómo se encuentra incluida dentro del modelo Piangua la problemática fundamental del dilema de los comunes, esto es, el oportunismo. En primer lugar, un actuar oportunista o egoísta puede producirse a partir de decisiones de esfuerzo bajo, que como se dijo denota cooperación, de los otros miembros de la comunidad, esto pueda tentar a un individuo a actuar de manera oportunista y realizar entonces un esfuerzo alto en donde el pueda salir beneficiado. Si el individuo percibe que el esfuerzo de la comunidad es bajo es decir, que no están extrayendo gran cantidad de pianguas, entonces él puede optar por extraer una mayor cantidad de pianguas y obtener un mayor beneficio por ello. De acuerdo a las condiciones de este modelo, este mayor esfuerzo de un individuo, animado por el oportunismo, generará una reacción de los demás en la misma dirección, es decir, estimulará la competencia y la extracción por encima de los niveles que se dan cuando ocurre la cooperación. Como se puede observar este ciclo limita el comportamiento cooperativo producido por el anterior ciclo, de cooperación, aún más contrarresta la cooperación con el oportunismo.

Además hay que resaltar que el modelo Piangua no se pretendió crear un mundo ideal donde solo exista la cooperación, sino que los individuos como ocurre en la realidad, puedan tener la posibilidad de actuar de manera oportunista y de acuerdo a su decisión de cooperar o no puedan alcanzar la sostenibilidad del recurso y de la comunidad.

### 3.5.3 El ciclo de maximización de la ganancia

Figura 7. Ciclo de maximización de la ganancia

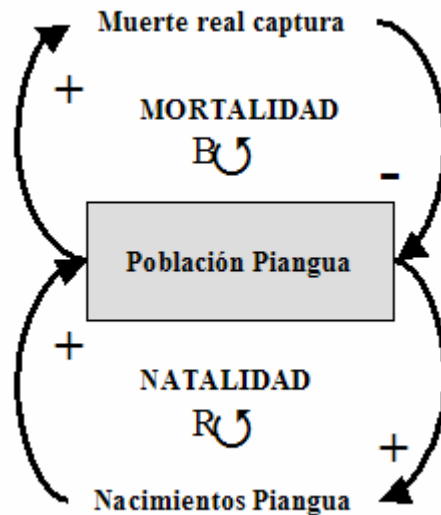


El ciclo correspondiente a maximización de las ganancias evidencia el beneficio económico que se obtiene a partir de la extracción del recurso que realizan los individuos de la comunidad Pianguera para subsistir. A partir de un esfuerzo individual alto el pago que obtiene el individuo por esa extracción va a ser alto, pero dicho pago esta condicionado a la captura individual que realice el individuo es decir, a la cantidad del recurso que el pueda obtener realmente de la población de pianguas. Entonces, si el pago real es alto la percepción del beneficio obtenido en relación a un pago esperado es alta y, de acuerdo con el supuesto de racionalidad compartido por las diversas teorías de acción colectiva sobre la intención de maximizar los beneficios, entonces se condiciona a que la decisión de esfuerzo en el futuro sea alta. Como se aprecia el ciclo de maximización de ganancias promueve la obtención del máximo beneficio económico a partir del esfuerzo realizado, a mayor esfuerzo, mayor beneficio y viceversa, entonces

representa un ciclo de refuerzo del comportamiento basado en el beneficio económico de Piangüar.

### 3.5.4 El ciclo poblacional

Figura 8. Ciclo poblacional de la Piangua



El ciclo poblacional de la Piangua despliega el proceso natural de evolución de del recurso teniendo en cuenta la resiliencia del mismo. En primer lugar, cabe destacar que este proceso se encuentra compuesto por dos ciclos, a saber el ciclo de natalidad y el de mortalidad.

El ciclo de natalidad representa el nacimiento de nuevos moluscos en forma de larva en el manglar, en la medida en que la población de pianguas se hace cada vez mayor la fracción de la población que puede reproducirse es también mayor, por lo tanto el número de nacimientos crece y por ende la población. Por otro lado, el ciclo de mortalidad representa la muerte de pianguas tanto en su estado natural como con la intervención del hombre. En la medida en que la población de pianguas se hace mayor la tasa de mortalidad crece, pues la Piangua como cualquier otro ser vivo tiene formas naturales de equilibrio. Es decir, debido a diversos factores como terreno, alimento o reproducción entre otros, el crecimiento de la especie está limitado. Además, la mortalidad de la Piangua también se ve

afectada por factores externos, en este caso la captura real del recurso por parte de la comunidad. La mortalidad natural, pero especialmente la mortalidad por intervención humana, afectan directamente la resiliencia del sistema, esto es, la capacidad para recuperar sus niveles de productividad que garanticen la supervivencia de la especie después de una grave depresión del recurso. Dado todo lo anterior, en la medida en que la población de Piangua crece los niveles de mortalidad también y por lo tanto la población tiende a disminuir.

Observamos entonces que la dinámica poblacional de la Piangua presenta dos ciclos de realimentación uno de refuerzo, el de natalidad y uno de balance, el de mortalidad, así a través del equilibrio entre estos dos ciclos puede presentarse en condiciones normales la sostenibilidad del recurso, en caso contrario, es decir, que ocurra un desbalance entre estos dos ciclos, debido particularmente a la mortalidad por intervención humana, puede entonces ocurrir una insostenibilidad de la Piangua en el manglar.

### 3.6 RELACIÓN ENTRE EL CICLO POBLACIONAL DE LA PIANGUA Y LOS CICLOS SOCIALES

En primer lugar se hizo una distinción entre los ciclos presentes en el modelo de la Piangua a saber, los ciclos de reciprocidad, oportunismo y maximización de las ganancias son ciclos sociales o comunitarios en los que se exponen tanto la racionalidad con la cual el individuo toma decisiones pero también como él percibe que los demás toman decisiones, es decir, simula la racionalidad de una comunidad. Por otra parte, el ciclo correspondiente a la dinámica poblacional es un ciclo sobre el cual los individuos tienen menos control e interacción y además la percepción que ellos pueden tener del estado real del recurso es difusa y con frecuencia equivocada.

Teniendo en cuenta la distinción de ciclos sociales y el ciclo de evolución natural de la Piangua, la relación existente entre ellos se puede observar a través de la siguiente figura.



En primer lugar, en la medida en que el individuo percibe que el pago recibido por su esfuerzo no es el esperado el tenderá a incrementar su esfuerzo con el fin de garantizar el objetivo de maximización de sus ganancias, es decir, aumentar su ingreso o sostenerlo para poder vivir, pero dicho pago esta ligado no solo a la decisión que el toma sobre el recurso sino también a las decisiones de extracción que el resto de la comunidad ha tomado, el esfuerzo total. Por lo tanto, si el individuo percibe que el esfuerzo de los otros o de la comunidad es alto entonces el no tiene la oportunidad de extraer más que los demás, es decir actuar de manera oportunista, pues todos los miembros de la comunidad están actuando de la misma manera y los beneficios que se obtendrían serian menores. En el caso contrario si el individuo percibe que la extracción de los otros es baja esto es indicativo que de están actuando de manera cooperativa, es decir, que no están extrayendo gran cantidad de pianguas, entonces el puede optar por un comportamiento egoísta que le garantiza bajo esas condiciones el aumento de su beneficio en relación al beneficio de los otros.

Dado lo anterior, se puede afirmar que tanto la búsqueda por maximizar la ganancias y la posibilidad de un comportamiento oportunista dentro de la comunidad Pianguera son detonantes para que la insostenibilidad del recurso se presente. Pero existe la posibilidad de balancear el comportamiento individualista por uno cooperativo. Mediante la decisión de un esfuerzo individual bajo se generan no solo niveles de mortalidad más bajos del recurso, sino que además tiene repercusiones sobre el comportamiento de la comunidad en general es decir, ante los otros miembros de la comunidad el individuo que realiza un esfuerzo bajo posee una reputación de cooperador alta dentro de la comunidad que conlleva a la percepción de que pueden confiar en el comportamiento cooperativo de dicho individuo, entonces en la medida en que la confianza en los otros tiende a crecer el esfuerzo que realiza el individuo tiende a disminuir por efectos de esa confianza y por ende la población de pianguas puede llegar a alcanzar los niveles necesarios para sostenerse y poder sostener económicamente a la comunidad Pianguera. De esta manera se puede observar entonces que la decisión más importante dentro del modelo es el esfuerzo individual y que este conecta los ciclos sociales que representan la racionalidad con la cual un individuo toma decisiones sobre el recurso con los ciclos que determinan la dinámica poblacional de la Piangua.

### 3.7 EL MODELO MATEMÁTICO DE LA PIANGUA

En esta sección se exponen con más detalle a través de diagramas de flujos y niveles los ciclos que conforman el modelo de la Piangua, en particular las variables que determinan el comportamiento del ciclo poblacional del recurso y de los ciclos sociales. Así mismo se hacen explícitos los supuestos que traen consigo las variables más relevantes de los ciclos de cooperación, oportunismo,

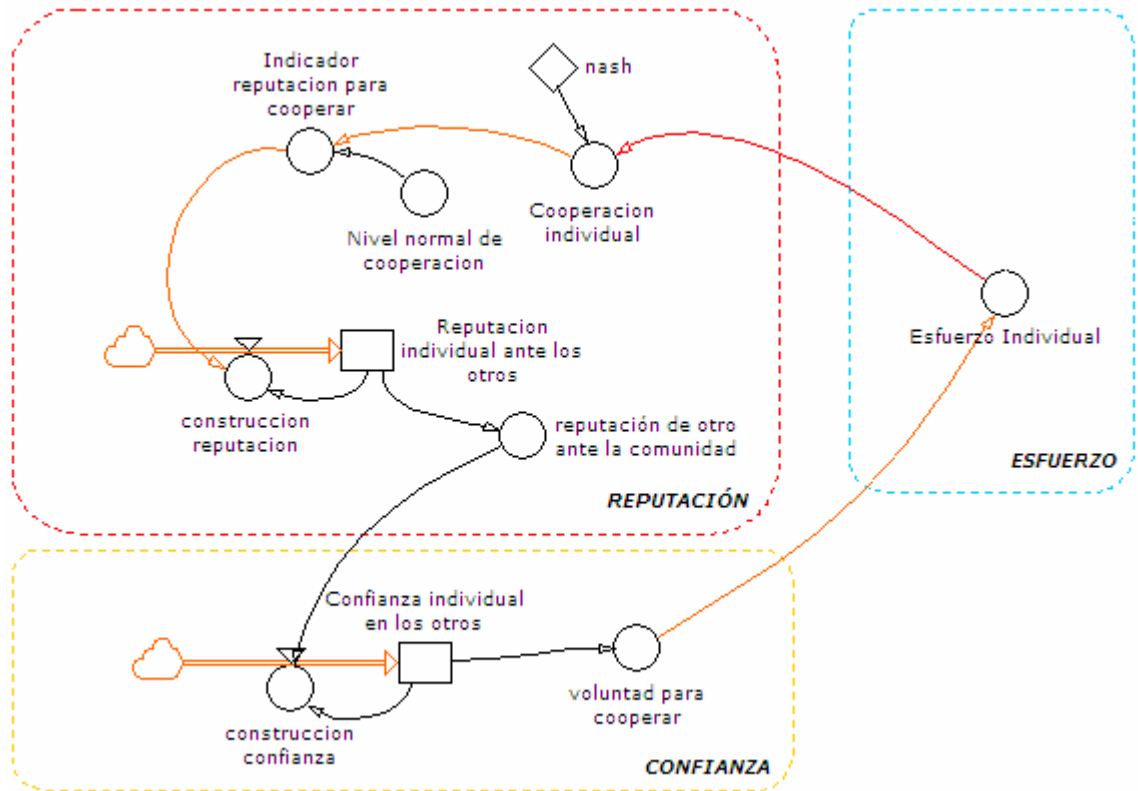
maximización de las ganancias y poblacional de la Piangua. Cabe recordar que el modelo de la Piangua representa la forma como un solo individuo toma decisiones o la racionalidad asumida acerca del uso de recursos comunes en una comunidad.

La representación matemática y estructural del modelo de la Piangua se llevó a cabo mediante el software de simulación en Dinámica de Sistemas Powersim Studio (Powersim 2001) y en los anexos se encuentra con más detalle el modelo matemático y los soportes del mismo.

### **3.7.1 Ciclo de cooperación**

Aunque existe un número significativo de variables que representan el ciclo de cooperación en el modelo de la Piangua, como se expuso en la sección anterior, los aspectos esenciales que determinan el ciclo de cooperación son: la reputación, la confianza y el esfuerzo individual, dichos aspectos son formalizadas en el modelo matemático mediante la cooperación individual, reputación individual ante los otros, confianza individual en los otros, voluntad para cooperar y esfuerzo individual.

**Figura 10. Diagrama de flujos y niveles del Ciclo de Cooperación**



### Cooperación Individual

En el momento en que el individuo toma la decisión acerca del *esfuerzo individual* o la extracción que va a realizar, dicho individuo expresa su nivel de cooperación o de individualismo con la comunidad. Esta variable es definida como la distancia en unidades de esfuerzo de la estrategia de Nash (Cárdenas J.C., 2000), en dicha variable el individuo pone en manifiesto la voluntad hacia una estrategia en busca del beneficio individual o hacia una estrategia guiada hacia el beneficio de todos los miembros de la comunidad mediante la reducción de su esfuerzo de extracción. Pero el grado de cooperación que pueda tener un individuo se correlaciona con el parámetro de equilibrio de *Nash* (Nash, J.F., 1950, 1953), el cual representa la decisión óptima medida por el beneficio económico obtenido para el individuo dada la estrategia de los demás miembros de la comunidad. Para efectos de normalización del parámetro de Nash en el modelo se asumió su valor como 8 unidades de esfuerzo (Cárdenas J.C., 2000).

A través de la cooperación individual y de la variable *nivel normal de cooperación*, que refleja cual es el valor estándar de esfuerzo de los individuos de la comunidad, el individuo obtiene una percepción acerca del nivel de cooperación del resto del grupo mediante la variable *indicador de reputación para cooperar*.

## **Reputación Individual Ante Los Otros**

Para expresar en el modelo la reputación para cooperar de un individuo fue necesario tener en cuenta la definición de Ostrom acerca de la reputación (Ostrom E., 1998), que se define como la imagen acerca del comportamiento de un individuo por un conjunto de acciones, intenciones y normas de comportamiento dentro de la comunidad. Dado lo anterior, la *reputación individual ante los otros* se modela como una variable de nivel pues la imagen de un individuo dentro de una comunidad se crea a través del tiempo y no en solo instante, es decir para crear reputación se requiere que el individuo haya tomado por lo menos dos decisiones de extracción del recurso, en la medida en que las decisiones que tome sean cooperativas el individuo aumenta su reputación para cooperar, en caso contrario si las decisiones son del tipo individualista su reputación para cooperar se ve disminuida. El valor de este nivel oscila entre 0 y 2, indicando 2 el nivel más alto de reputación, en el modelo el valor inicial de este nivel es 1, pues se ha asumido una reputación media.

## **Confianza Individual En Los Otros**

La confianza que tienen los demás miembros de la comunidad acerca del actuar cooperativo de un individuo se representa en el modelo como una variable de nivel, pues se asume que la confianza al igual que la reputación de un individuo de construye a través del tiempo. En la medida en que el individuo cree, aumente o deteriore su reputación mediante la decisión de esfuerzo individual, esta afectará la confianza que los demás individuos de la comunidad Piangüera puedan tener acerca de su comportamiento cooperativo.

El grado de confianza que el individuo tiene acerca de la comunidad se representa aquí con la variable de *voluntad para cooperar*, donde el nivel de confianza del individuo en el resto del grupo afecta su decisión de esfuerzo individual, a través de ella el individuo manifiesta las normas de comportamiento cooperativo o individualista, que rigen sus acciones dentro de la comunidad Piangüera; de esta manera se refleja entonces el efecto de la confianza sobre el esfuerzo de extracción. Cuando la confianza en el actuar de la comunidad es alta la decisión de esfuerzo de extracción del individuo tiende a disminuir, caso contrario si la confianza en la comunidad disminuye la voluntad para cooperar del individuo tiende a disminuir, es decir, a niveles muy bajos de confianza el individuo tiende a incrementar el nivel de extracción del recurso.

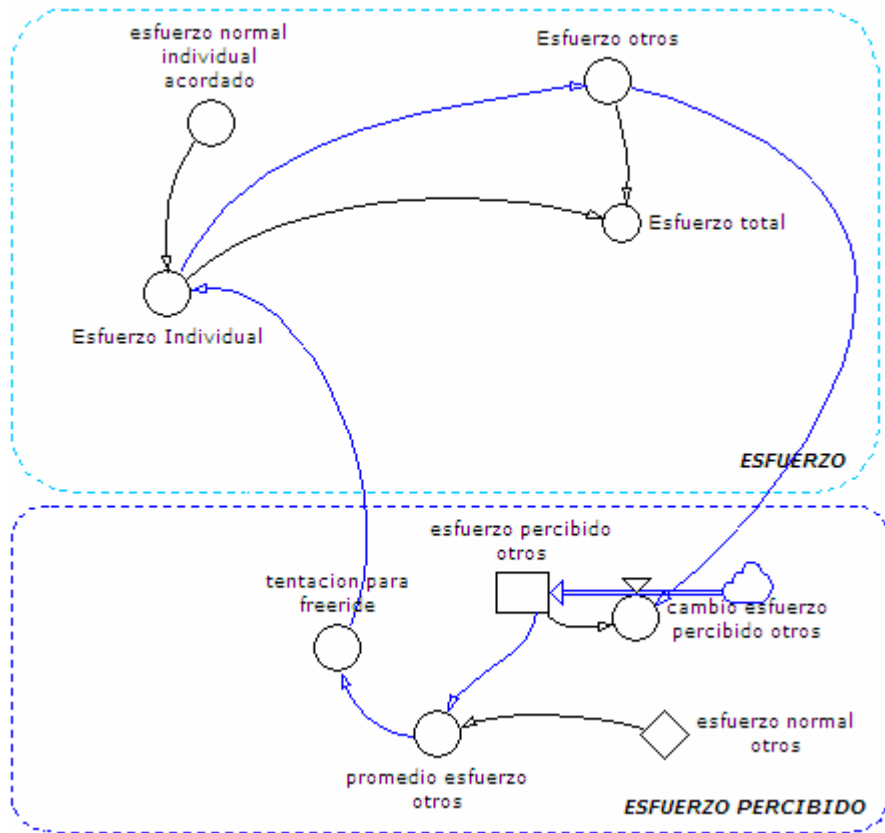
## **Esfuerzo individual**

Para cerrar el ciclo de cooperación, la decisión del individuo acerca del esfuerzo de extracción a realizar en el manglar es expresada aquí con la variable *esfuerzo individual*, que oscila entre 1 y 8 unidades de esfuerzo, si el individuo actúa de manera individualista tendera a valores cercanos a 8, pero si el individuo actúa de manera cooperativa se acercara a valores bajos entre 1 y 4, un valor promedio o de equilibrio en su decisión de esfuerzo lo representara con un valor de 4. La decisión del individuo respecto al esfuerzo a realizar esta determinada por un lado, por la voluntad para cooperar del individuo en relación con la confianza que posee en la comunidad y por otro lado mediante un esfuerzo promedio de la comunidad, el cual es representado mediante la variable *esfuerzo normal individual acordado*. esta variable representa las normas de comportamiento asumidas o creadas por la comunidad para su comportamiento frente al uso del recurso común.

### **3.7.2 Ciclo del oportunismo**

El ciclo de oportunismo esta presente en el modelo de la Piangua para representar la oportunidad que tienen los individuos de actuar de manera egoísta dentro de la comunidad, en particular este comportamiento hace contrapeso al actuar cooperativo descrito en el anterior ciclo. la representación de esa oportunidad de actuar de manera individualista o egoísta dentro de la comunidad se modeló mediante las variables: esfuerzo individual, esfuerzo normal individual acordado, esfuerzo otros, esfuerzo percibido otros y tentación para el oportunismo.

**Figura 11. Diagrama de Flujos y Niveles del ciclo del Oportunismo**



**Esfuerzo normal individual acordado**

El *esfuerzo normal individual acordado* representa las normas de comportamiento asumidas o creadas por la comunidad para su comportamiento frente al uso del recurso común, cuando el individuo toma la decisión de su *esfuerzo individual* tiene en cuenta para ello el *esfuerzo normal individual acordado*, en otras palabras antes de tomar una decisión de extracción el individuo tiene en cuenta para tomar su decisión el valor acordado, establecido, o normal de extracción dentro de la comunidad. En el modelo el valor que esta variable asume es 4 unidades de esfuerzo, es decir la comunidad posee normas intermedias de comportamiento cooperativo, si este valor fuese cercano a 8 unidades implicaría que la comunidad no posee normas de comportamiento y viven dentro del individualismo absoluto, en el caso en que el valor de esta variable fuese cercano a 1 unidad indicaría que poseen fuertes normas de comportamiento cooperativo.

## **Esfuerzo otros**

La variable *esfuerzo otros* expone dentro del modelo Piangua las decisiones de los demás miembros de la comunidad en relación a la extracción del recurso de uso común. esta variable al igual que el *esfuerzo individual* se mide en unidades de esfuerzo comprendidas entre 1 y 8. cabe recordar que para efecto de reflejar la racionalidad de un individuo el esfuerzo de los otros es igual al esfuerzo individual multiplicado por los 4 individuos restantes que representan la comunidad, es decir, en este caso el esfuerzo individual se asume como el mismo para todos los individuos.

en la medida en que el esfuerzo de los otros se aumente con el paso del tiempo, la percepción que un individuo puede tener de las decisiones de los demás no son instantáneas, es decir, no se puede hacer una idea de si coopera o es egoísta en el momento que la comunidad toma la decisión de esfuerzo de extracción, sino que requiere que al menos se hayan tomado dos decisiones para poder tener una percepción del comportamiento de los demás miembros de la comunidad, en el modelo esta situación se representa mediante el nivel *esfuerzo percibido otros*.

## **Tentación para freeride o oportunismo**

Cuando el *esfuerzo percibido de los otros* miembros de la comunidad esta por debajo del *esfuerzo normal otros*, que en este caso es 16 unidades de esfuerzo, la tentación para el oportunismo se presenta, ya que el individuo puede obtener un mayor beneficio comparado con el que recibe el resto de la comunidad si se decide por un *esfuerzo individual* mayor, pero si el esfuerzo de los otros es más alto y lejos de 16 unidades, el individuo se desalienta a seguir un comportamiento oportunista porque las rentabilidades son considerablemente bajas si sigue dicha estrategia. Cuando la comunidad coopera la tentación para el oportunismo se puede hacer presente, pero si la comunidad no coopera y es individualista el oportunismo no tiene cabida. Dado lo anterior, en esta variable se pone en manifiesto la esencia del dilema de los comunes.

### **3.7.3 Ciclo maximización de las ganancias**

En el ciclo de maximización de las ganancias se manifiesta como el beneficio económico influye en el individuo al tomar la decisión sobre el esfuerzo a realizar en el manglar y por ende a manifestar la racionalidad asumida para ello. las variables más relevantes dentro de la maximización de las ganancias de un individuo son: pagos percibidos, efecto maximizador ganancias, pago real y multiplicador de pago.



concentraron en mostrar que las decisiones individuales de extracción de recursos de uso común están estrechamente ligadas a las decisiones de toda la comunidad.

Por otro lado, modelos desde dinámica de sistemas como el de Fish banks muestran que la forma de recibir beneficios económicos del uso de recursos comunes depende directamente de la dinámica poblacional del recurso. Pues a mayor extracción del recurso mayor es el beneficio económico individual, pero a su vez esto conlleva a menor posibilidad de reproducción de la especie en el tiempo y por ende su sostenibilidad.

Teniendo en cuenta los dos supuestos antes enunciados, por un lado, que el beneficio económico por la extracción del recurso depende las decisiones de la comunidad, y por otro, que el beneficio depende de la dinámica poblacional del recurso, se planteo dentro del modelo la posibilidad de representar estos supuestos para darle realismo a la toma de decisiones y para brindar un modelo que sirve de puente entre ambos campos de acción. Por consiguiente, la ecuación matemática para representar el pago real en el modelo de la Piangua se expone a continuación.

$$(60 * \text{Esfuerzo Individual} - 2.5 * \text{Esfuerzo Individual}^2 + 20 * 5 * 8 - 20 * \text{Esfuerzo total}) * \text{multiplicador de pago}$$

se observa en la ecuación dos componentes generales, el primero de ellos representa la forma como las decisiones de la comunidad influyen en el pago real, a través de las variables esfuerzo individual, y esfuerzo total y los parámetros establecidos para calibración del modelo como el 8 que indica el mayor esfuerzo posible, el 5 que indica el total de población o de tomadores de decisiones dentro del modelo, y el 20 que indica esfuerzo promedio de la población, entre otros.

El segundo componente de ellos, ilustra la forma como la dinámica poblacional influye en el pago real mediante la variable *multiplicador de pago*, que se calcula a través de la *captura individual* y de un *multiplicador normal de pago*. La captura individual representa la captura que el individuo obtiene del recurso en el manglar dependiendo de todas las capturas realizadas por parte de la comunidad. Es decir, dependiendo del estado del recurso a causa de la muerte por intervención humana y del número de miembros de la comunidad que explotan el manglar. Una variación del esfuerzo, ya sea mayor o menor, realizado por el individuo se refleja en la captura del recurso y por ende en el pago que el obtiene por su esfuerzo de extracción en el manglar.

### **Pagos percibidos**

En la medida en que el pago real del individuo tenga variaciones este tendrá una percepción acerca dicho pago. En la modelo Piangua el *pago percibido* es modelado con un nivel con un valor inicial de 600, pues al igual que la confianza y la reputación se construyen a través del tiempo, es decir la apreciación del individuo acerca del pago recibido se va acumulando y a su vez el individuo se va haciendo una idea de cómo ha sido su beneficio económico a través del tiempo. Una vez el individuo tiene un percepción de cómo ha sido su beneficio por extraer Pianguas en el manglar, realiza un comparación de su percepción con un *pago deseado*, que en este caso es 880 y representa el mayor beneficio económico a alcanzar dentro de la comunidad.

### **Efecto maximizador de las ganancias**

Una vez el individuo realiza la comparación entre el nivel de percepción del pago que ha acumulado debido a sus anteriores decisiones de esfuerzo y el pago deseado o el máximo pago que el desearía y podría obtener por extracción de Piangua en el manglar, el individuo efectúa una maximización racional de sus ganancias a través de la variable *efecto maximizador de las ganancias*. En la medida en que el individuo perciba que existe una amplia brecha entre el pago percibido y el deseado tendera a realizar un incremento en su decisión de esfuerzo. Pero cuando no existe una brecha entre estas dos variables este calculo no tendrá efecto sobre su decisión de extracción de Piangua en el manglar. Para la calibración del modelo el *efecto maximizador de las ganancias* varia entre 1 y 1.6.

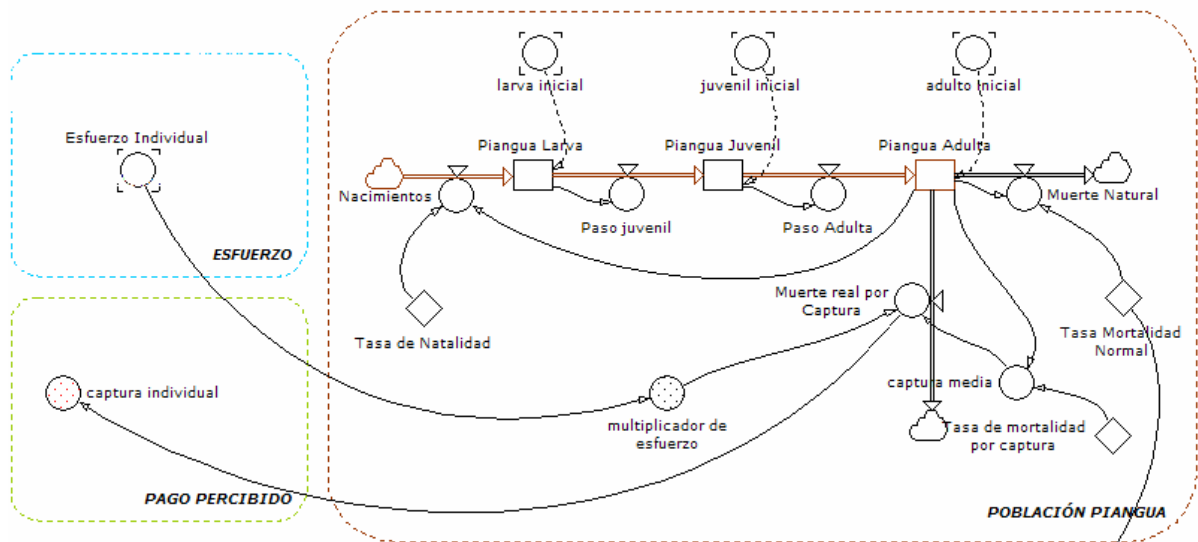
### **3.7.4 Ciclo poblacional de la Piangua**

En el modelo de la Piangua se representa la dinámica poblacional del recurso y su relación con los ciclos sociales del modelo. Además se muestra como influyen las decisiones del individuo en el desarrollo poblacional del recurso y como influye el estado del recurso en las decisiones del individuo.

Dentro del modelo se destacan los niveles poblacionales del recurso como: Piangua larva, Piangua juvenil y Piangua adulta, las tasas de natalidad y mortalidad normales, y las variables muerte real por captura y un multiplicador de esfuerzo. Vale la pena destacar que para el ciclo poblacional los datos acerca de la población de Pianguas, de sus tasas de natalidad, mortalidad natural y por captura, área de captura, entre otros, que permitieron los valores iniciales para el modelo fueron extraídos y calibrados para este modelo en particular de estudios

biológicos, ecológicos y pesqueros realizados en el Parque Natural Nacional Sanquianga (Cruz y Palacios, 1993; Borda y Portilla, 1998; Borda, 2001; Cruz y Borda, 2004;).

**Figura 13. Diagrama de Flujos y Niveles del ciclo Poblacional de la Piangua**



### Piangua Larva, Piangua Juvenil y Piangua Adulta

La población de Piangua es un sistema caracterizado por un crecimiento logístico simple. En ausencia de individuos que exploten el recurso, las Pianguas nacen, crecen hasta la madurez,

se reproducen poniendo larvas en el mar y en un determinado momento mueren; el tamaño poblacional permanece de forma natural en equilibrio dinámico con su valor máximo sostenible. Si la población disminuye por razones no naturales, que en este caso tienen que ver con la explotación por parte de la comunidad, la Piangua tiende a alcanzar su valor de equilibrio exhibiendo el mismo tipo de crecimiento. Dentro del modelo el desarrollo de la Piangua en el manglar a través del tiempo se expone mediante los niveles Piangua Larva, Piangua Juvenil y Piangua Adulta.

El nivel *Piangua larva* acumula todos los nacimientos ocurridos en la población a través del tiempo. Mediante la *Tasa de natalidad* y el nivel de *Piangua Adulta* que esta en capacidad de reproducirse por mes se calcula la cantidad de pianguas que nacen por año en el manglar. Para efectos de calibración el valor para la tasa de natalidad es de 0.88 Pianguas por año, es decir, cada Piangua adulta viva da origen a 0.88 larvas por año en el mar que se asientan en pocos días dentro del

manglar, para aumentar así la población. Así mismo para representar la salida de pianguas del nivel larva, es decir, el paso de la Piangua de larva a juvenil, este no ocurre instantáneamente pues requiere de un periodo de 6 meses para que las larvas alcancen las características físicas (tamaño, espesor de las capas, etc.) necesarias para ser consideradas *Piangua juvenil*.

Una vez la *Piangua Larva* posee las características físicas necesarias entra a considerarse como Juvenil pasando a aumentar el nivel *Piangua Juvenil*. De manera similar al nivel *Piangua larva*, el nivel *Piangua Juvenil* se reduce por factores de crecimiento, es decir, a medida que las pianguas van alcanzando la madurez necesaria para ser consideradas Adultas. Este proceso ocurre en un lapso de 6 meses, en donde las *Pianguas Juvenil* van alcanzando las características físicas y reproductivas necesarias para engrosar el nivel *Piangua Adulta*.

A medida que las Pianguas alcanzan la madurez dan origen nuevamente al ciclo reproductor, pues ya en el nivel *Piangua Adulta* ellas están en capacidad de regenerar su especie mediante nuevos nacimientos de larvas, que en un periodo de un año estarán cumpliendo la misma función dentro de la cadena evolutiva. En condiciones normales el nivel *Piangua Adulta* se ve disminuido por factores de equilibrio biológico (espacio, alimento, etc), es decir, existe una fracción de la población que muere por causas naturales en un periodo de tiempo. Dicha fracción es calculada a través de la *Tasa de mortalidad normal* y la cantidad de *Piangua Adulta* que existen en la población, es decir, no se tienen en cuenta las muertes de larvas ni de juveniles que ocurren en el manglar. Para el modelo la tasa de mortalidad normal es de 0.82 Pianguas por año.

Dado lo anterior, en condiciones normales, es decir sin intervención de la comunidad la fracción de la población que muere cada año depende del grado de saturación de Pianguas en el manglar. La *Tasa de mortalidad normal* aumenta conforme lo hace dicho grado de saturación. Cuando la población de Pianguas es menor que la capacidad que soporta la zona, la *Tasa de mortalidad normal* es menor que la *Tasa de natalidad*, de modo que la población aumenta. En la medida en que la población aumenta y se aproxima a la capacidad de Pianguas que soporta la zona, la *Tasa de mortalidad* aumenta y se aproxima al valor de la *Tasa de Natalidad*. Cuando la población alcanza su máxima capacidad, la población entra en equilibrio dinámico. Si la población de Pianguas aumenta por encima de su capacidad para sobrevivir, la *Tasa de mortalidad normal* es mayor que la *Tasa de natalidad* y el nivel de Pianguas Adultas disminuye hasta alcanzar un valor que le permite el equilibrio.

En el caso en que la comunidad hace uso del recurso, la fracción de muertes de la población de pianguas se ve aumentada, o en otras palabras, la población de Piangua empieza a disminuir a través de la variable *muerte real por captura*. Dicha variable indica la cantidad de muertes de Piangua por acción del hombre

que ocurren en un periodo de tiempo en el manglar. Esta cantidad de muertes se calcula por un lado, a través de una *Tasa de mortalidad por captura* y la cantidad de *Piangua Adulta* existente en el manglar en dicho periodo de tiempo, y por otro lado, mediante la variable *multiplicador de esfuerzo*. En el modelo el valor de la *Tasa de mortalidad por captura* corresponde a 1.97 Pianguas por año, que es doble de muertes ocasionadas por causas naturales y que sirve como base para calcular la variable *captura media* de Piangua que indica cuantas muertes ocurren en el manglar por mes de Piangua a causa de la explotación de la comunidad.

### **Multiplicador de esfuerzo**

La variable multiplicador de esfuerzo representa en el modelo la forma como el individuo a través de su decisión de *esfuerzo individual* influye en la disminución de la población a través de la *muerte real por captura*. Una vez el individuo toma la decisión de esfuerzo a realizar en el manglar esta se contrasta con la cantidad de la población existe de Piangua, es decir, se realiza un calculo de cual es realmente la muerte de Pianguas que ocurre en el manglar por causas externas. Para efectos del modelo la decisión del individuo es igual a la decisión de los demás miembros de la comunidad, entonces, el efecto maximizador será igual para toda la comunidad.

En la medida en que el esfuerzo individual se vea aumentado y el recurso se encuentre en buen estado es decir, que existan las suficientes Pianguas adultas para mantener la especie, la captura individual tenderá a ser mayor, en el caso en que el recurso se encuentre en un estado de deterioro la captura individual tenderá a disminuirse. Cabe recordar que la captura individual representa la captura que el individuo obtiene del recurso en el manglar dependiendo de todas las capturas realizadas por parte de la comunidad, es decir, dependiendo del estado del recurso a causa de la muerte por intervención humana, del número de miembros y del esfuerzo realizado por toda la comunidad que explota el manglar. Una variación del esfuerzo, ya sea mayor o menor, realizado por el individuo se refleja en la captura del recurso y por ende en la sostenibilidad del mismo.

### **3.7.5 Calibración del modelo**

Una vez expuesto el modelo matemático mediante los diagramas de flujos y niveles, es necesario precisar el origen y el propósito de algunos datos que sirvieron de base para la calibración del modelo de la Piangua.

Por un lado, los datos poblacionales del recurso Piangua se obtuvieron a partir de estudios realizados acerca del recurso en el Parque Natural Nacional Sanquianga en relación a aspectos biológicos (Cruz y Borda 2003; 2004), ecológicos (Cruz y Palacios 1983; Borda 2001), y pesqueros (Borda y Portilla, 1998; Cruz y Borda 2003) aunque se realizaron varias lecturas de otros autores la gran mayoría de datos utilizados se encuentran recopilados en los artículos de Borda y Cruz.

A partir de los datos biológicos encontrados como tasas de crecimiento, mortalidad natural, tiempos de reproducción y datos históricos de pesca o captura de Piangua en el manglar se llevo a cabo la inicialización del modelo.

En primer lugar, para tal inicialización se tuvo en cuenta la población total de Pianguas que debían existir en el manglar, repartidas en los tres estados de crecimiento posible, el área de captura, es decir la extensión de manglar que va a ser explotada, la densidad poblacional existente en dicha zona, en otras palabras la cantidad de Pianguas por metro cuadrado de manglar, pero además de ello, el numero de personas que viven del recurso, en los estudios de Cruz y Cárdenas la comunidad se estima en 230 personas en 12 kilómetros cuadrados pero en nuestro caso la comunidad Piangüera representada en el modelo corresponde sólo a 5 tomadores de decisión, que pueden ser personas o familias, dado lo anterior, se calibró para que el área de captura correspondiera con el número de individuos. En segundo lugar, para la captura de Piangua por individuo se tuvo en cuenta que el esfuerzo individual realizado fuese acorde con la población total de Pianguas, así mismo que las decisiones de extracción de todos los miembros de la comunidad fuesen coherentes con los datos históricos obtenidos acerca de captura de Piangua en PNNS.

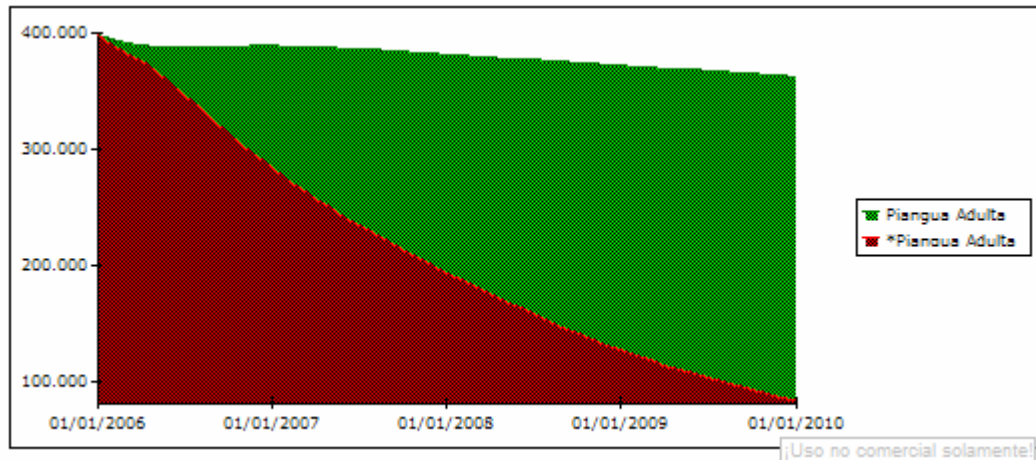
Por otro lado, los datos iniciales correspondientes a los ciclos sociales del modelo se obtuvieron a partir de los estudios realizados en PNNS por la comunidad de Acción colectiva (Cárdenas J.C., 2000; Castillo, D., 2002; Maya, C., Cárdenas, J.C., López, D., 2004, en particular a las investigaciones acerca de alternativas para la sostenibilidad del recurso y de las comunidades que dependen económicamente de él (Cárdenas J.C., Maya C., López, D., 2002; 2003; Ramos, J.C., Maya, C., Cárdenas J.C., 2004).

En primer lugar, los datos correspondientes al comportamiento de un individuo en la comunidad Piangüera se explicaron en la sección anterior. En segundo lugar, los datos de dicho comportamiento se calibraron para estar acorde con el modelo poblacional, es decir, que las decisiones tomadas por los individuos ya sean manifestaciones de una racionalidad individualista o cooperativa se vieran reflejadas en la población de Piangua a través del tiempo, y que permite que los individuos perciban cambios poblacionales graduales y no inmediatos acerca del equilibrio poblacional o la sobreexplotación tal como ocurre en la realidad.

Cabe aclarar que el propósito de la calibración del modelo no es brindar un reflejo exacto de la realidad que ocurre en PNNS, tampoco el de proporcionar una herramienta que sirva para realizar prospectiva de pesca o depredación del recurso en dicho lugar, mas bien se trata de exponer mediante un caso particular como hace una comunidad para sostener o depredar el recurso brindándole la posibilidad de expresar su racionalidad individualista o cooperativa a través de las decisiones que toman, en una recreación que se asemeja a su entorno natural de decisión. Así mismo, lo que se busca con esta calibración es ofrecer una herramienta con la cual 5 individuos con ciertos comportamientos propendan por la sostenibilidad del recurso Piangua y por ende su sostenibilidad.

A continuación se presentan unos resultados de simulación que exponen la calibración realizada al modelo, mas adelante se mostraran resultados del modelo y del juego que se creo a partir de él.

**Figura 14. Grafica de dos escenarios de simulación con relación al nivel poblacional del recurso Piangua en el manglar**



Se aprecia en la grafica de resultados la simulación de 2 escenarios posibles dentro del modelo, a saber uno que refleja la depredación y el otro la sostenibilidad del recurso en un periodo de 4 años. Por un lado, los resultados en la grafica de color rojo hacen referencia a un alto esfuerzo individual representado por 6 unidades de esfuerzo, que conlleva a la depredación de la Piangua en el manglar en un lapso de 4 años. Los resultados de color verde representan un esfuerzo individual medio representado por 4 unidades de esfuerzo, que conducen a la sostenibilidad del recurso en un lapso de 4 años, es decir, en dicho periodo la Piangua logra mantener su equilibrio dinámico en el manglar y por ende la sostenibilidad de los individuos que han tomado dichas decisiones de extracción.

### 3.7.6 Lineamientos de diseño de juegos de simulación

El contexto en el que se toman decisiones de sostenibilidad involucra incertidumbre, complejidad, recursos limitados, y valores e intereses humanos en conflicto, es así que algunas de las orientaciones de diseño que se sugiere tener en cuenta para el uso educativo de juegos de simulación de RUC, se refieren a: el conocimiento del sistema, reducción del nivel de incertidumbre al tomar decisiones, disponibilidad de información sobre experiencias pasadas sobre gestión del recurso, la posibilidad de soportar múltiples jugadores y diversos roles, de construir reglas para la toma de decisiones, de probar y reformular estrategias

de acción en la realidad simulada.

En primer lugar, es claro para las dos corrientes que una de las estrategias para que exista la cooperación estaría enfocada en la capacidad de los individuos para comprender cómo funciona el sistema, entendido como: la comprensión de la estructura causal, los ciclos de realimentación, límites del sistema, y las tasas de crecimiento. Lo anterior, conduciría a un proceso de toma de decisiones consciente de la dinámica del recurso y de los posibles efectos que tendrían dichas decisiones sobre la disponibilidad del recurso a corto y largo plazo. A su vez, esta información reduciría la incertidumbre que acompaña el proceso de toma de decisiones, lo que permitiría realizar acuerdos y negociaciones entre individuos, donde se consiga un beneficio colectivo que promueva la sostenibilidad del recurso.

Los juegos de simulación deben proporcionar la posibilidad de crear, refinar y probar estrategias para la cooperación, basadas en reglas previamente definidas por los jugadores las cuales alimentan la toma de decisiones en el sistema simulado, antes de ser implementadas en la realidad, disminuyendo así el nivel de riesgos que afecten la sostenibilidad del sistema.

Un juego de simulación multijugador, proporciona la posibilidad de conocer las decisiones de todos los jugadores, lo que permite crear y reforzar las creencias sobre cómo cooperan los demás; siendo estas creencias capaces de aumentar los niveles de confianza, reputación y reciprocidad, siendo estos aspectos básicos para que exista cooperación.

Los juegos de simulación proporcionan la posibilidad de representar la complejidad de los acuerdos y negociaciones, que surge de la variedad de roles, reglas y de los posibles comportamientos de los participantes, involucrándolos en un aprendizaje de doble ciclo, que facilita la exploración de modelos mentales y el diseño de estrategias que propendan por el logro del objetivo común y a largo plazo, la sostenibilidad.

En la siguiente sección se propone como los anteriores lineamientos expuestos permiten la construcción de juegos de simulación que incluyan en su diseño las orientaciones preliminares mencionadas, y a su vez llevar a la realidad, en una comunidad que depende económicamente de un RUC, dichos juegos para propiciar en los participantes una racionalidad estratégica, alimentada por las condiciones que hacen posible la cooperación.

## 4. DISEÑO DEL JUEGO DE LA PIANGUA

### 4.1 IDEAS INICIALES

La idea de generar en esta investigación una herramienta de aprendizaje social para la cooperación en el uso de recursos comunes se hace explícita mediante un juego de simulación, denominado “*El juego de la Piangua*” y cuyo componente fundamental es el modelo en Dinámica de sistemas descrito en la sección anterior.

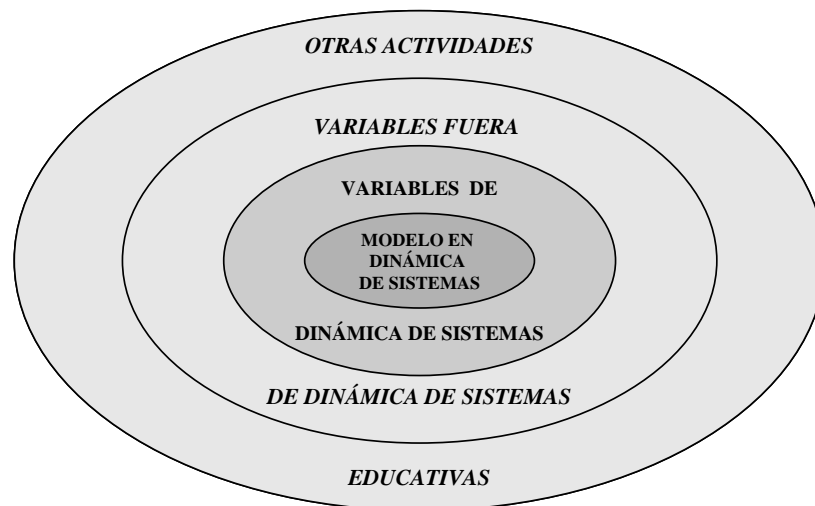
Para el diseño del juego de la Piangua se tuvieron en cuenta diversos aspectos tales como, el propósito inicial de la herramienta educativa, premisas conceptuales del área de dinámica de sistemas y de acción colectiva, supuestos acerca de la racionalidad de los individuos de la comunidad Piangüera y características del entorno de la comunidad.

En primer lugar, el propósito de la herramienta educativa creada en esta investigación gira en torno a la cooperación que los individuos de la comunidad logran crear y mantener para así alcanzar la sostenibilidad tanto del recurso Piangua como de la comunidad misma; en otras palabras, se generó una herramienta de aprendizaje social para la cooperación en el uso de recursos comunes. En segundo lugar, se logró la confluencia de las investigaciones en el campo de dinámica de sistemas y acción colectiva, implementando algunos supuestos básicos de las ideas de cooperación en acción colectiva e intentando propiciar con ello el aprendizaje comunitario y social a través del uso del juego de simulación. En tercer lugar, la racionalidad con la que los Piangüeros toman decisiones acerca del recurso, ya sean decisiones cooperativas u oportunistas, se incorporó dentro del juego mediante diversas variables que afectan la decisión cooperativa u oportunista del Piangüero; con el fin de reflejar de una manera más cercana y no idealista la toma de decisiones en el manglar. Finalmente, para el diseño del juego de la Piangua se contemplaron características del entorno de la comunidad Piangüera, tales como condiciones básicas de vida representadas en acceso al sistema de salud, educación, vivienda digna, alimentación, entre otros. Además de lo anterior, se consideró necesario dentro del diseño del juego la posibilidad de jugarlo con la menor cantidad de tecnología como fuese posible, con el fin de poder acceder a un público como la comunidad descrita dentro del juego, sin dejar de lado otro tipo de públicos como los que ya experimentaron con

la herramienta, es así como se implementaron dentro del juego situaciones, acciones e información, entre otros, que no requieren tecnología computacional.

Para la implementación de los aspectos anteriormente citados dentro del diseño del juego de la Piangua se llevo a cabo una transición entre el modelo que soporta el juego y el juego en sí. Es decir, a partir del modelo de la Piangua en dinámica de sistemas se construyó progresivamente el juego de la Piangua. En la siguiente gráfica se observa de forma generaliza dicho proceso.

**Figura 15. Proceso de transición entre el modelo de la Piangua y el juego de la Piangua**



Cabe destacar que aunque el proceso de transición entre el modelo de la Piangua y el juego de la Piangua se hizo progresivamente, existían unas ideas básicas que guiaron dicho proceso. Las ideas iniciales giraban en torno a diversos aspectos como: la toma de decisiones, representada en la decisión fundamental del esfuerzo a realizar por el Piangüero; el propósito dentro del juego, reflejado en una economía de supervivencia y no de crecimiento económico; la intención del juego, expresada mediante acciones que promuevan la cooperación y no el individualismo y, por último, la racionalidad encarnada en el juego, representada por la forma de pensar y actuar cooperativa o individualista de un individuo de la comunidad Piangüera.

El proceso de transición entre el modelo y el juego requirió de adaptaciones e inclusiones de variables y actividades a medida que el modelo se fue transformando en el núcleo del juego, es así como las primeras modificaciones se centraron en las variables de dinámica de sistemas como variables de decisión, de escenario, entre otras. Además, se calibró nuevamente el modelo para que pudiese soportar las decisiones de 5 jugadores (Piangüeros) y no un solo jugador como estaba representado en el modelo inicial. Es decir, este nuevo modelo refleja la racionalidad de 5 individuos o familias que toman decisiones sobre el recurso Piangua en el manglar. Más adelante se incluyeron variables fuera del contexto de dinámica de sistemas que permiten a los jugadores ir creando o afianzando la racionalidad con la cual toman decisiones a través de cierta información que van recibiendo y van acumulando acerca de su actuar y del actuar del resto de la comunidad, así mismo se incluyeron actividades educativas del contexto de acción colectiva acerca de comunicación, sanciones e información entre los tomadores de decisión del recurso, con el fin de promover la cooperación entre la comunidad.

## 4.2 PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN

### 4.2.1 Premisas de diseño en contraste con Fish Banks

En contraposición con el juego Fish Banks dentro del proceso de construcción del juego de la Piangua se hicieron explícitas tres premisas que guiaron el diseño del mismo. La primera de ellas se relaciona con el propósito del juego, la cooperación. Teniendo en cuenta que el juego Fish Banks promueve la competencia entre los jugadores, es decir, dentro del rol que asume el jugador como gerente de una pesquera sus decisiones giran en torno a sacar el mayor beneficio económico sin tener en cuenta el beneficio de los demás jugadores, y compite con ellos para conseguir los mayores beneficios y así cumplir con el objetivo principal del juego, que es maximizar ganancias; dicha situación pone de manifiesto la racionalidad individualista con la cual el jugador toma decisiones en Fish Banks. En el juego de la Piangua ocurre lo contrario, los jugadores (Piangüeros) no solo buscan el beneficio individual sino que además procuran el beneficio colectivo, ya que los objetivos trazados dentro del juego tienen tanto carácter individual como colectivo. Cada Piangüero toma decisiones de extracción teniendo en cuenta el beneficio económico que obtiene por ello, pero además procurando que la comunidad logre un beneficio económico a partir de la sostenibilidad del recurso en el manglar. Es así como dentro del juego cada jugador mediante sus acciones puede procurar una racionalidad cooperativa y no una individualista. De todos modos el juego permitir también la puesta en práctica de estrategias individualistas que igualmente pueden ocurrir en esa realidad social.

La segunda de las premisas corresponde a la razón por la cual se produce la explotación de la Piangua en el manglar, es decir si la extracción se lleva a cabo en busca de un crecimiento económico individual o solo se realiza como actividad de supervivencia. El primer caso, el crecimiento económico individual, corresponde a la razón por la cual los jugadores guían sus decisiones dentro del juego Fish Banks; cada jugador en su rol de gerente busca ampliar su flota pesquera a medida que va generando más ganancias, lo cual le permite en un futuro cercano aumentar aún más las ganancias dentro del juego y estimular así un ciclo económico. Pero además siempre se lleva a cabo un cálculo del costo beneficio que se obtiene por dejar de pescar o tener anclados los barcos en puerto, demostrando así que el motivo principal del juego es de carácter financiero, en otras palabras el objetivo de maximizar las ganancias guía el crecimiento económico individual que se refleja dentro del juego. En el caso del juego de la Piangua la razón que rige la explotación del recurso es la supervivencia de los mismos jugadores, es decir, cada jugador (Pianguero) al realizar las jornadas de extracción va en busca del sustento diario para él y su familia. En primer lugar, las ganancias que cada Pianguero obtiene sólo le alcanzan para cubrir las necesidades básicas para vivir, representadas por alimentación, vivienda digna, y educación para sus hijos. En segundo lugar no existe un excedente con el cual el Pianguero pueda reinvertir para alcanzar un mayor beneficio económico, pues dadas las características del recurso se trata de una economía de subsistencia y si en algún momento existe dicho excedente es usado para mejorar las condiciones de vida, no para ampliar el beneficio monetario.

Finalmente, la última de las premisas representa la individualidad y la colectividad dentro de los juegos de Fish Banks y de la Piangua respectivamente. Por un lado, dentro del juego de Fish Banks cada uno de los jugadores representa una empresa de la industria pesquera y como tal actúa de manera individual, es decir, toma decisiones en beneficio de su empresa y no de la industria en total. Además cada una de las empresas compite con las demás por obtener al final del juego las mayores ganancias, no existe algún tipo de vínculo entre ellas como alianzas estratégicas o asociaciones que propendan por un beneficio colectivo. El caso contrario ocurre en el juego de la Piangua en donde cada uno de los jugadores pertenece a una comunidad, la comunidad Pianguera; y a su vez cada Pianguero dentro del juego pertenece a una familia. Por el carácter de familia o comunidad en que viven los jugadores dentro del juego, las decisiones que toman sobre el recurso asumen una tendencia hacia lo colectivo en lugar que a lo individual. Es decir, siempre está presente en ellos al tomar decisiones que las consecuencias de sus actos no recaen sólo sobre ellos, sino que también afectarán a sus familias y a las demás familias que conforman la comunidad.

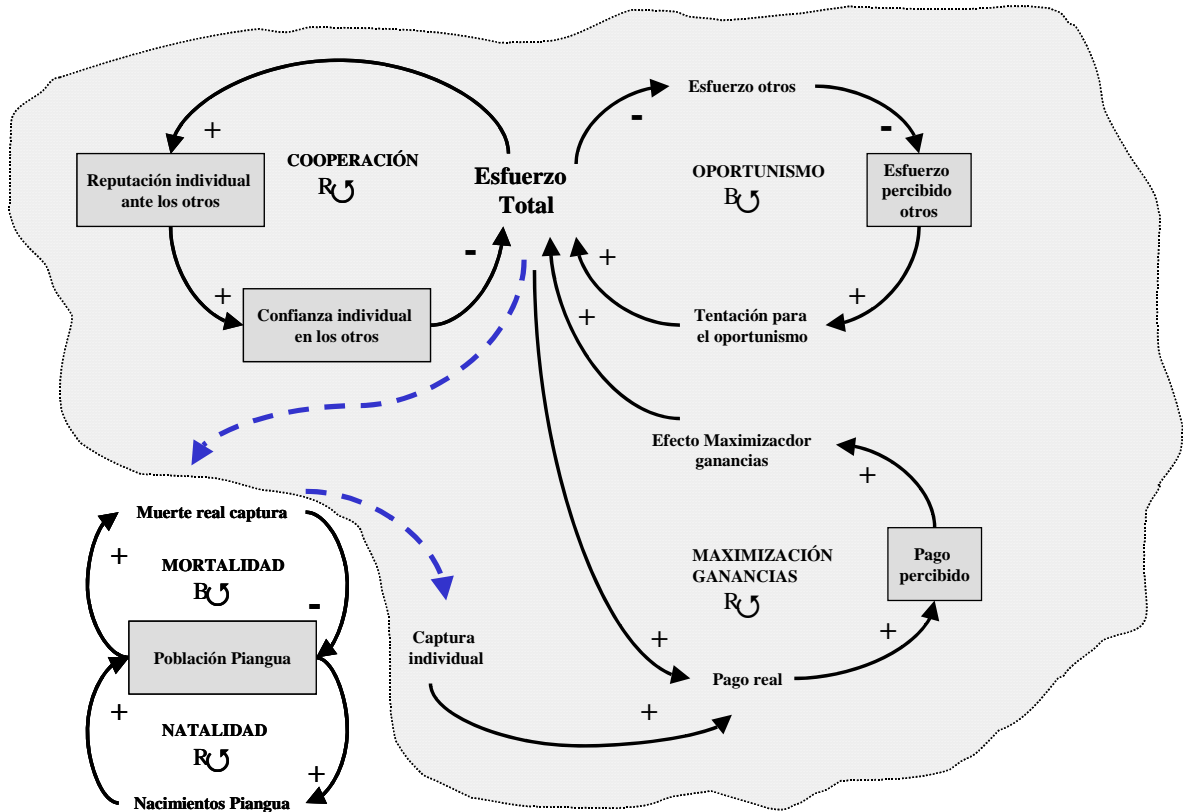
Indicadas las anteriores diferencias de diseño en contraste con el juego de Fish Banks se procede a dar paso al diseño del juego de la Piangua contando para ello con las premisas de cooperación, supervivencia y comunidad.

### 4.3 DECISIONES DE DISEÑO

Cabe recordar que el modelo en el cual se soporta el juego encarna la racionalidad asumida por un Piangüero y que esta se replica a los demás miembros de la comunidad. Aunque es una simplificación hace posible apreciar diversas posturas individuales en diversas situaciones de cooperación u oportunismo, y para efectos del juego dicha racionalidad debía ser replicada. En primer lugar, dentro del modelo se expone la forma como un individuo de la comunidad crea ciertas percepciones acerca del comportamiento de los demás individuos y cómo estas influyen en la toma de decisiones, por consiguiente esa misma creación de percepciones debía ser replicada en el juego. La creación de las percepciones de confianza, reputación y oportunismo dentro del modelo de la Piangua se reflejan en los niveles de confianza individual en los otros, reputación individual ante los otros y esfuerzo percibido de los otros. Estos niveles del modelo son una representación simplificada de percepciones que se haría mentalmente cada participante en el juego. Es decir, cada uno de los tomadores de decisión se va haciendo una idea de que tanto esfuerzo de extracción esta haciendo la comunidad, que tanta confianza le inspiran los demás jugadores y que reputación ante él tienen en un momento determinado. Es así como mediante ciertas decisiones de diseño, relacionadas con los ciclos de cooperación, oportunismo y maximización de las ganancias, estas percepciones pueden verse afectadas y hacer cambiar la forma como los individuos toman decisiones durante el juego. No se puede dejar de lado que las decisiones de diseño y en particular las que se tomaron en torno a la creación de percepciones no implican que sean las decisiones óptimas para el juego, simplemente se buscó el diseño de un juego guiado hacia la cooperación.

En la siguiente figura se puede observar cómo es el proceso de formación de percepciones que lleva a cabo un jugador cualquiera. En primera instancia en el área sombreada se pueden observar los ciclos de cooperación, oportunismo y maximización de las ganancias que se expusieron en la sección de ciclos del modelo de la Piangua. Aunque a simple vista no se observen cambios drásticos, el cambio ocurre en la variable de esfuerzo individual. En el juego cada uno de los jugadores (Piangüeros) sólo obtiene información acerca del esfuerzo total de la comunidad, es decir, él obtiene información acerca del comportamiento oportunista o cooperativo de la comunidad a través de la variable esfuerzo total. Una vez el jugador conoce el esfuerzo total que realizó la comunidad en un turno de toma de decisiones, él lleva a cabo una operación matemática para comparar discrepancia entre su esfuerzo y el total para encontrar el esfuerzo que realizaron los otros miembros de la comunidad, a su vez esta operación es formalizada en las hojas de calculo que cada uno de los jugadores o familias jugadoras poseen durante el juego.

**Figura 16. Diagrama del proceso de formación de percepciones que lleva a cabo un jugador**



Una vez ejecutado el cálculo del esfuerzo realizado por los otros, el jugador (Pianguero) ajusta su percepción de reputación de los miembros de la comunidad, es decir, mentalmente se hace una idea de si son cooperadores u oportunistas y a medida que va avanzando el juego esa idea se va reforzando o transformando según sea el cálculo del esfuerzo de los otros. Así el jugador evalúa el grado de confianza en las posibles acciones de la comunidad ya sean oportunistas o cooperativas a partir de la reputación. Basado en la reputación y un grado de confianza en el resto de la comunidad, el jugador (Pianguero) toma la decisión de esfuerzo a realizar en el siguiente turno.

En relación con el ciclo del oportunismo la creación de percepciones se lleva a cabo a partir de la información acerca del esfuerzo total que le es suministrada a todos los jugadores, con dicha información él lleva a cabo el cálculo del esfuerzo de los otros y con ello el jugador crea y alimenta la apreciación acerca del esfuerzo que realizan los demás miembros de la comunidad; a medida que pasa el tiempo en el juego, el jugador (Pianguero) refuerza o revisa dicha percepción.

Con el esfuerzo percibido de los otros, el jugador toma la decisión acerca del esfuerzo a realizar en el siguiente turno, es decir, si el esfuerzo percibido de los otros es alto es indicativo para él que alguien o algunos de los demás jugadores están siendo oportunistas por ende, él puede optar por un esfuerzo individual bajo para obtener las ganancias mínimas para sobrevivir. En caso contrario si el esfuerzo que él percibe que hacen los demás jugadores es bajo el podría estar tentado a optar por seguir una estrategia de oportunismo representada en un esfuerzo individual alto.

El último ciclo que influye en la decisión de esfuerzo de cada uno de los jugadores (Piangüeros) durante el juego es el correspondiente a la maximización de las ganancias. En este caso la percepción que crea y alimenta el jugador hace referencia al pago, es decir, una vez el conoce el pago obtenido por su esfuerzo y el esfuerzo de los otros el establece una relación entre su pago y los esfuerzos realizados. En la medida en que avanza el juego el jugador va alimentando dicha percepción y va tomando decisiones acerca de aumentar o disminuir su esfuerzo individual. Si el jugador considera que su percepción del pago es baja en relación con su esfuerzo y sus necesidades, es decir, si el considera que el pago percibido en un turno es muy bajo y él ha realizado un esfuerzo bajo, pero los demás miembros de la comunidad realizaron un esfuerzo alto, el podrá tender a aumentar su esfuerzo; en el caso contrario, si él percibe que su pago en relación a su esfuerzo bajo es acorde, pues el esfuerzo de los otros miembros de la comunidad también es bajo, él puede optar por mantenerse en esfuerzos bajos. Además dentro del juego se establece un pago mínimo con el cual el jugador debe brindar a su familia las necesidades básicas, esta condición en cierta medida restringe la permisibilidad del jugador hacia pagos muy bajos, pues en caso de no poder obtener el pago mínimo significa que la familia del jugador no se alimenta adecuadamente, no posee una vivienda digna o no puede acceder a los servicios de salud, en otras palabras no esta satisfaciendo las necesidades básicas de su familia.

Teniendo en cuenta que la decisión fundamental dentro del juego de la Piangua es el esfuerzo a realizar, es decir, la decisión de extracción de Piangua dentro del manglar, y que dicha decisión pone de manifiesto la racionalidad asumida por el jugador dentro del juego, se tomaron tres tipos de decisiones de diseño que delimitan la toma de decisiones de los jugadores dentro del juego. A saber: decisiones de diseño de tipo individual, colectivo y de visibilidad de información.

#### **4.3.1 Decisiones de tipo individual**

En primer lugar, la medida de diseño de tipo individual se relaciona con la decisión de esfuerzo a realizar por cada uno de los jugadores en el manglar, es decir, con la decisión de extracción del recurso por cada una de las familias piangueras. A través dicho esfuerzo el jugador (Pianguero) pone de manifiesto la racionalidad con la cual toma las decisiones durante el juego, en tal caso, dicha decisión sólo podría ser de carácter individual. Si bien en el juego el Pianguero es quien toma la decisión de extracción, existe un grupo familiar que acompaña al Pianguero en su decisión y a pesar que la medida de diseño en relación al esfuerzo es de tipo individual, en algunas experiencias realizadas con el juego el grupo familiar del cual hace parte el Pianguero toma partido en la decisión de extracción del recurso; pero aunque en dicha decisión intervenga la familia o exista la necesidad de llevar a cabo un consenso familiar, esta decisión se toma como individual pues es la decisión de la familia frente a la comunidad.

#### **4.3.2 Decisiones de tipo colectivo**

En segundo lugar, las medidas de tipo colectivo se centran en la necesidad de la comunidad por sostener el recurso y por ende su propia subsistencia. Con este tipo de medidas de diseño se busca que la comunidad procure el bienestar colectivo, pues aunque existe un espacio para la individualidad también se hace presente en el juego la colectividad. Partiendo de que cada una de las familias piangueras requieren suplir las condiciones básicas de vida y acorde con el objetivo de sostenibilidad del recurso y de la comunidad, las familias poseen una decisión de tipo colectivo, en donde se llega a un acuerdo acerca del esfuerzo individual de extracción permitido por la comunidad, es decir, el esfuerzo normal individual acordado. A través de dicha decisión colectiva la comunidad misma es la que se impone la permisibilidad que puede tener con aquellos miembros que en determinado momento actúan de manera individualista y en cierta medida es la que permite regular la captura posible del recurso dentro del manglar. Cabe destacar que dicha decisión varía de acuerdo a la misma comunidad y que dentro del juego se admite modificar el esfuerzo normal individual acordado cuantas veces lo considere necesario la comunidad.

#### **4.3.3 Decisiones de información**

Por ultimo, las decisiones de información se incorporaron para procurar un cambio en cierto grado de las percepciones de los miembros de la comunidad, es decir, con determinada información las percepciones que los jugadores pueden hacerse

del resto de la comunidad pueden variar y así mismo realizar variaciones en la toma de decisiones acerca del recurso. Al tener en cuenta estos flujos de información a los jugadores, ellos pueden experimentar tanto entornos cooperativos como individualistas, pues al recibir cierta información la percepción que el jugador puede hacerse de la comunidad y de su actuar, ya sea individualista o cooperativo puede en cierta medida influir en la próxima decisión a tomar.

A través de las decisiones de información se pone de manifiesto bajo ciertas condiciones cómo los individuos pueden llegar a entornos cooperativos dentro del juego. Una de las informaciones que influye en un posible actuar cooperativo es la decisión de esfuerzo de cada familia, es decir qué tan pública es dicha decisión dentro de la comunidad; si el esfuerzo individual realizado por cada una de las familias dentro del juego se hace público, en otras palabras, si cada una de las familias piangueras puede conocer cuál fue el esfuerzo que realizó cada uno de los otros miembros de la comunidad, rápidamente la percepción acerca de los niveles de confianza y reputación de las otras familias varía. En cierta medida si esta variable es totalmente pública puede llegar a inhibir el comportamiento de las familias es decir, pueden por vergüenza o aceptación ante la comunidad actuar como los otros esperarían que lo hiciera, mas no por su libre decisión. De esta manera las redes sociales que se tejen alrededor de la extracción del recurso en el manglar pueden sufrir deterioros que afecten progresivamente a la comunidad.

Además, el conocer cual es el esfuerzo realizado por cada una de las familias o jugadores en la cotidianidad del parque suele no ser posible, pues aunque se conocen datos históricos de extracción del recurso dicha cifra es total no parcial, y no se conocen datos de extracción familiar que sean públicos para toda la comunidad entonces, para efectos de realismo en el juego dicha decisión no es totalmente pública. En cierta medida el conocer completamente las decisiones de los demás miembros de la comunidad puede entorpecer la toma de decisiones, por ejemplo si una familia prevé y confirma que la comunidad actuará de manera cooperativa puede en cierto grado motivarlos para actuar de forma egoísta y si esto sucede, en el largo plazo puede llegar a afectar y guiar el comportamiento de toda la comunidad y reforzar así el ciclo del oportunismo y no el de la cooperación dejando a su paso un deterioro progresivo tanto del recurso como de la comunidad Pianguera.

Dado lo anterior, el mecanismo que se utilizó para hacer pública las decisiones de esfuerzo de la comunidad, hace referencia al esfuerzo en conjunto de la comunidad, es decir, el esfuerzo total. Una vez que cada miembro de la comunidad conoce cuál ha sido el esfuerzo en conjunto de extracción del recurso se puede hacer una idea de que tan cooperativos o individualistas están siendo los

demás miembros de la comunidad, de esta manera tiene información adicional a la suya para tomar la decisión de esfuerzo individual a realizar en el siguiente periodo de decisión. En cierta medida este esfuerzo es más cercano a la realidad en el parque natural y por ende puede contextualizar aún más el juego.

Otra de las decisiones de diseño que hacen referencia al tipo de información que se suministra a los jugadores durante el juego es la relacionada con el nivel del recurso que se ha consumido o extraído en el manglar en un periodo de tiempo determinado. El conocer en un periodo de tiempo determinado cual ha sido el comportamiento de la comunidad frente al recurso y como dicho comportamiento ha afectado la población de pianguas en el manglar le da al jugador información adicional acerca del comportamiento poblacional del recurso en un lapso de tiempo, con dicha información el jugador puede en cierta medida realizar cálculos o especulaciones acerca del estado real del recurso, es decir si la población de pianguas se encuentra en un estado alto, medio o bajo. En otras palabras, se puede hacer una idea de cuanto del recurso se ha consumido y cuanto puede quedar de él en manglar. En el juego la información acerca de la población del recurso se transmite a los jugadores a través de un informe o estudio realizado por el INCODER (Instituto Colombiano para el Desarrollo Rural) en un determinado momento del juego, dicha información es de carácter público y toda la comunidad accede a ella. El medio de comunicación empleado para tal fin es un boletín de prensa, el cual no tiene costo alguno para los jugadores y puede ser tanto leído por el moderador del juego, asumiendo el rol de representante del INCODER en el parque, a toda la comunidad o por un miembro de la comunidad que lo divulgue a ella. Obsérvese que esta información aparece sólo en un cierto momento del juego, a juicio del conductor del mismo. No se trata de que en todo momento los jugadores sepan el estado del recurso, lo cual además de producir una importante perturbación al juego tampoco sería realista.

Con todas las anteriores medidas de diseño de tipo individual, colectivo y de información que puede manejar el jugador se persiguió guiar a los individuos hacia un juego cooperativo o que propendiera por patrones cooperativos y no simplemente hacia un juego que representará totalmente su realidad o que buscará unas decisiones óptimas.

#### 4.4 EL SIMULADOR

Una vez establecidas las decisiones de diseño estas se implementan en la herramienta computacional que es utilizada para el desarrollo del juego de la Piangua. Dicha herramienta o simulador reproduce el comportamiento del sistema, es decir, el comportamiento tanto de los individuos como de la población

de Piangua en el parque, en determinadas condiciones. El simulador esta compuesto por el modelo matemático del juego de la Piangua, el motor de simulación y las interfaces tanto del usuario como del moderador.

#### 4.4.1 El Modelo Matemático

El modelo matemático que soporta el juego de la Piangua sufrió un proceso de transformación derivado del modelo de la Piangua, requiriendo de adaptaciones e inclusiones de variables a medida que el modelo se fue transformando en el núcleo del simulador, es así como las primeras modificaciones se centraron en las variables de decisión, de escenario, y calculadas entre otras. Además, se calibró nuevamente el modelo para que pudiese soportar las decisiones de 5 jugadores (Piangueros) y no un solo jugador como estaba representado en el modelo inicial. Es decir, este nuevo modelo refleja la racionalidad de 5 individuos o familias que toman decisiones sobre el recurso Piangua en el manglar. El calibrar el modelo implicó la reformulación de ecuaciones matemáticas dentro del mismo; como por ejemplo el calculo del pago a recibir por cada jornada de extracción del recurso en el manglar, para ello se tuvo en cuenta no solo el nivel de esfuerzo de la familia sino el esfuerzo realizado por toda la comunidad y la dinámica poblacional del recurso.

$$(60 * \text{esfuerzo } 1 - 2.5 * \text{esfuerzo } 1^2 + 20 * 5 * 8 - 20 * \text{Esfuerzo total}) * \text{multiplicador de pago}$$

como se observa en la ecuación existen dos componentes generales, el primero de ellos representa la forma como las decisiones de la comunidad influyen en el pago real, a través de las variables esfuerzo 1 (esfuerzo realizado por la familia 1), y esfuerzo total (esfuerzo realizado por toda la comunidad) y los parámetros establecidos para calibración del modelo como el 8 que indica el mayor esfuerzo posible dentro del juego, el 5 que indica el total de tomadores de decisiones, Piangueros o familias dentro del modelo, y el 20 que indica esfuerzo promedio de la población, entre otros.

El segundo componente de ellos, ilustra la forma como la dinámica poblacional de la piangua influye en el pago real mediante la variable *multiplicador de pago*, que se calcula a través de la *captura individual* y de un *multiplicador normal de pago*. La captura individual representa la captura que un Pianguero o familia obtiene del recurso en el manglar dependiendo de todas las capturas realizadas por parte de la comunidad. Es decir, dependiendo del estado del recurso a causa de la muerte por intervención humana y del número de miembros de la comunidad que explotan el manglar. Una variación del esfuerzo, ya sea mayor o menor, realizado por el

Piangüero o familia se refleja en la captura del recurso y por ende en el pago que el obtiene por su esfuerzo de extracción en el manglar.

Más adelante se suprimieron las variables en relación al ciclo de cooperación y oportunismo que representaban en el modelo de la Piangua cómo los jugadores iban creando o afianzando la racionalidad con la cual toman decisiones en el manglar. Cabe aclarar que las variables de los ciclos de cooperación y oportunismo aunque no estén presentes en el modelo que soporta el simulador, sí se encuentran presentes en el desarrollo del juego. Es decir, dichas variables que le permiten a los Piangüeros o familias Piangüeras crear, afianzar y cambiar percepciones acerca del actuar cooperativo u oportunista de la comunidad representaban percepciones que tendrán los participantes durante el juego, pero dichas percepciones se hacen explícitas a través de la transcripción de decisiones y resultados en las planillas de decisión de cada una de las familias.

Una vez se llevaron a cabo las transformaciones del modelo de la Piangua al modelo que soporta el juego en relación a las variables de decisión de las familias, variables de resultado de dichas decisiones, variables calculadas, y en general la calibración del modelo para representar y permitir la toma de decisiones de 5 familias Piangüeras dentro del parque, se dió paso a la creación de las interfaces del simulador. En un anexo se presenta además el modelo del simulador.

#### **4.4.2 Interfaces Del Simulador**

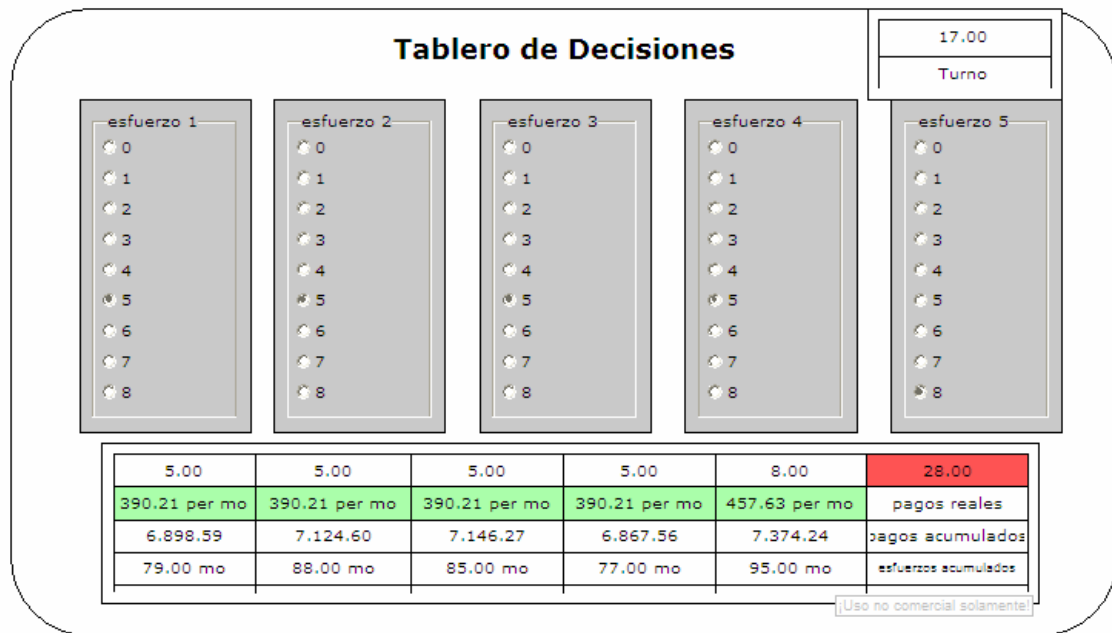
##### **Interfaz del moderador**

La interfaz del moderador se compone de un tablero de decisiones y una tabla y gráficas de resultados temporales y finales de las decisiones de las familias o Piangüeros durante el juego. Dicha interfaz sirve al moderador tanto para introducir datos al modelo que soporta el juego como para visualizar los resultados de los cálculos realizados por el modelo.

##### **Tablero de decisiones**

El tablero de decisiones permite al moderador introducir al modelo los datos suministrados por las familias o Piangüeros. Es decir a través del tablero el moderador introduce al modelo matemático las decisiones tomadas por las familias, una vez ellas han realizado el calculo de sus percepciones acerca del actuar cooperativo u oportunista de la comunidad. Cabe resaltar que el tablero de decisiones es de manejo exclusivo del moderador y en ningún momento durante el juego los participantes tienen acceso a él.

**Figura 17. Tablero de decisiones del moderador del juego de la Piangua**



Como se aprecia en la figura el tablero de decisiones está conformado por cinco columnas de color gris identificadas con la palabra *esfuerzo n*, cada una de ellas corresponde a cada familia dentro del juego. Dicha columna contiene los posibles esfuerzos a realizar por cada familia, es decir, la información o decisión de esfuerzo a realizar por cada familia en cada turno es consignada por el moderador a través de la elección de un esfuerzo entre 0 y 8, correspondiente a la elección tomada por la familia. Es indispensable para el desarrollo del juego que se consigne en cada columna cada una de las decisiones tomadas en cada turno, si por algún motivo el moderador omite la inclusión de una decisión de una familia, el modelo asumirá que la decisión del turno anterior es la misma para el turno actual.

Además se aprecia en la parte inferior del tablero de decisiones una tabla con resultados temporales del juego. Es decir, en dicha tabla se encuentra la información de resultados del turno que se acaba de ejecutar o de resultados de la toma de decisiones por parte de la comunidad. En dicha tabla se muestra el esfuerzo realizado por cada familia, el esfuerzo total de la comunidad y el pago recibido por cada familia correspondiente al turno actual, así mismo se encuentra información acumulada acerca de los pagos recibidos por las familias y los esfuerzos realizados durante los turnos ya ejecutados en el desarrollo del juego. Cabe aclarar que cada vez que se introducen los datos de decisión del turno al modelo se ejecutan los cálculos matemáticos que permiten la visualización de resultados. Adicionalmente en la parte superior se encuentra un contador identificado con la palabra *turno*, dicho contador muestra al moderador el turno de

decisiones en el cual se encuentra el juego. Dicho contador sirve de guía al moderador para ubicarse dentro del juego en el momento para llevar a cabo actividades adicionales que implican un turno específico en el desarrollo del juego, tales como actividades de comunicación, sanción e información.

### Tabla y graficas de resultados finales de cada familia

Conjuntamente el moderador cuenta con una tabla de resultados finales del juego, como se aprecia en la siguiente figura.

**Figura 18. Tabla de resultados de cada familia del juego de la piangua, del moderador**

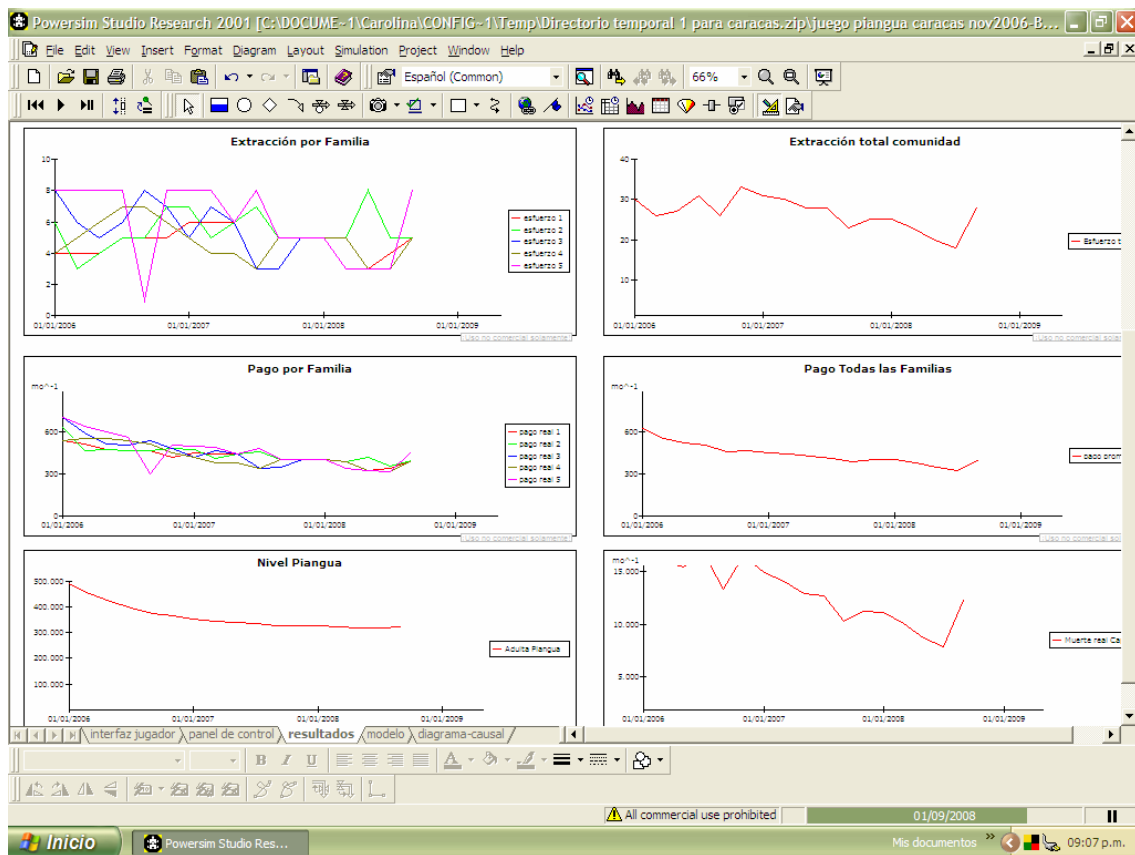
Tiempo	esfuerzo 1	esfuerzo 2	esfuerzo 3	esfuerzo 4	esfuerzo 5	Esfuerzo total	Adulta Piangua	pago promedio	pago acumulad
01/01/2006	4.00	6.00	8.00	4.00	8.00	30.00	491.478.26	621.27 per mo	0.00
01/03/2006	4.00	3.00	6.00	5.00	8.00	26.00	448.871.74	550.30 per mo	1.242.54
01/05/2006	4.00	4.00	5.00	6.00	8.00	27.00	419.077.83	521.67 per mo	2.343.14
01/07/2006	5.00	5.00	6.00	7.00	8.00	31.00	395.953.46	506.57 per mo	3.386.47
01/09/2006	5.00	5.00	8.00	7.00	1.00	26.00	375.389.72	453.98 per mo	4.399.60
01/11/2006	5.00	7.00	7.00	6.00	8.00	33.00	365.909.98	467.50 per mo	5.307.57
01/01/2007	6.00	7.00	5.00	5.00	8.00	31.00	352.228.79	450.63 per mo	6.242.56
01/03/2007	6.00	5.00	7.00	4.00	8.00	30.00	343.401.89	436.91 per mo	7.143.81
01/05/2007	6.00	6.00	6.00	4.00	6.00	28.00	336.878.95	426.70 per mo	8.017.63
01/07/2007	7.00	7.00	3.00	3.00	8.00	28.00	332.667.28	412.87 per mo	8.871.03
01/09/2007	5.00	5.00	3.00	5.00	5.00	23.00	328.212.49	386.59 per mo	9.696.78
01/11/2007	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	25.00	327.938.12	401.90 per mo	10.469.95
01/01/2008	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	25.00	324.809.31	398.07 per mo	11.273.76
01/03/2008	5.00	5.00	5.00	5.00	3.00	23.00	321.165.14	378.28 per mo	12.069.90
01/05/2008	3.00	8.00	3.00	3.00	3.00	20.00	318.987.57	343.30 per mo	12.826.47
01/07/2008	4.00	5.00	3.00	3.00	3.00	18.00	318.984.99	325.72 per mo	13.513.06
01/09/2008	5.00	5.00	5.00	5.00	8.00	28.00	320.002.52	403.69 per mo	14.164.50
01/11/2008									
01/01/2009									
01/03/2009									
01/05/2009									

En dicha tabla se encuentra consignada la información relacionada con cada una de las familias en cada turno de decisión acerca del esfuerzo realizado por cada una de ellas, el esfuerzo total realizado por la comunidad, el pago promedio o recibido por cada familia y el pago acumulado en cada turno; y adicionalmente se encuentra información acerca del recurso Piangua, es decir, se conoce además de la información económica y de racionalidad de cada familia, información acerca del estado del recurso en cada turno de decisión. El nivel del recurso que se expone

en la tabla es el correspondiente al nivel de Piangua adulta, pues es en este estado cuando la Piangua puede ser recolectada del manglar.

Así mismo el moderador conoce y puede observar a través de gráficas de ciertas variables la tendencia que lleva el juego. Por ejemplo mediante la gráfica de extracción total de la comunidad el puede ver la tendencia cooperativa u oportunista durante el desarrollo del juego, o en el caso de observar la gráfica correspondiente al nivel de Piangua en el manglar puede prever cuanto del recurso se han consumido en un periodo de tiempo y si dicho consumo en el corto plazo implica la depredación del recurso.

**Figura 19. Graficas de resultados de cada familia del juego de la Piangua, del moderador**



Es así como esta información acerca de los resultados de las decisiones durante el juego es conocida por el moderador durante el desarrollo del ejercicio educativo, pero una vez finaliza la toma de decisiones y se pasa al momento de análisis de resultados y socialización de los mismos dicha información consolidada en la tabla de resultados finales y gráficas es conocida por todos los participantes del ejercicio educativo con el juego de la Piangua. Y es precisamente en dicho espacio de análisis y socialización en donde los participantes corroboran o desfiguran las percepciones del actuar de los miembros de toda la comunidad.

### Interfaz del usuario

La interfaz del usuario se compone de una pantalla de información que como su nombre lo indica es de visibilidad permanente para los jugadores o familias Piangueras participes del ejercicio educativo.

En dicha interfaz cada familia conoce información acerca del bienestar acumulativo que puede obtener a partir de la decisión de esfuerzo en cada turno de toma de decisiones, el esfuerzo de toda la comunidad en cada turno, el turno mismo en que se encuentran e información acerca del pago a recibir por la decisión de esfuerzo tomada.

**Figura 20. Interfaz del usuario del juego de la Piangua**



Como se aprecia en la figura, existen tres tipos de información necesaria para la toma de decisiones de cada familia, por un lado se encuentra la tabla de posibles beneficios a obtener de acuerdo a un rango de pagos establecido previamente,

por otro lado información económica con la cual la familia puede o no sostenerse del ejercicio de piangüar en el manglar, y por último información acerca del actuar de la comunidad frente a los acuerdos o normas de comportamiento establecidos.

En primer lugar en relación a la información de bienestar, como se aprecia en la figura existen 8 rangos posibles de pago dentro del juego con sus respectivos beneficios. Tales beneficios fueron establecidos por los diseñadores del juego alrededor de las condiciones básicas de vida que puede tener un Piangüero dentro del parque, con respecto a: alimentación, salud, vivienda y recreación.

Cabe destacar que la tabla de beneficios puede ser adaptada para la población en la que se lleve a cabo el juego educativo, es decir, por ejemplo en el caso del juego desarrollado en Caracas, Venezuela, los beneficios alimenticios giraron en torno a la comida típica venezolana. Se observa además que la tabla de beneficios se encuentra compuesta por 3 colores básicos y algunos atenuantes de los mismos, cada color indica el grado de alerta que puede tener una familia, es decir, el color verde y sus atenuantes indica que se están consiguiendo gradualmente mayores beneficios, el color amarillo y naranja indica una alerta en la pérdida de los beneficios obtenidos o que sólo se están obteniendo beneficios de un nivel medio, en el caso del color naranja encendido y rojo, cada uno de ellos respectivamente indica beneficios más bajos en la tabla de bienestar de vida dentro de la comunidad. En resumen los colores establecidos en la tabla de beneficios sirven de guía para que los jugadores entiendan a través de un sistema de semáforo que empieza con el rojo y termina con el verde los beneficios que pueden ir consiguiendo en el desarrollo del ejercicio educativo.

Además los beneficios obtenidos en cada turno de decisión pueden ser perdidos, por ejemplo, si en el turno anterior una familia obtuvo un pago de 440 unidades monetarias, dicho valor se encuentra dentro del rango de color amarillo, en donde la familia obtiene una comida distinta esporádica, puede llevar a cabo reparaciones al techo y paredes de su vivienda y sus hijos tienen la oportunidad de poseer los útiles escolares básicos para su educación. Si esa familia en el turno actual sólo consigue un pago de 390 unidades monetarias, los beneficios anteriores en relación a alimentación y educación se pierden es decir, en este lapso no tendrá la posibilidad de una comida distinta esporádica y sólo tendrá las tres comidas básicas, en cuanto a la educación si los útiles escolares en este periodo son consumidos (se termina el cuaderno o se acaban los lápices) dichos útiles no podrán ser repuestos. Algo más a tener en cuenta es que una vez se empieza a ascender en la tabla de beneficios, tales mejoras en el nivel de vida se conservan al pasar de un nivel inferior a uno superior. Por ejemplo, al pasar del rango naranja al amarillo implica que los beneficios obtenidos en el nivel naranja se conservan y se suman al beneficio total de la familia las mejoras obtenidas en el rango amarillo. Es decir, en cuanto a vivienda, sólo se poseía una vivienda con piso de tierra, ahora se le pueden hacer reparaciones a las paredes y techo, aunque el piso siga siendo en tierra. En cuanto a la salud se tenía la posibilidad de contar con hospitalización de ser necesaria y de medicina genérica para

tratamientos a enfermedades, aunque en el nivel amarillo no se obtienen mejoras a nivel de salud los beneficios de hospitalización y medicina genérica son conservados en dicho rango.

En segundo lugar, la interfaz del usuario le muestra a los jugadores una tabla con el beneficio económico obtenido en cada turno de decisión, es decir, en cada turno la familia a través de la interfaz obtiene información acerca del pago a recibir correspondiente con el esfuerzo realizado, por ejemplo, según la figura anterior si una familia realiza un esfuerzo de 6 obtiene en ese turno de decisión 416,77 unidades monetarias. Cabe destacar que los valores de pagos a recibir en cada turno, son dinámicos, pues una vez la familia toma la decisión y es insertada por el moderador en el modelo que soporta el juego a través de la interfaz del moderador, se llevan a cabo en el modelo cálculos matemáticos de acuerdo a la información suministrada por todas las familias, y una vez realizados tales cálculos, la información correspondiente al pago a recibir cada una de las familias es actualizado y mostrado a la comunidad en cada turno de decisión. Vale la pena aclarar que ninguna familia sabe cual es la decisión de esfuerzo del resto de la comunidad, pero a través de la tabla de pagos ella obtiene información acerca de cuanto puede haber ganado cada una de las otras familias si hubiesen realizado otros esfuerzos.

En tercer lugar, se tiene información acerca del esfuerzo realizado por toda la comunidad. Es decir, es de carácter público el esfuerzo realizado por la comunidad en el manglar en cada turno de decisión. Una familia, dado que conoce el esfuerzo realizado por ella y la información del esfuerzo de toda la comunidad, puede llevar a cabo un cálculo para ver cuanto fue el esfuerzo del resto de la comunidad y así obtener información acerca del actuar cooperativo u oportunista de los demás miembros que sobreviven de piangüar. Al igual que la información de pagos el esfuerzo realizado por la comunidad es dinámico, pues su cálculo depende de las decisiones de esfuerzo de toda la comunidad en cada turno de decisión durante el juego.

Por último, para la comunidad es visible el turno en el cual se encuentran durante el desarrollo del juego, es decir, a través de la interfaz del usuario los jugadores tienen presente el turno en el cual se encuentran en cada momento del ejercicio educativo.

#### **4.4.3 El motor de simulación**

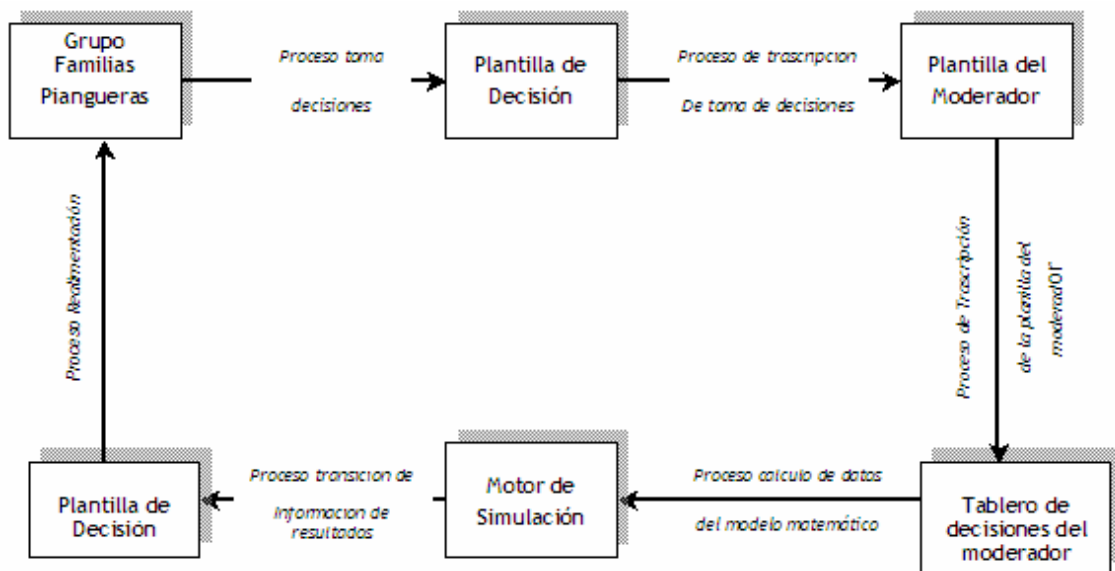
Para el desarrollo del juego de la Piangua en relación al modelado y simulación del mismo se contempló el uso del motor de simulación de la herramienta de modelado en dinámica de sistemas denominada Powersim Studio 2001. En dicha

herramienta se llevó a cabo la elaboración tanto del modelo matemático de la Piangua como del juego de la Piangua, así mismo una vez elaborado el modelo que soporta el juego, se crearon las interfaces, los escenarios de simulación y las graficas y tablas de resultados. El uso que se le dio a dicha herramienta de modelado y simulación es de carácter educativo, y por tal razón la versión utilizada para ello es académica.

#### 4.4.4 Modelo de flujo de información

Para entender mejor el funcionamiento del simulador se proporciona el siguiente modelo de flujo de información, es decir, la estructura de como se lleva a cabo la entrada, salida y flujo de información dentro del sistema del juego en general.

**Figura 21. Modelo del flujo de información en el juego de la Piangua**



Como se observa en la figura, existen 3 actores que intervienen en el flujo de información dentro del juego y 4 instancias o momentos para llevar a cabo procesos de captura, transcripción, cálculo y salida de información durante el ejercicio con la herramienta educativa.

En primer lugar, los actores involucrados en el flujo de información son las familias o Piangueros partícipes del ejercicio educativo, el moderador y la herramienta computacional que soporta el modelo matemático del juego. En segundo lugar, los procesos en donde intervienen dichos actores y por medio de los cuales se llevan a cabo diferentes acciones con la información del juego hacen relación a: captura de información, transcripción de información obtenida, cálculo con las

variables del modelo matemático y salida y visualización de la información arrojada por el modelo.

El flujo de información dentro del sistema surge a partir de las decisiones que deben tomar los miembros de la comunidad, es decir, los Piangüeros participes del ejercicio. Una vez cada familia asume una decisión, ya sea de extracción del recurso, nivel de confianza en la comunidad o aplicación de sanciones, en cada turno dentro del juego cada familia transcribe las decisiones tomadas en las planillas de decisión que tienen en su poder durante el juego. Llevada a cabo tal transcripción de información, el moderador procede a recolectar las planillas de decisión a las 5 familias de la comunidad. Luego el moderador procede a insertar dicha información en la herramienta computacional a través de la interfaz del moderador, particularmente, en el tablero de decisión. Mientras el moderador inserta la información en el tablero de decisión simultáneamente la herramienta computacional inserta la misma información en el modelo matemático que soporta el juego. Ya habiendo sido introducida la información de decisiones de las familias en el modelo matemático se proceden a realizar los cálculos necesarios, es decir, el modelo a través del motor de simulación lleva a cabo procesos y resolución de formulas matemáticas que simulan el comportamiento tanto de los jugadores como del recurso dentro del juego. Una vez se ejecutan tales cálculos el moderador obtiene información transitoria de las consecuencias de las decisiones de los jugadores a través de la interfaz del moderador. Es decir, él conoce la información de salida o resultado de las decisiones de cada uno de los miembros de la comunidad. Así mismo el moderador procede a presentar la información de realimentación o resultados de simulación transitoria, es decir en cada turno, a la comunidad en general mediante la interfaz del usuario. Llevada a cabo la presentación de resultados temporales dicha información es asimilada por cada una de las familias para realimentar su modelo mental y planear su próxima estrategia y posible decisión para el siguiente turno del juego. Es así como se vuelve al primer paso del flujo de información durante el desarrollo del juego, cabe destacar que este proceso se lleva a cabo durante 20 turnos de decisión y finalmente al terminar el ejercicio educativo los participantes mediante el análisis de resultados finales de simulación refuerzan o reformulan los modelos mentales con los cuales tomaron las decisiones durante el ejercicio.

Una vez explicado el modelo que representa como fluye la diversa información, tanto de decisiones de la comunidad como de las consecuencias de tales decisiones, durante el desarrollo del juego de la Piangua se presentan las reglas para la ejecución del ejercicio educativo.

#### **4.4.5 Reglas del juego**

Para definir las reglas del juego de la Piangua es necesario en primer lugar definir el tipo de roles involucrados en el desarrollo del juego, es así que a partir de las decisiones de diseño implementadas el mismo se plantean los posibles roles que se contemplan para el desarrollo del juego de la Piangua. En primera instancia el juego está diseñado para ser usado en ambientes presenciales, es decir, en aulas de clase con estudiantes de diversos niveles y especialidades o en actividades comunitarias con familias que comparten recursos comunes, dado lo anterior los requerimientos para implementar el juego se centraron en tener una herramienta computacional que permitiera maniobrar con el modelo de simulación de la Piangua construido, con decisiones de los jugadores y resultados de dichas decisiones, así mismo tener la posibilidad de presentar a los jugadores información y consecuencias de sus decisiones en los momentos establecidos por el diseño del juego, y la implementación de diversos mecanismos que posibiliten la cooperación entre los jugadores.

Dadas las condiciones de diseño del juego y requerimientos para el mismo, se establecieron tres roles para el desarrollo del juego de la Piangua, a saber, el jugador, el moderador y el diseñador.

#### **Definición de Roles**

##### **Rol jugador**

El rol jugador, se asigna a las personas que asumen el papel de Piangüeros dentro del juego, es decir, aquellas personas que hacen parte de una familia Piangüera y son los tomadores de decisión sobre el recurso común. Los jugadores al asumir dicho rol realmente asumen su posición como miembro de una familia o cabeza de familia con las implicaciones que esto trae, es decir, implicaciones en el ámbito económico, social, y ambiental. En dicho rol las decisiones que toman se relacionan con la extracción del recurso, con la posibilidad de cooperar o ser oportunistas durante el juego, y con la capacidad para generar y cumplir acuerdos.

##### **Rol moderador**

El rol moderador, se delega sobre una persona que puede ser o no miembro de la comunidad afectada o a la cual se va a transmitir el juego. Esta persona es imparcial y su función es la de dirigir el juego, dar a los jugadores las indicaciones e información necesaria para el desarrollo de las diversas actividades dentro del mismo. El moderador es la persona encargada de recolectar e introducir la información sobre extracción del recurso brindada por los jugadores en la

herramienta de simulación, así mismo es quien da la información a los jugadores acerca de las consecuencias de sus decisiones.

### **Rol diseñador**

El rol diseñador, es establecido a una persona que no necesariamente está involucrado en el desarrollo del juego, es decir no hace parte del mismo a no ser que también sea el moderador. El diseñador tiene a su cargo las modificaciones que se puedan llevar a cabo para el desarrollo del juego, es decir, es quien puede realizar las variaciones necesarias para crear diversas situaciones en el juego, dichas variaciones pueden ser de tipo matemático, involucradas directamente con el modelo de simulación, pueden ser de tipo instrumental, acerca de las herramientas y actividades para el desarrollo del juego, y puede ser de tipo de logístico, relacionado con aspectos de organización e implementos necesarios de acuerdo a la comunidad en la que se llevará a cabo el juego.

#### **4.4.6 Desarrollo del juego**

Una vez establecido los roles del juego de la Piangua, se da paso al desarrollo del mismo. Como se ha mencionado anteriormente el juego esta diseñado para ser presencial, y por tal razón requiere de la orientación de un moderador. Para comenzar la experiencia del juego, el moderador presenta a los jugadores una breve y precisa introducción del caso de la explotación de la Piangua como recurso básico de una comunidad del occidente colombiano. Para soportar dicha presentación el moderador comparte con los jugadores un material de apoyo representado en un video de la WWF (Conversatorio de acción ciudadana Tumaco, Colombia. 2003), que articula la forma de vida de las familias Piangueras del Parque Natural Nacional Sanquianga.

El video en mención sirve a los jugadores a asumir el rol de Piangueros ya que les pone de manifiesto la realidad de dicha comunidad, es decir, por un lado muestra las condiciones de pobreza, abandono, y difícil acceso al recurso, y por otro lado, expone las condiciones de posible extinción del mismo y algunas soluciones implementadas para ello a través de la gestión entre la comunidad, entes gubernamentales y no gubernamentales a nivel regional, nacional e internacional. Una de las posibles soluciones expuestas en dicho material de apoyo es la necesidad de formar grupos de cooperación “auto-gestionados” que propendan por la preservación de este recurso común que por datos históricos se evidencia que ha venido siendo explotado negando así la posibilidad de supervivencia de estas comunidades en un futuro no muy lejano.

Además el video permite a los jugadores crear conciencia acerca de la real magnitud de la problemática de explotación de recursos comunes en nuestro país, y a su vez permite un espacio de reflexión sobre las posibilidades de

sostenimiento, de las familias que van a representar, a través de la conservación del recurso.

Una vez los jugadores conocen cierta información básica sobre el recurso Piangua, y su papel protagónico en la calidad de vida de los habitantes de esta zona, los jugadores están listos para agruparse por “familias Piangüeras”, escuchar los objetivos del juego y posteriormente las instrucciones definidas por el grupo diseñador para el desarrollo del juego.

El moderador, por medio de una serie de diapositivas (material de apoyo) presenta y explica los propósitos, objetivos y pasos a seguir para dar inicio a la actividad educativa. Vale la pena resaltar que durante la explicación de las instrucciones, los jugadores tienen la posibilidad de hacer preguntas relacionadas con la mecánica del juego y aspectos del recurso Piangua, de manera que durante la ejecución del juego, el jugador esté totalmente inmerso en el rol de Piangüero y que nada ajeno a la problemática le distraiga de sus decisiones y posibles estrategias para cumplir los objetivos propuestos.

### **Condiciones iniciales del juego**

El juego consta de 20 turnos en donde los jugadores toman decisiones acerca de la extracción del recurso, dichos turnos se dividen en dos rondas que se juegan cada una de 10 turnos respectivamente. Además existe un tiempo intermedio en donde los jugadores tienen un receso, que puede ser utilizado como espacio de descanso, comunicación y reflexión. Al terminar el juego se lleva a cabo un análisis de resultados del juego, es decir, se abre un espacio en donde los jugadores ven a través de graficas y datos consolidados, tanto individuales como de toda la comunidad, si lograron o no cumplir son los objetivos trazados al comenzar el juego, así mismo se refleja cual ha sido el capital social construido por la comunidad y se da la posibilidad de sugerencias para posteriores ejercicios educativos con el juego.

### **Ronda 1**

En esta ronda de decisiones se informa a los jugadores sobre los valores de referencia para tomar sus decisiones. Uno de ellos es el valor de la *extracción de Piangua* o lo que hemos llamado el Esfuerzo individual. La extracción promedio de Piangua es de 4, es decir, el valor de esfuerzo individual promedio. Se debe explicar al jugador que si asume dicho nivel de esfuerzo se mantiene el recurso, en el caso de estar por encima de 4 se considera una alta explotación y por tanto alta probabilidad de depredación de recurso en poco tiempo, y por debajo de 4 se considera baja explotación lo que reduce las posibilidades de agotar el recurso. Por otro lado, el otro valor a tener en cuenta en las decisiones de cada turno es el *Pago de referencia* que se ha definido como el valor de ingreso de una familia para cubrir sus necesidades básicas. El moderador explica que al recibir un pago inferior a 340 (unidades independientes de la moneda) indica que no se cubren las

necesidades básicas, donde por ejemplo se incluye la alimentación, salud, educación y recreación de todos los miembros de la familia. Del mismo modo se informa a los jugadores que este pago es por períodos bimensuales, es decir, no hay posibilidades de ahorro y los beneficios obtenidos en turnos anteriores bajo algunas circunstancias pueden perderse.

Así mismo se pide a los jugadores la percepción de cooperación que tienen del resto de la comunidad, es decir mediante una valoración de la confianza que tiene cada jugador sobre el actuar de la comunidad. Esta valoración es considerada entre alta, media y baja, indicando cada una de ellas la idea que se tiene del comportamiento de la comunidad en cada toma de decisión. Para llevar un registro, tanto el moderador como los jugadores, de las decisiones de cada una de las familias se construyeron 2 tipos de planillas, la de Toma de decisiones y el Formato de cuentas. La primera de ellas es para uso exclusivo de toma de decisiones y recepción de información en cada turno es decir, decisiones de extracción, percepción de confianza y pago recibido, la segunda por su parte, es un registro que lleva la familia de sus decisiones, de los pagos obtenidos, y del actuar de la comunidad en relación a la extracción del recurso.

**Figura 22. Tarjeta de decisión de cada familia del juego de la Piangua en la ronda 1**

TARJETA DE DECISIÓN			
NÚMERO DEL GRUPO	5		
NÚMERO DE RONDA	Prueba		
MI NIVEL DE EXTRACCIÓN (1-8)	4		
MI NIVEL DE CONFIANZA EN LA COMUNIDAD (¿Cuánto confié yo en los demás miembros de la comunidad?)	B (Baja)	<del>M (Media)</del>	A (Alta)
PAGO RECIBIDO	\$ 2.500		

**Figura 23. Formato de cuentas de cada familia del juego de la Piangua en la ronda 1**

<b>FORMATO DE CUENTAS DE CADA GRUPO</b>						
<b>(SEGUNDA ETAPA)</b>						
NÚMERO DEL GRUPO : <u>57</u> Fecha <u>___/___/___</u>						
LUGAR DEL JUEGO: _____						
RONDA	MI DECISIÓN	TOTAL DEL GRUPO	TOTAL DE LOS OTROS	MI PAGO ANTES DE LA REGULACIÓN	MI MULTA EN ESTA RONDA	MI PAGO DESPUES DE LA MULTA
11	8	24	16	536.52	-	536.52
12	7	27	20	577.53	-	577.53
13	6	26	20	480.70	-	480.70
14	7	24	17	489.76	-	489.76
15	6	17	11	405.93	-	405.93
16	5	18	13	402.50	-	402.50
17	6	16	10	397.21	100	297.21
18	8	24	16	571.47	-	571.47
19	6	20	14	437.92	-	437.92
20	8	20	12	467.33	-	467.33
Total		21.6				4.542

Con la anterior información se puede dar inicio al juego de la Piangua. La mecánica del juego para cada turno es la siguiente: El moderador pide a cada familia llenar las planillas con dos tipos de información. La primera de ellas es información básica acerca del nombre de la familia o nombre con el cual se va a distinguir en la comunidad, número de ronda en la cual se va a tomar la decisión, lugar en donde se lleva a cabo el ejercicio educativo y la fecha del respectivo juego. La siguiente información es acerca de las decisiones que van tomando a través del tiempo e información de realimentación de la misma; como por ejemplo el dato sobre su decisión de extracción, es decir el esfuerzo individual, la información acerca de la extracción de toda la comunidad, la percepción del esfuerzo realizado por la comunidad, y el pago recibido por su esfuerzo.

Una vez las familias conocen el procedimiento a seguir, es decir la forma en que se llenan las planillas tanto la de toma de decisiones como el formato de cuentas de cada familia, se procede a una fase de práctica, que consta de 2 turnos. En dicha fase los jugadores toman decisiones y reciben información de realimentación por sus decisiones, la cual es consignada en sus formatos de cuenta, en este

momento se despejan dudas acerca del llenado de las planillas y del método de toma de decisiones.

Tanto para la fase de prueba como para el desarrollo del juego, el moderador posee un tablero de decisión que soporta internamente el modelo del juego de la Piangua, en una herramienta computacional. En dicho tablero, el moderador llena los datos del esfuerzo de cada una de las 5 familias que conforma la comunidad Pianguera y les devuelve el valor, calculado por el modelo, del pago a recibir por su extracción en ese turno de decisión. Así la familia puede comparar este valor con el pago de referencia y tomar su decisión para el siguiente turno.

**Figura. 24 Tablero de decisiones del moderador del juego de la Piangua**



Al terminar al sesión de prueba, se da inicio a la toma de decisiones dentro del juego. Esta ronda de decisiones como se dijo anteriormente consta de 10 turnos, es decir en 10 oportunidades los jugadores o familias piangueras toman decisiones acerca de la extracción del recurso y reciben información acerca de las decisiones tomadas para sus posteriores decisiones. En esta fase del juego los jugadores viven realmente el rol de familias piangueras y las decisiones que toman giran entorno al bienestar tanto de sus familias como de la comunidad en general. Al finalizar la primera ronda del juego, el moderador calcula el promedio de pagos, y esfuerzos realizados por los jugadores durante esta etapa y guarda los resultados consolidados de las planillas de cada una de las familias. Cabe anotar que el moderador sólo utilizará estos datos para la fase de análisis de los resultados al finalizar el juego. Sin embargo, justo antes del receso, los jugadores

son informados mediante un informe del INCODER cuál ha sido el porcentaje de Piangua que en 10 rondas han agotado, es decir, en un lapso de 20 meses cuanto del recurso han consumido o explotado a través de sus decisiones en el manglar. Esta información les sirve a los jugadores para hacerse una idea del estado del recurso en el manglar para la siguiente ronda del juego.

## **Receso**

Después de terminar la primera ronda de decisiones se da la oportunidad a los jugadores o familias piangueras de un receso. Durante este tiempo los jugadores son libres de realizar cualquier actividad, es decir no se esta condicionado para que las familias cumplan con unas actividades especificas durante este periodo de tiempo. Pero se espera que los jugadores reflexionen sobre lo ocurrido hasta el momento, es decir, que la información dada por el INCODER sobre el porcentaje de recurso ya consumido les brinde una luz acerca de lo que le esta ocurriendo al manglar por la acción de la comunidad y a partir de dicha reflexión puedan llegar a surgir normas de comportamiento de y para la misma comunidad. En este espacio es donde naturalmente a través de la comunicación entre las familias cada una refuerza o crea lazos con la comunidad, es decir, es allí en donde pueden surgir mediante un dialogo diversas estrategias a seguir en colectivo, en otras palabras es en este espacio donde se crea capital social. En la realidad del parque este espacio de comunicación se da no sólo en un periodo determinado pues las familias viven en constantes encuentros de comunicación dentro de la comunidad, es decir, se encuentran para salir a las faenas de extracción, para entregar el producto al comprador, en los espacios destinados para comprar víveres, en lugares de reunión etc.

Así mismo no solo los jugadores reflexionan sobre lo ocurrido sino también cada una de las familias asume una posición frente a la comunidad para la siguiente ronda de decisiones, es decir, cada familia asume o no un compromiso con la comunidad y con las normas establecidas por ella para un actuar colectivo. Es aquí donde las familias asumen, refuerzan o desechan el papel de cooperadores en su comunidad.

## **Ronda 2**

Al terminar el tiempo de receso el moderador informa a los jugadores la incursión de nuevas condiciones iniciales para la segunda ronda de decisiones. Dichas condiciones hacen referencia al pago que requiere la familia para subsistir, al acuerdo establecido para la extracción del recurso, es decir al nuevo esfuerzo promedio individual, a la forma como se va a controlar el cumplimiento de los acuerdos establecidos en el periodo de receso, al sistema de sanciones incorporado para el incumplimiento de acuerdos, y al mecanismo de votación acerca de la confianza en los otros miembros de la comunidad.

## **Nuevas condiciones del juego en relación al:**

### **Pago de referencia**

El pago de referencia para esta segunda ronda se mantiene en 340 (unidades independiente de la moneda). Para esta condición el moderador puede cambiar el valor establecido para la primera ronda es decir, aumentarlo o disminuirlo de acuerdo a los resultados que ha recopilado de la primera ronda de decisiones, por ejemplo si se ha consumido un gran porcentaje de la Piangua del manglar, significa que el oportunismo ha sido predominante en el ejercicio educativo entonces, es preferible no hacer cambios al pago. Si por el contrario, la cooperación se ha manifestado en la mayoría de las familias es posible que subiendo un poco el pago de para subsistir se observen algunos cambios de comportamiento que son acordes con la realidad.

### **Esfuerzo promedio individual**

Para esta etapa, si se ha producido por parte de la comunidad un acuerdo acerca de la extracción permitida o normal del recurso por cada familia, entonces dicho acuerdo se tendrá en cuenta para la segunda ronda de decisiones. es decir, si la comunidad en pleno ha convocado a la realización de normas en la fase de comunicación y de hecho han logrado crear normas de comportamiento alrededor de la extracción del recurso dicha norma empieza a regir para esta segunda etapa. Si por el contrario la comunidad no pudo generar acuerdos o no pudo llegar a un consenso acerca del esfuerzo permitido a realizar por cada familia en el manglar, el valor del esfuerzo promedio individual seguirá como en la primera ronda.

### **Sistema de cumplimiento de acuerdos**

Como parte del juego se incorpora al mismo un sistema para el cumplimiento de los acuerdos establecidos en la primera ronda de decisiones.

El moderador informa a los jugadores sobre el sistema de cumplimiento del acuerdo, es decir, expone a las familias como se llevará a cabo dicho cumplimiento. En primera instancia el moderador explica que dicho sistema está incorporado en la planilla de toma de decisiones de cada turno. Es decir, en las planillas que se entregan a las familias para tomar las decisiones aparece una casilla en donde los jugadores votan acerca de la aplicación de sanciones a las familias que excedan o incumplan el acuerdo establecido. Este sistema esta diseñado para que las familias den su voz y voto para hacer cumplir las normas de comportamiento; de esta forma cada familia elige si quiere hacer cumplir o no el acuerdo. En segunda instancia, una vez las familias votan si quieren hacer cumplir o no el acuerdo de esfuerzo a realizar, se lleva a cabo un consolidado de las votaciones de las familias y por mayoría de votos se realiza o no el

cumplimiento, es decir, si la mayoría de votos es por el SI, entonces se lleva a cabo una inspección al azar de la extracción del recurso y la posterior imposición de una sanción si es necesario, de lo contrario si la mayoría de votos es por el NO, no se lleva a cabo ningún control sobre la extracción del recurso. Cabe la pena aclarar que la decisión después de realizado el conteo de los votos por el cumplimiento o no de las normas se hace público a la comunidad, es decir, se manifiesta que en dicha ronda se va a realizar o no una inspección al azar de los esfuerzos de las familias Piangüeras.

### **Sistema de sanciones**

El sistema de sanciones integrado para el juego castiga a los infractores de los acuerdos establecidos en la fase de receso y comunicación y se espera ayuden a regular el oportunismo dentro de la comunidad.

En primer lugar las sanciones son establecidas por el grupo diseñador y no por los miembros de la comunidad, esto no significa que las familias Piangüeras sean quienes en el desarrollo del juego puedan aumentar o disminuir el tipo de sanción económica que se va a imponer durante la segunda ronda del juego.

El tipo de sanción o control establecido consiste en una multa que puede ser aplicada o no de acuerdo a la votación de cada familia. Si la mayoría de la comunidad vota por aplicar la multa o sanción entonces el moderador selecciona al azar dos de las planillas de toma de decisiones en dicho turno y aplica la multa si es necesario. Si por el contrario la mayoría vota por la no regulación, es decir "no a la multa" entonces no se aplica ningún control sobre los oportunistas. El hecho de elegir al azar las familias simula un poco la realidad del parque o de cualquier otra comunidad en la aplicación de sanciones, es decir, no siempre los oportunistas son quienes son castigados y además en la realidad dichos controles pueden ser violados o evadidos por algunos miembros de la comunidad. El valor de la multa o sanción depende del esfuerzo, así por cada unidad de esfuerzo mayor al acordado por la comunidad, se cobran 50 (unidades monetarias), si por ejemplo el valor acordado es de 4 unidades de esfuerzo promedio individual y la familia seleccionada tiene en dicho turno un esfuerzo de 6, esto indica que no cumplió el acuerdo y por lo tanto se aplicaría una sanción de 100 (unidades monetarias).

**Figura 25. Tarjeta de decisiones de cada familia del juego de la Piangua en la ronda 2**

TARJETA DE DECISIÓN CON REGLA			
NÚMERO DEL GRUPO	4		
NÚMERO DE RONDA	16		
MI NIVEL DE EXTRACCIÓN (1-8)	5		
MI NIVEL DE CONFIANZA EN LA COMUNIDAD (¿Cuánto confió yo en los demás miembros de la comunidad?)	B (Baja)	<del>M</del> (Medio)	A (Alta)
MI VOTO POR LA REGULACIÓN ES (¿Quiero que se apliquen multas a la comunidad?)	<del>SI</del>		NO
PAGO RECIBIDO	\$ 4.00		

Como se dijo anteriormente, se hace público a la comunidad si se han aplicado o no las sanciones respectivas, pero no se informa de cuánto fue la sanción, ni de quienes fueron los sancionados, tal como ocurre en la realidad.

En el caso en que la comunidad acuerda que se debe hacer público quien ha sido el infractor o cuánto fue la sanción aplicada, dicha norma será incorporada en el juego. O si solo uno de los anteriores datos es fundamental para la toma de decisiones de los miembros de la comunidad y hace parte del capital social creado, entonces será una información pública.

Una vez se aplicada la sanción esta se descuenta del pago a recibir por el esfuerzo realizado y se le notifica por escrito en la tarjeta de toma de decisiones de ese turno a la familia oportunista, de manera que sólo ellos saben que obtuvieron una sanción económica y el valor correspondiente que afecta su pago. Este descuento al pago a recibir se hace efectivo en la planilla de cuentas que lleva la familia oportunista, es decir allí consignan el valor recibido por su esfuerzo, el valor de su infracción y el respectivo valor que ha obtenido después de la aplicación de la sanción.

### **Sistema de votación de confianza**

En esta segunda etapa de toma de decisiones los jugadores siguen conservando el sistema de votación acerca de la confianza en los demás miembros de la comunidad, es decir en cada turno las familias votan acerca de la confianza que los miembros de la comunidad les inspiran en el cumplimiento de los acuerdos establecidos para el bienestar colectivo, tal y como se hace en la primera ronda. Vale la pena resaltar que el cambio en los niveles de confianza de los jugadores acerca del actuar de la comunidad de acuerdo a los votos durante el juego son recopilados y analizados por el moderador en la fase de análisis de resultados

para posteriormente observar y comparar patrones de referencia con futuras sesiones del juego.

Al tener claras las nuevas reglas y sistemas incorporados en el juego se procede a llevar a cabo la segunda etapa de toma de decisiones por parte de las familias Piangüeras en el manglar. Se realizan entonces los 10 turnos con su respectiva realimentación correspondiente a la segunda ronda. Cabe resaltar que durante la ejecución de esta fase los miembros de la comunidad pueden incorporar nuevas reglas o normas de comportamiento o pueden variar las ya establecidas.

### **Análisis y socialización de resultados**

Al finalizar el juego se lleva a cabo una socialización de los resultados obtenidos por cada una de las familias de la comunidad y por la comunidad como un colectivo. En este espacio el moderador motiva a la comunidad a realizar un análisis de los comportamientos de las 5 familias participantes y la reflexión sobre cómo las decisiones tomadas durante las dos rondas afectaron el recurso común y la sostenibilidad de las mismas familias.

Algunos de los datos a analizar por los participantes en el juego son calculados por el modelo y otros son el resultado de totalizar las planillas de juego. Un análisis general se puede llevar a cabo mediante la revisión y socialización de las siguientes gráficas y datos de resultados consolidados durante el ejercicio educativo.

1. Gráfica del nivel de Piangua
2. Tabla de datos de extracción total de Piangua
3. Gráfica del esfuerzo total de la comunidad
4. Gráfica de comportamiento de esfuerzos de cada familia
5. Grupos que cooperaron y los que hicieron free-riding
6. Gráfica de pagos individuales
7. Gráfica de pagos totales de la comunidad
8. Tabla de datos acerca de la confianza

El moderador puede priorizar de acuerdo al tiempo disponible para llevar a cabo el análisis los datos a analizar, así mismo puede contraponer gráficas y datos, es decir por ejemplo cómo se afectó la población de Piangua por el esfuerzo realizado por la comunidad, o cómo las decisiones de algunos miembros afectaron a la comunidad en general. Una vez se lleva a cabo el análisis de los datos por los participantes se abre la oportunidad para reflexionar sobre lo sucedido en el juego y cómo esa experiencia dentro del juego puede conducir en la realidad a una comunidad a moverse como un colectivo o de forma individual.

Así mismo al proporcionar un espacio para la discusión y reflexión en torno a los resultados obtenidos, este ejercicio puede trascender a otros campos, es decir,

una vez el ejercicio es realizado para un recurso en particular a los participantes del juego se les aparecen otras posibles situaciones que son acordes con la problemática de recursos comunes, de igual manera se puede mostrar que a través de la cooperación se puede revertir el comportamiento oportunista y depredador de una comunidad.

En este mismo espacio se disponen los jugadores para realizar un ejercicio de sugerencias y observaciones al juego para hacerlo mas llamativo e interesante y que realmente los jugadores se sientan como Piangüeros en el Parque. Es así que a partir de las sugerencias de algunos participantes en el ejercicio educativo del juego de la Piangua, este ha sufrido variaciones que propenden por un juego de carácter cooperativo. Dichas modificaciones al juego ya expuesto se encuentran consignadas en la sección de variaciones al juego.

### **Actividades adicionales a la toma de decisiones**

Hasta el momento se han desglosado cómo se integraron diversos aspectos tales como: el propósito inicial de la herramienta educativa, premisas conceptuales del área de dinámica de sistemas y de acción colectiva, supuestos acerca de la racionalidad de los individuos de la comunidad Piangüera y características del entorno de la comunidad para el diseño del juego de la Piangua, a través del lenguaje de dinámica de sistemas reflejados en el modelo de la Piangua, las variaciones al mismo y las decisiones de diseño implementadas en el juego; a partir de ello se abrió el espacio para incluir algunas actividades adicionales fuera del entorno de Dinámica de sistemas, dichas actividades provienen del mundo de acción colectiva.

La inclusión de actividades del entorno de acción colectiva propenden por crear, en cierto grado, las condiciones necesarias para generar en los jugadores aptitudes cooperativas, participativas y de confianza durante el juego. Como herramientas de participación de toda la comunidad se incluyeron varias actividades a saber: un espacio para la comunicación dentro de la comunidad, un sistema de votación acerca de la confianza y de posibles sanciones por las decisiones de cada uno de los miembros de la comunidad en el manglar y un sistema para la toma de decisiones colectivas. Cada una de las anteriores herramientas de participación con que cuenta la comunidad están diseñadas para despertar en los jugadores acciones que estimulan el ciclo de cooperación inmerso en el juego.

### **Comunicación**

Por un lado, el espacio para la **comunicación** dentro del juego de la Piangua hace referencia a uno de los enunciados expuestos dentro de la teoría de Ostrom:

*“cuando no se permite a los usuarios de un recurso comunicarse, tenderán a sobreextraerlo a un nivel agregado que se acerca al nivel previsto, en sentido contrario cuando se permite a los usuarios comunicarse, obtienen beneficios conjuntos sustancialmente mayores”* (Ostrom 2000, pg.11). El hecho de tener un espacio para la comunicación dentro del juego hace que los participantes puedan exponer sus inquietudes, reflexiones y apreciaciones acerca del comportamiento tanto de la comunidad como del recurso, y puedan aprender a confiar en el comportamiento de los otros. Además la cercanía generada no solo por compartir el recurso Piangua, sino por el hecho de poder compartir experiencias de vida, crea lazos de interdependencia entre los miembros de la comunidad, en este caso entre los participantes del juego, es decir, los jugadores se encuentran inmersos en redes de intercambio social o tejido social que les permiten convivir con la explotación de un recurso y alimentar ese entramado de relaciones entre los diversos miembros de la comunidad. Precisamente una forma de alimentar dicho entramado es a través de la comunicación entre los miembros de la comunidad o participantes del juego. Por eso dentro del juego de la Piangua, para propiciar ese entramado social y lo que de allí se puede derivar, se incorporaron dos sesiones de comunicación entre los participantes en las cuales ellos pueden exponer sus experiencias dentro del juego, pero además pueden lograr generar acuerdos de explotación del recurso, es decir, ellos crean reglas que propenden por la sostenibilidad no solo del recurso sino de la comunidad en general.

Una vez se genera tejido social entre los miembros de la comunidad se abre la posibilidad de organizarse y generar acuerdos que propendan por el bienestar colectivo. En otras palabras, el hecho de compartir no solo el espacio físico, el recurso, sino también cierto tipo de situaciones dentro del juego hace que los participantes propicien acciones cooperativas. Según Olson *“cuando un número de individuos tienen un interés común o colectivo –cuando comparten un mismo objetivo o propósito – la acción desorganizada, la individual no será capaz de realizar ese interés común, ni tampoco de promover ese interés de manera adecuada”* (Olson, 1965, p.7). Por eso, aunque los miembros de la comunidad en cierta medida tengan el objetivo de sostener el recurso, pero a su vez subsistir de su extracción, si cada uno de ellos actúa de manera independiente o toma decisiones de manera aislada, no es capaz de medir las consecuencias de sus acciones y en menor capacidad las consecuencias del actuar del resto de la comunidad, por ende puede traer con mayor probabilidad la sobreexplotación del recurso y poner en riesgo su propia economía de subsistencia.

### **Creación de acuerdos o reglas comunitarias**

En cierta medida el hecho de que la comunidad logre organizarse obedece a la **creación de acuerdos o reglas comunitarias** que surgen de los mismos

miembros de la comunidad y que van a propender por alcanzar los objetivos trazados por ella. La generación de dichos acuerdos o normas de comportamiento dentro de la comunidad se han logrado crear a través de la comunicación entre los miembros, es decir, si en una comunidad no existe la comunicación no es posible que todos los miembros logren encaminar sus acciones hacia el bienestar colectivo, aun en el caso en el que existe la comunicación y se generen normas de comportamiento siempre existe la posibilidad de que alguno o algunos de los miembros no respeten dichas normas. Dentro del juego la creación de las normas de comportamiento se genera en la sesión de comunicación, en donde por petición de la comunidad se crean acuerdos sobre extracción del recurso Piangua, ya sea sobre el esfuerzo de extracción que va a realizar cada familia en un periodo determinado o la variación del esfuerzo a realizar en diversos periodos.

Una de las principales diferencias establecidas por Ostrom en su teoría de Autogestión colectiva vs la acción colectiva clásica es precisamente la generación de acuerdos que permitan autogestionar los recursos de uso común en una comunidad, según Ostrom tres de los principios que pueden llevar al éxito o sostenibilidad de una comunidad tienen que ver precisamente con ello.

El primero de ellos formula límites bien definidos, el segundo enuncia la coherencia entre las reglas de apropiación y provisión y las condiciones locales, y el tercero hace referencia a los arreglos de elección colectiva. (Ostrom 2000, p.148)

En primer lugar, *definir claramente los límites* tanto del recurso como de los miembros a acceder a él es un primer paso en la organización de una comunidad que depende económicamente de un recurso común. Cuando los miembros de la comunidad tienen conocimiento sobre quienes poseen el derecho de acceder al recurso pueden más fácilmente tender a organizarse, en el caso contrario cuando los miembros de la comunidad no tienen un conocimiento pleno acerca de los demás miembros que pueden extraer el recurso, será más difícil que trabajen en pro de un bienestar colectivo, pues no saben quienes trabajan y aportan realmente al bienestar de la comunidad y quienes tienen derecho de disfrutar de los beneficios del esfuerzo realizado por la comunidad. Además se corre el riesgo de que individuos que no hacen parte de la comunidad exploten el recurso y puedan con sus acciones individuales llevar más rápidamente a una sobreexplotación del mismo. Dentro del juego de la Piangua este principio se hace explícito en el momento de empezar el juego y de definir el número de familias que componen la comunidad, al igual que el número de miembros por cada familia, este dato es conocido por todos los jugadores, además de poder visualizar físicamente a todas las personas que tienen derecho de acceder al manglar para extraer la Piangua.

En segundo lugar, la *coherencia entre las reglas de apropiación y provisión y las condiciones locales* se ponen de manifiesto en la realidad del PNNS a través de las características propias del recurso, de su hábitat, de las familias Piangüeras y de la misma comunidad que definen en gran medida el tipo de acuerdos que ellos pueden llegar a realizar. Estas características se hacen explícitas en el juego en el momento en que los jugadores logran realizar acuerdos conforme a la situación a la cual son expuestos, es decir, cuando ellos asumen el rol de un Piangüero y las diversas circunstancias que definen dicho rol. Una vez asumido dicho rol los jugadores pueden lograr acuerdos en la cantidad de esfuerzo a realizar en el manglar, en el periodo en que se aplicará dicho esfuerzo o combinaciones y variaciones de esfuerzo y lapsos de aplicación de dichos esfuerzos. Las anteriores normas de comportamiento también están sujetas en el juego a la situación de pobreza en que se encuentran los jugadores o miembros de la comunidad, y a los beneficios que se pueden conseguir con la ejecución de las mismas. Además las particularidades del recurso y del entorno en el cual viven los jugadores hacen parte importante de los acuerdos que se puedan llevar a cabo, es decir, si por ejemplo el recurso tuviese movilidad como los peces las reglas elaboradas tal vez no se basarían en el esfuerzo a realizar, sino que también entrarían en juego otro tipo de reglas como zonificación del área a explotar.

En tercer lugar, los *arreglos de elección colectiva* hacen referencia a la posibilidad que tienen los miembros de la comunidad de generar y reformular sus normas de comportamiento dependiendo de las circunstancias y de los resultados que se van generando con ellas, en el caso en el que los miembros de la comunidad no participan en la elaboración de las normas es en cierto grado una dificultad tanto para que las normas reflejen las circunstancias vividas en la comunidad, como para la generación de un sentido de pertenencia y compromiso tanto con las normas elaboradas o impuestas como con la misma comunidad. Los arreglos de elección colectiva se hacen presentes en el juego en el momento en que hacen los acuerdos acerca de la extracción del recurso, es decir, en el momento de la comunicación. El sistema incorporado en el juego para llegar a acuerdos colectivos se hace explícito de manera verbal es decir, los acuerdos son verbales lo que implica confiar en el otro, dicho acuerdo se corrobora en el momento en que el individuo toma la decisión de extracción del recurso; en otras palabras aunque el acuerdo o las normas de comportamiento establecidas por la comunidad sean de tipo verbal, dicho acuerdo es conocido por todos los miembros de la comunidad.

Además del momento de comunicación brindado dentro del juego los participantes pueden en cualquier otro momento cambiar las normas de comportamiento acordadas según los resultados que ellos vayan percibiendo acerca del beneficio de los acuerdos. Para cambiar o modificar las normas de comportamiento en

relación a la extracción del recurso los miembros de la comunidad requieren haber participado activamente en la elaboración de dichas reglas, pues es más fácil llegar a un consenso con aquellos que las conocen, las han internalizado y poseen una visión más plena de cómo adaptarlas al entorno y a las situaciones particulares que se pueden presentar para lograr el objetivo trazado por la comunidad. No obstante el hecho de haber participado en la elaboración de las normas de comportamiento no garantiza que el jugador o miembro de la comunidad va a respetar y seguir dichas normas, pues pueden existir circunstancias de tentación que lo lleven a tomar decisiones en contravía de lo acordado, pero cuando existe un cierto grado de apropiación de las normas, cuando se toman como propias, dichas circunstancias de adversidad pueden generar dilemas en el actuar oportunista o cooperativo, pero existe la gran posibilidad de que prime el actuar cooperativo sobre el oportunista.

Con la incorporación de estos tres principios en el juego se buscó fortalecer la generación de reglas o normas de comportamiento por parte de los jugadores y en gran medida que pudiesen realmente reflejar la autogestión del recurso. Cuando los miembros de la comunidad pueden elaborar e internalizar normas de comportamiento el tejido social en el cual se generan y aplican dichas normas es fortalecido, y en gran parte la misma elaboración de las normas crea ese tejido social que en algunos casos puede ser inexistente, y que en el futuro representa el capital social con el cual cuenta la comunidad como comunidad.

La utilización de las normas de comportamiento dentro de la comunidad durante un cierto periodo de tiempo hace que se generen o activen variables como la reputación, la confianza y la reciprocidad entre los miembros de la comunidad, y así mismo se refuerce el ciclo de cooperación inmerso en el juego que propende por la sostenibilidad del recurso. Cuando las normas acordadas como en el caso del juego de la Piangua con el esfuerzo a realizar por cada jugador se llevan a cabo, es decir, se cumplen los acuerdos pactados se va generando en el tejido social aceptación hacia dicho jugador que cumple el acuerdo y esa aceptación se traduce como confianza en el actuar de dicho jugador. Una vez se activa la confianza en el jugador el ciclo de cooperación se activa y genera otras reacciones de la comunidad hacia el jugador como son la reputación de cooperador y la reciprocidad que puede ganar dicho jugador por parte de los demás miembros de la misma. En otras palabras el cumplir las normas de comportamiento acordadas previamente por la comunidad refuerza tanto el comportamiento cooperativo como la sostenibilidad del recurso, pero además fortalece las relaciones existentes entre los miembros de la comunidad, en el caso del juego entre los jugadores. Dentro del juego de la Piangua se cuenta con un sistema de votación acerca de la confianza que poseen los individuos en el resto de la comunidad es decir, en cierta grado se mide el estado en que se encuentra el tejido social en cada momento de toma de decisiones de los jugadores, dicha votación es de carácter individual pues

allí se refleja la percepción de cooperación o individualismo que posee cada jugador de las demás familias Piangueras. Existen tres niveles o estados que simulan la confianza que deposita cada jugador en la comunidad, en cierta medida este es un factor importante en la decisión de extracción de cada familia. Por lo general si existe desconfianza en el actuar de la comunidad las decisiones que se toman van a estar sesgadas hacia el individualismo, en el caso contrario, si se confía en que la comunidad va a respetar los acuerdos establecidos se tiende a tomar decisiones en pro de la sostenibilidad del recurso, de la comunidad y del capital social ya establecido.

Una vez que se ha generado capital social la comunidad se fortalece pero no esta exenta que dicho capital construido pueda ir en detrimento, pues algunas acciones en contravía de las acciones acordadas en pro de la sostenibilidad del recurso pueden generar dicha reacción.

### **Sanciones y supervisiones**

Para contrarrestar las posibles acciones en contra de la sostenibilidad del recurso y de la misma comunidad se establecen mecanismos en cierto grado coercitivos como lo son **las sanciones y supervisiones**. Ostrom asume que *“cuando los usuarios discuten abiertamente y acuerdan sus propios niveles de uso y sus sistemas de sanciones, el incumplimiento de los acuerdos se mantiene muy bajo y se obtienen resultados cercanos al óptimo.”* (Ostrom 2000, pg. 11), Por tal razón dentro del juego de la Piangua en un momento determinado se propone a los jugadores asumir un cierto tipo de sanción económica para quienes no cumplan los acuerdos de extracción pactada, es decir, se pone en discusión si se quiere llevar a cabo una supervisión de la extracción del recurso por parte de los miembros de la comunidad y por ende su respectiva sanción, si es necesaria, en otras palabras se llega a un consenso si se realiza supervisión y sanción, al igual que el tiempo de realizarla y la cantidad de sanción a imponer. La supervisión que se lleva a cabo es al azar, es decir, después de que los miembros de la comunidad han realizado la extracción del recurso y se ha pactado realizar supervisión se lleva a cabo una selección al azar de la familia a supervisar, pues hay que suponer que en la realidad no todas las familias pueden llegar a ser supervisadas y que existe la eventualidad de que un posible infractor no pueda ser detectado. Si la familia escogida al ser supervisada resulta que se encuentra en niveles de extracción superiores a los acordados, la familia recibe una infracción económica que ha sido pactada por todos los miembros de la comunidad con anterioridad, en caso contrario no recibe ningún tipo de sanción.

La comunidad al escoger la opción de ser supervisada y sancionada se acoge en cierta medida a las consecuencias de sus actos, es decir, el hecho de ser

oportunistas o cooperadores dentro del juego asume que los jugadores pueden en ciertas circunstancias romper los acuerdos establecidos o no respetar dichos acuerdos por otras eventualidades. En la medida en que los miembros de la comunidad empiezan a infringir las normas de comportamiento el tejido social construido a través de ellas tiende a deteriorarse y el ciclo del oportunismo inmerso en el juego empieza a ganar terreno sobre el ciclo de cooperación. Cuando la confianza en los miembros de la comunidad empieza a ser deteriorada las posibles decisiones futuras del jugador pueden tender a ser oportunistas en lugar de cooperativas; pues un jugador cooperador no querrá ser tomado como “tonto” mientras los demás se aprovechan de su cooperación, es decir, en la medida en que la mayoría de los jugadores tiende a cumplir los acuerdos mas jugadores seguirán su mismo actuar. Si los miembros de la comunidad o jugadores en el caso del juego de la Piangua, perciben que el resto de la comunidad esta cumpliendo con los acuerdos la mayor parte del tiempo, es más factible que refuercen dicho comportamiento y por ende fortalezcan el tejido social en el cual se generaron dichos acuerdos.

En la eventualidad en la que un jugador es sorprendido infringiendo el acuerdo establecido en la comunidad, no solo la sanción es de tipo económica, pues la sanción se extiende también a las relaciones entre los demás jugadores, es decir, hacia el tejido social que posee la comunidad. Pues si se descubre que alguien dentro de la comunidad esta infringiendo las normas se empieza a desconfiar del actuar de ese miembro, jugador o familia, por ende se rompen lazos establecidos anteriormente entre los miembros de la comunidad como por ejemplo, lazos de confianza, reputación y reciprocidad, en consecuencia el ciclo de la cooperación empieza a perder terreno dentro del juego.

Para asegurar que los miembros de la comunidad posean información acerca de si existen infractores dentro del juego al aplicar la supervisión y posterior sanción se informa a la comunidad si el miembro supervisado ha incumplido el acuerdo o no, pero no se informa a la comunidad el nombre del infractor, para no generar un daño inmediato a las relaciones establecidas entre la comunidad y ese miembro. Es decir, la comunidad a través de su decisión de supervisión y la posterior información relacionada con la cantidad de multa establecida por el incumplimiento se hace una idea de que tan cooperador o oportunista esta siendo algún miembro de la comunidad y a partir de esto alimenta su percepción de confianza y reputación en la comunidad y toma su siguiente decisión de extracción. Al jugador conocer si un miembro de la comunidad esta infringiendo las normas puede establecer una relación entre la cantidad total del esfuerzo realizado por toda la comunidad, su esfuerzo y el posible esfuerzo del infractor, y así corroborar si pueden existir mas infractores de los que han sido supervisados o no. En el caso de existir mas infractores, las decisiones del jugador estarán más sujetas hacia un

posible oportunismo y no hacia un actuar cooperativo que refuerce los lazos de confianza, reputación y reciprocidad entre los miembros de la comunidad.

#### 4.4.7 Variaciones realizadas al juego

En el desarrollo del ejercicio educativo con el juego de la Piangua se ha obtenido realimentación por parte de los participantes en dicho ejercicio que ha permitido llevar a cabo mejoras graduales al juego que redundan en la calidad y en el logro de su propósito .

Es así como a través de las experiencias antes consignadas se enuncian a continuación una serie de variaciones que permitieron la evolución del juego de la Piangua.

**Tabla 1. Variaciones del Juego de la Piangua**

<b>Variaciones al juego de la Piangua</b>		
<b><i>En relación a:</i></b>	<b><i>Antes (en la primera experiencia)</i></b>	<b><i>Ahora (Después de varias experiencias)</i></b>
<i>Recolección de información</i>	Por cada turno se solicitaba a los Jugadores llenar una tarjeta de toma de decisiones que posteriormente era entregada al monitor para consignar dicha información en el modelo computacional y devuelta con información de realimentación acerca de sus decisiones para ser consignada en el formato de cuentas. Dicho proceso era dispendioso, propenso a errores y consumía un tiempo considerable.	Se abolió la tarjeta de toma de decisiones y se centro la información a recolectar en cada turno en una solo formato, el de cuentas. De esta manera el proceso de recolección de información es más ágil y se evitan posibles errores de digitación de información.
<i>Formatos de Planillas de toma de decisión y de cuentas</i>	Existían dos formatos, uno de toma de decisiones para cada turno y el formato de cuentas de cada familia.	Se cambio a un solo formato donde se lleva tanto la información de la decisión a tomar en cada turno acerca del esfuerzo y la confianza en la comunidad, como el pago recibido y el total de esfuerzo de la comunidad. esto para la

		<p>primera ronda de decisiones. para la segunda en este nuevo formato también se consigna las decisiones acerca de la imposición de sanciones y el costo de las mismas si es un infractor. Se introdujo una planilla o hoja del monitor donde se lleva el esfuerzo de todas las familias y las votaciones acerca de confianza y sanciones a impartir, una vez el monitor en cada turno recolecta la información es llevada al modelo computacional.</p>
<i>Incorporación de franjas de pagos</i>	<p>La información acerca del pago a obtener era brindada por el moderador del juego a cada una de las familias una vez introducía la información de esfuerzo de todos los miembros de la comunidad en el modelo computacional, y este arrojaba los valores de pagos para cada una de las familias y se consignaba en el formato de toma de decisiones.</p>	<p>Existe una tabla que es pública en todo momento durante el juego en donde los jugadores pueden a partir del esfuerzo que han realizado ver y consignar en el formato de cuentas el pago a recibir por dicho esfuerzo. La tabla de pagos es dinámica, es decir, va cambiando con las decisiones que van tomando todos los jugadores. Las franjas establecidas se corresponden a los niveles de esfuerzo permitido en el juego.</p>
<i>Tabla de beneficios por pago recibido</i>	<p>Solo existía la idea de un pago con el cual la familia podría suplir las necesidades básicas de alimentación, educación, salud y recreación. Dicho pago era 340 (unidades independiente de la moneda).</p>	<p>Existe en el juego y a la par con la tabla de pagos unos beneficios que puede obtener la familia de acuerdo al esfuerzo realizado y al pago recibido por dicho esfuerzo. es decir, en dicha tabla cada familia ve cuales son los beneficios obtenidos en cuanto a salud, educación, vivienda, alimentación y recreación. Algunos de estos beneficios son acumulativos, pero otros se pueden perder en el transcurso del juego. Esta información es</p>

		pública y sirve a los jugadores para motivarlos a conseguir mejores beneficios para sus familias.
<i>Información del recurso</i>	Se hacía énfasis en la presentación del juego del promedio de esfuerzo con el cual podrían obtener un mayor beneficio, es decir, se hacía énfasis en que el mejor valor del esfuerzo en el que posiblemente todos ganarían sería 4.	Se abolió la idea de realizar un énfasis en el esfuerzo promedio de 4, ya que se consideró que se estaba condicionando a los jugadores a llevar a cabo acciones cooperativas. Es decir, en el nuevo juego se brinda información de los posibles esfuerzos a realizar sin hacer énfasis en esfuerzos cooperativos u oportunistas.
<i>Presentación de objetivos y reglas del juego</i>	Se llevaba a cabo una presentación verbal de los objetivos a cumplir dentro del juego, después de haber dado la respectiva introducción al entorno de la Piangua. posteriormente se daba paso a la una exposición de las reglas del juego, y explicaciones concernientes a la mecánica del mismo.	Se realiza después de la introducción de la problemática y el entorno de extracción de la Piangua una exposición verbal apoyada por material didáctico representado en diapositivas alusivas al entorno del parque correspondiéndose cada una de ellas con cada objetivo trazado dentro del juego. Seguidamente se da paso a la exposición de las reglas del juego, y aclaración de dudas.
<i>Introducción a la problemática de RUC</i>	Se realizaba una exposición por parte del monitor de la problemática de RUC en nuestro país y en particular sobre el recurso Piangua en el PNNS. Además en esta primera etapa después de dicha introducción se exponía el video de la WWF acerca de la población del parque que subsiste mediante la extracción del recurso Piangua.	Se realiza la misma introducción a la problemática de RUC en nuestro país y se expone con palabras la situación en la que vive la comunidad de Piangüeros en el PNNS. Al final del juego se expone el video de la WWF sobre los Piangüeros del parque, pues se traslado de momento la emisión de dicho video por considerarse que podría estar condicionando a los jugadores a realizar acciones cooperativas. Con dicho cambio al finalizar el juego los participantes confrontan su

		realidad dentro del juego con la realidad del los Piangüeros del PNNS.
<i>Momentos para la comunicación</i>	Solo existía el momento del receso para que los miembros de la comunidad pudiesen comunicarse, es decir, en ningún otro momento se permite a los jugadores comunicarse, la comunicación se restringe a los miembros de la misma familia.	En la primera ronda de decisiones se conserva el modelo anterior de comunicación, para la segunda ronda los jugadores pueden el cualquier momento convocar a una reunión de la comunidad o de delegados de cada familia para discutir percepciones, necesidades, sanciones o acuerdos establecidos en anteriores espacios de comunicación. Cabe resaltar que desde el momento del primer espacio de comunicación los mismos miembros de la comunidad pueden sugerir otros momentos de comunicación durante la segunda etapa del juego.
<i>Variación de los acuerdos</i>	Los acuerdos o normas establecidas por la comunidad en el espacio para la comunicación eran respetados e invariables durante la segunda etapa de toma de decisiones.	Los miembros de la comunidad por tener la posibilidad de mas de un espacio para la comunicación pueden en dichos espacios variar las reglas de comportamiento antes establecidas, o imponer nuevas reglas de acuerdo a las necesidades que va teniendo la comunidad.
<i>Incorporación de incentivos</i>	No existían en el juego.	Se incorporaron incentivos al juego para premiar tanto a los cooperadores como a los oportunistas. Es decir, dentro del juego se premia o incentiva a los dos tipos de acciones que las familias pueden optar. Se estipularon 3 incentivos de carácter físico, es decir regalos, uno para la familia más cooperadora en uno de los

	<p>turnos de la segunda ronda, otro para la familia que ha obtenido el mayor beneficio económico en otro turno de la misma ronda, y por ultimo se premia al final de la segunda ronda a la familia mas cooperadora durante el desarrollo del juego.</p> <p>cabe aclarar que los jugadores no saben que existen dichos incentivos.</p>
--	---

## 5. EXPERIMENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 5.1 EXPERIENCIAS CON EL JUEGO DE LA PIANGUA

El juego de la Piangua en sus inicios no contaba con un público definido para la fase de experimentación, aunque se tenía previsto para tal fase la presencia de alumnos de pre-grado de las facultades de Administración de Empresas y de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Autónoma de Bucaramanga, o de ser posible alguna comunidad involucrada en la toma de decisiones sobre recursos de uso común. Gracias a la cercanía entre el grupo de Pensamiento sistémico y el Programa de Gobernabilidad y Gerencia Política de la George Washington University en convenio con la Corporación Andina de Fomento (CAF), la fase de experimentación pudo ser realizada dentro del módulo de Pensamiento sistémico inmerso en el programa en mención. Es así como a través de dicha relación, el juego de la Piangua pudo ser jugado por los estudiantes del programa en tres países de Latinoamérica, a saber, en Colombia, en la Universidad Autónoma de Bucaramanga (UNAB) sedes Bucaramanga y Yopal, en Ecuador, en la Universidad Católica del Ecuador sede Guayaquil y en Venezuela, en la Universidad Católica Andrés Bello (UCAB) sede Caracas. En cada uno de ellos la experiencia con el juego fue enriqueciendo al mismo y revelando nuevas posibilidades y dificultades para su desarrollo.

Los participantes en la experiencia son de diversos perfiles, independiente del país, algunos son funcionarios públicos, representantes gubernamentales, miembros de organizaciones no gubernamentales (ONG's), actores de la sociedad civil, agentes de organizaciones comunitarias, estudiantes de escuelas de Derecho y Administración pública entre otros. Así mismo los participantes en las experiencias estuvieron repartidos en los dos géneros (masculino y femenino) y en un rango de edades entre los 25 y 60 años.

El hecho de contar con diversidad de público en el Programa de Gobernabilidad y Gerencia Política hizo pertinente para el desarrollo de la fase de experimentación aplicar a tales participantes el juego. De igual manera la presencia de diversas disciplinas y áreas de actuación en los participantes del programa permite hacer explícitos diversos puntos de vista y comportamientos durante la experiencias. Además, se tuvo en cuenta que en un grado significativo los participantes son tomadores de decisiones a diversos niveles, ya sea a nivel gubernamental, no gubernamental, social y educativo, es decir, que en cierta medida el aprendizaje obtenido durante el desarrollo del juego no se limita solo a la toma de decisiones

sobre el recurso Piangua sino que dicho conocimiento puede ser trasladado a las áreas de actuación de cada uno de los participantes.

A través de las experiencias realizadas en cada uno de los países el juego se fue enriqueciendo y aportando mejoras significativas para la experimentación con el mismo. Gracias a la receptividad durante el juego, a los aportes generados por los participantes en la fase final del mismo, es decir, la de análisis y socialización, a la apertura a cambios e inclusión de nuevas actividades antes durante y después del juego por parte de los diseñadores del mismo, como se expuso en la sección anterior, el juego de la Piangua fue evolucionando y acercándose más a un juego de fácil uso tanto para los jugadores como para el moderador, haciéndose cada vez más real, pero sin dejar de lado el propósito y el marco establecido para su desarrollo.

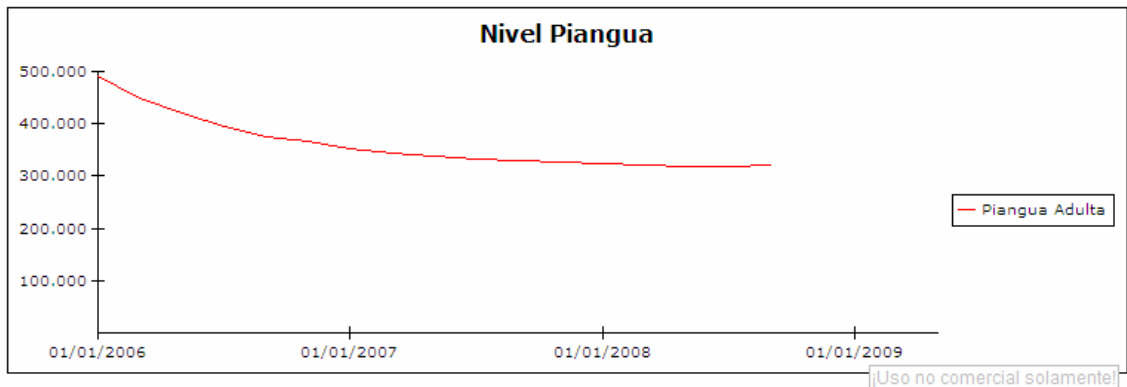
## 5.2 RESULTADOS GENERALES

En las experiencias realizadas en los tres países los resultados con el juego de la Piangua fueron muy parejos, en general a pesar de las diversas estrategias implementadas por los jugadores, por los moderadores, y en general plasmadas en el diseño del juego, los resultados giraron en torno a comunidades y familias que procuraron tanto la conservación del recurso como la sostenibilidad a largo plazo de su bienestar. En otras palabras, el ejercicio reveló que a pesar de las posibles estrategias individuales la mayoría de las familias procura una acción en colectivo guiada hacia la creación de acuerdos y normas de comportamiento que promueven la cooperación.

Aunque en el juego se presenta, y en cierta forma el diseño del mismo admite y considera la acción oportunista de alguna o algunas familias, el actuar oportunista siempre estuvo presente en las experiencias, tal como pudiese suceder en la realidad del parque PNNS. Pues aunque la comunidad acordara normas alrededor de la extracción del recurso, es inevitable que alguna familia por X o Y circunstancias opte por decisiones individualistas y no colectivas. Aún en el caso de la experiencia donde se evidenció con mayor claridad un actuar encaminado hacia la cooperación, también el oportunismo se hizo presente.

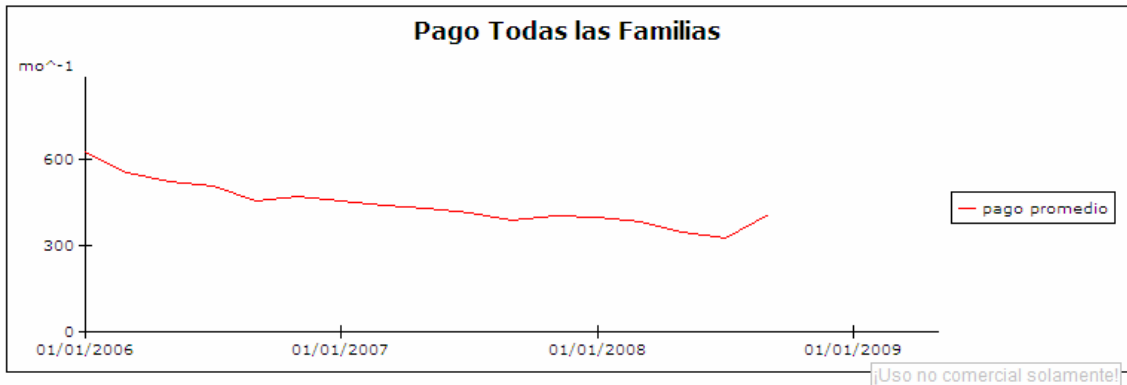
En la siguiente figura se aprecian los resultados de una de las jornadas de uso del juego de la Piangua, en relación al nivel del recurso en un periodo de 4 años. Como se aprecia y anteriormente se había enunciado, el actuar de las comunidades en general evidencia un comportamiento guiado hacia la cooperación, es decir, el nivel de la población de Piangua en el Parque Nacional Natural Sanquianga después del juego tiende a estabilizarse y no presenta una curva o posible tendencia hacia la depredación del recurso. En otras palabras en esta comunidad reflejada en la figura se procura la sostenibilidad del recurso y por ende la sostenibilidad de las familias Piangüeras.

**Figura 26. Grafica del nivel del recurso en un periodo de 4 años**



Así mismo mediante la siguiente figura se aprecian los ingresos obtenidos por las familias durante el juego, el cual refleja que dichas familias pertenecientes a la comunidad se mantuvieron en un pago entre las 500 y 400 unidades monetarias indicando así que el bienestar obtenido por cooperar o participar de acciones cooperativas les permitió mantener un nivel de bienestar medio alto.

**Figura 27. Grafica del pago promedio de las familias en un periodo de 4 años**



Es decir, con las ganancias que cada Pianguero o familia Pianguera obtuvo le alcanzó para cubrir las necesidades básicas para vivir, representadas en la alimentación, vivienda digna, y educación para sus hijos. Hay que recordar que un pago inferior a 300 unidades monetarias representa las condiciones más deficientes y un pago de 600 unidades representa un nivel de bienestar confortable dentro de las condiciones y el hábitat del parque.

**Figura 28. Grafica del esfuerzo total realizado por la comunidad en un periodo de 4 años**



La anterior figura expone los resultados obtenidos en relación a la extracción total de la comunidad, es decir, el esfuerzo total realizado por la comunidad en cada turno de decisión en un lapso de tiempo. Se observa que la extracción total osciló entre 25 y 30 unidades de esfuerzo, es decir que el esfuerzo promedio por familia osciló entre 5 y 6 unidades. Con el anterior resultado de esfuerzo total de la comunidad y teniendo en cuenta que la misma comunidad creó un acuerdo para la extracción del recurso fijado en 5 unidades de esfuerzo, se observa entonces, que la comunidad tendió a respetar el acuerdo establecido. En la medida en que la comunidad respetó el acuerdo los niveles tanto de confianza como de reputación en la comunidad se fueron estableciendo y reforzando con el paso del tiempo. Como resultado general en relación a la creación y refuerzo de confianza y reputación entre los miembros de la comunidad en las experiencias realizadas se observó que la comunidad tendió a crear y conservar los acuerdos y normas de comportamiento establecidas, procurando así mismo el enriquecimiento del capital social con el que cuenta la comunidad Pianguera.

Para llevar a cabo el anterior análisis general de resultados en las experiencias realizadas con el juego de la Piangua se tuvieron en cuenta los siguientes criterios de cooperación que se exponen a continuación.

### 5.3 CRITERIOS DE COOPERACIÓN

A raíz del propósito inicial de la presente investigación con relación a la generación de un posible aprendizaje para la cooperación asistido por juegos de simulación, en particular, se buscaron ciertos criterios que permitieran valorar si a

raíz de la experiencia con el juego de la Piangua los involucrados en el ejercicio educativo realizan procesos de aprendizaje hacia la cooperación. En otras palabras, se buscaron guías lectoras que sirvieran para evidenciar en los participantes entre acciones y comportamientos oportunistas y comportamientos cooperadores durante la experimentación con el juego de la Piangua.

En primer lugar, los criterios de cooperación ofrecen una guía para realizar un análisis de los resultados obtenidos a partir de la fase de experimentación con el juego de la Piangua. Así mismo para llevar a cabo dicho análisis se hace pertinente enunciar su forma de selección, los criterios mismos, la forma de aplicación y finalmente el análisis de los resultados a partir de los criterios de cooperación durante el ejercicio educativo con el juego a través de un ejemplo base.

### **5.3.1 Selección de criterios**

La selección de criterios de cooperación estuvo guiada principalmente por el marco conceptual de la presente investigación en particular, con el área de Acción Colectiva; pues es en dicha área donde a través de un sin número de experiencias empíricas se han logrado establecer ciertos lineamientos que son la base de la teoría de Autogestión colectiva. Dado que la teoría en mención articula pautas para hacer posible la cooperación en casos de uso de recursos comunes, se hizo permitente utilizar y articular dichas pautas para seleccionar los criterios de cooperación. Así mismo cabe la pena aclarar que dichos criterios de cooperación se utilizan para hacer posible identificar si dentro del ejercicio educativo con el juego de la Piangua los participantes toman decisiones guiadas hacia la cooperación o hacia el oportunismo. Dado lo anterior, y teniendo en cuenta los estudios realizados anteriormente por diversos autores sobre el problema de los comunes, los criterios que se seleccionaron dentro de este ejercicio educativo son: el criterio de Nash, el criterio de supervivencia, criterio de confianza, criterio de depredación, criterio de sanciones.

#### **Criterio de Nash**

La idea esencial de Nash al definir el concepto de equilibrio de Nash en su tesis doctoral en Matemáticas en la Universidad de Princeton (Non-cooperative Games (1950)) se define como *“un equilibrio de Nash de un juego es un acuerdo que ninguna de las partes puede romper a discreción sin perder”*. Es decir, si alguien quiere romper el pacto o acuerdo y lo hace unilateralmente, se arriesga a ganar por debajo de lo que hubiese ganado dentro del pacto o acuerdo. Sin embargo, esto puede no ser lo mejor socialmente para los jugadores, como sucede en el juego del dilema del prisionero.

Según algunos autores, uno de los resultados que hacen del equilibrio de Nash un punto de referencia para casi todo análisis en el que las interacciones entre individuos estén involucradas es que todo juego finito (es decir, finitos jugadores y finitas estrategias de cada jugador) tiene al menos un equilibrio de Nash, aunque involucre ciertas probabilidades objetivas de juego de las estrategias por parte de los jugadores. Es decir, todo juego son dichas características presenta un equilibrio de Nash y nuestro caso en mención no es la excepción, el juego de la Piangua presenta un equilibrio dado por un esfuerzo individual de 4 o un esfuerzo promedio de los 5 jugadores o familias Piangueras de 20.

Dado lo anterior, el esfuerzo individual de 4 o el esfuerzo promedio total de la comunidad de 20 revela que en este punto los jugadores reciben ganancias o beneficios mayores o los que recibirían si decide cada uno una estrategia diferente de esfuerzo. Es decir, que cada familia al tomar un decisión de esfuerzo de 4 o muy cercano a 4 estará realizando cooperación básica dentro de la comunidad para alcanzar los objetivos trazados, de sostenibilidad del recurso y de la comunidad. Así mismo si el esfuerzo de la comunidad se encuentra por encima de 20 y muy alejado de él indicará que la comunidad esta siendo azotada por un egoísmo y un oportunismo que no les permite crear capital social, si por el contrario las decisiones de las familias se encuentran muy por debajo de 4 en su esfuerzo individual estará evidenciando que son una comunidad cooperadora o altamente cooperadora que logra y refuerza el capital social con el que cuenta. Por esta razón el criterio de Nash fue seleccionado para realizar el análisis de cooperación dentro del juego de la Piangua, ya que permite evidenciar si hay o no cooperación a través de las decisiones de esfuerzo de las familias Piangueras.

### **Criterio de Supervivencia**

La supervivencia esta definida como la acción y efecto de sobrevivir. Para el caso de la población del recurso Piangua en el Manglar del Parque Nacional Natural Sanquianga dicha definición puede ser tomada para evidenciar como se encuentra el recurso Piangua una vez se realiza el ejercicio educativo con el juego, es decir, si el recurso o cuanto del recurso logra la supervivencia dentro del juego. Como sabemos el poder sobrevivir una especie o no, esta determinada por el factor de resiliencia de la misma, es decir la relación entre la cantidad que muere del recurso y la cantidad del recurso que logra regenerarse.

En nuestro caso, la población de Piangua es un sistema caracterizado por un crecimiento logístico simple. Que en ausencia de individuos que exploten el recurso, las Pianguas nacen, crecen hasta la madurez, se reproducen y en un determinado momento mueren; el tamaño poblacional permanece de forma natural en equilibrio dinámico con su valor máximo sostenible. Aún en condiciones normales sin intervención de la comunidad cuando la población alcanza su máxima capacidad, la población entra en equilibrio dinámico, y el nivel Piangua se ve disminuido por factores de equilibrio biológico (espacio, alimento, etc), es decir, una fracción de la población muere por causas naturales en un periodo de tiempo

para hacer sostenible la población. En este caso el factor de resiliencia actúa sobre el recurso para lograr el equilibrio poblacional.

Si la población disminuye por razones no naturales, que en este caso tienen que ver con la explotación por parte de la comunidad, la Piangua tiende a alcanzar su valor de equilibrio exhibiendo el mismo tipo de crecimiento. Es decir, si la cantidad del recurso extraída es mayor que la cantidad del recurso que logra sobreponerse a dicha extracción, la Piangua tenderá a buscar su equilibrio, pero en caso de no lograrlo tenderá a extinguirse. Si por el contrario la tasa de extracción de Piangua del manglar es menor que la tasa de nacimientos dentro del mismo, el recurso Piangua tenderá a nivelarse y encontrar su equilibrio biológico y procurará la supervivencia.

Dado lo anterior, durante el ejercicio educativo con el juego de la Piangua se puede conocer la cantidad del recurso que logra sobrevivir a partir de las decisiones de las familias Piangueras, es decir, si las decisiones giraron en torno a acciones oportunistas el nivel de extracción del recurso tenderá a ser mayor y por ende la extracción del mismo, dando como resultado mayor probabilidad de que la población de Piangua no logre alcanzar el punto de equilibrio que le permita la sostenibilidad de la población. En el caso en que las decisiones de las familias giren en torno a decisiones cooperativas el nivel de extracción del recurso tenderá a ser menor y por ende la extracción del mismo se verá disminuida, dando como resultado mayor probabilidad de que la población de Piangua logre alcanzar el punto de equilibrio que le permita la sostenibilidad de la población durante el ejercicio educativo con el juego. Los valores de extracción que le permiten a la población de Piangua regenerarse y alcanzar un equilibrio se encuentran alrededor de 4, un valor muy alejado de 4, como por ejemplo 8 implica que la población de Piangua no alcance el equilibrio. Por todo lo anterior, la selección del criterio de supervivencia del recurso Piangua se hizo pertinente para realizar el análisis de la cooperación durante el ejercicio con el juego.

### **Criterio de Confianza**

Según la autora de la teoría de Autogestión colectiva, la confianza es uno de los aspectos primordiales para generar la cooperación entre individuos (Ostrom 2000, pg. 13). Así mismo la utilización de normas de comportamiento dentro de la comunidad durante un cierto periodo de tiempo hace que se generen o activen aspectos como la reputación, la confianza y la reciprocidad entre los miembros de la comunidad, y así mismo se refuerce el ciclo de cooperación inmerso en el juego que propende por la sostenibilidad del recurso. Cuando las normas acordadas como en el caso del juego de la Piangua con el esfuerzo a realizar por cada jugador se llevan a cabo, es decir, se cumplen los acuerdos pactados se va generando en el tejido social aceptación hacia dicho jugador que cumple el

acuerdo y esa aceptación se traduce como confianza en el actuar de dicho jugador. Una vez se activa la confianza en el jugador el ciclo de cooperación se activa y genera otras reacciones de la comunidad hacia el jugador como son la reputación de cooperador y la reciprocidad que puede ganar dicho jugador por parte de los demás miembros de la misma. En otras palabras el cumplir las normas de comportamiento acordadas previamente por la comunidad refuerza tanto el comportamiento cooperativo como la sostenibilidad del recurso, pero además fortalece las relaciones existentes entre los miembros de la comunidad, en el caso del juego entre los jugadores.

Dentro del juego de la Piangua se cuenta con un sistema de votación acerca de la confianza que poseen los individuos en el resto de la comunidad es decir, en cierta grado se mide el estado en que se encuentra el tejido social en cada momento de toma de decisiones de los jugadores, dicha votación es de carácter individual pues allí se refleja la percepción de cooperación o individualismo que posee cada jugador de las demás familias Piangueras. Existen tres niveles o estados que simulan la confianza que deposita cada jugador en la comunidad, en cierta medida este es un factor importante en la decisión de extracción de cada familia. Por lo general si existe desconfianza en el actuar de la comunidad las decisiones que se toman van a estar sesgadas hacia el individualismo, en el caso contrario, si se confía en que la comunidad va a respetar los acuerdos establecidos se tiende a tomar decisiones en pro de la sostenibilidad del recurso, de la comunidad y del capital social ya establecido. Dado lo anterior, y teniendo en cuenta que la confianza es uno de los pilares para procurar la cooperación en problemas de uso de recursos comunes, el criterio de confianza fue seleccionado para llevar a cabo el análisis de cooperación durante el ejercicio educativo con el juego de la Piangua.

## **Sanciones**

Ostrom asume que *“cuando los usuarios discuten abiertamente y acuerdan sus propios niveles de uso y sus sistemas de sanciones, el incumplimiento de los acuerdos se mantiene muy bajo y se obtienen resultados cercanos al óptimo.”* (Ostrom 2000, pg. 11), Por tal razón dentro del juego de la Piangua en un momento determinado se propone a los jugadores asumir un cierto tipo de sanción económica para quienes no cumplan los acuerdos de extracción pactada, es decir, se pone en discusión si se quiere llevar a cabo una supervisión de la extracción del recurso por parte de los miembros de la comunidad y por ende su respectiva sanción, si es necesaria, en otras palabras se llega a un consenso si se realiza supervisión y sanción, al igual que el tiempo de realizarla y la cantidad de sanción a imponer.

En la medida en que los miembros de la comunidad empiezan a infringir las normas de comportamiento el tejido social construido a través de ellas tiende a deteriorarse y el ciclo del oportunismo inmerso en el juego empieza a ganar

terreno sobre el ciclo de cooperación. Cuando la confianza en los miembros de la comunidad empieza a ser deteriorada las posibles decisiones futuras del jugador pueden tender a ser oportunistas en lugar de cooperativas; pues un jugador cooperador no querrá ser tomado como “tonto” mientras los demás se aprovechan de su cooperación, es decir, en la medida en que la mayoría de los jugadores tiende a cumplir los acuerdos mas jugadores seguirán su mismo actuar. Si los miembros de la comunidad o jugadores en el caso del juego de la Piangua, perciben que el resto de la comunidad esta cumpliendo con los acuerdos la mayor parte del tiempo, es más factible que refuercen dicho comportamiento y por ende fortalezcan el tejido social en el cual se generaron dichos acuerdos.

Dentro del juego de la Piangua se cuenta con un sistema de votación acerca de realizar sanciones a los individuos de la comunidad que no respetan los acuerdos de cooperación establecidos, en cierto grado también se mide el estado en que se encuentra el tejido social en cada momento de toma de decisiones de los jugadores, dicha votación es de carácter individual pues allí se refleja la percepción con relación al cumplimiento de los acuerdos de cooperación establecidos por las familias Piangueras dentro del juego. Por lo anterior, el criterio de sanciones es utilizado aquí para realizar el análisis de cooperación de los individuos dentro del ejercicio educativo con el juego de la Piangua.

## 5.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS CON BASE A LOS CRITERIOS

### 5.4.1 Experiencia de referencia

Como experiencia de referencia para llevar a cabo un análisis con los resultados obtenidos a partir del ejercicio educativo con el juego de la Piangua, se tomó como base el juego realizado en la UNAB sede Bucaramanga.

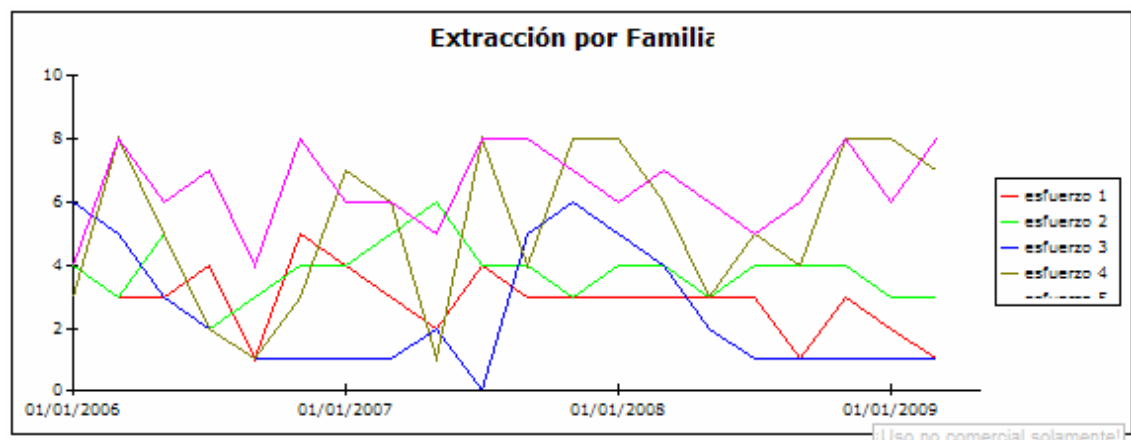
En primer lugar se mostraran los resultados obtenidos en el juego y posteriormente se llevará a cabo un análisis de los resultados a partir de los criterios de cooperación expuestos anteriormente para determinar si dentro del juego base se cumplieron los objetivos trazados por el ejercicio educativo encaminados hacia la cooperación en el uso de recursos comunes.

**Figura 29. Tabla de resultados de cada familia del juego en un periodo de 4 años**

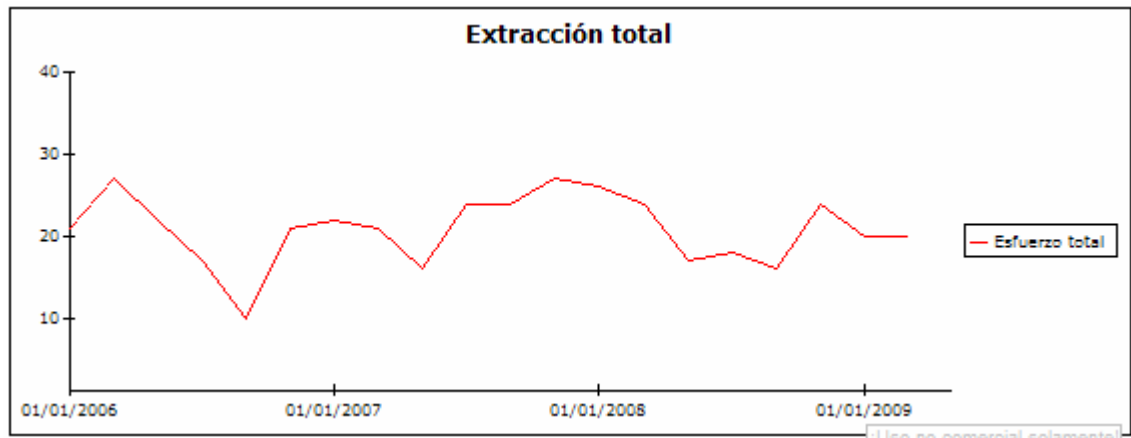
Tiempo	esfuerzo 1	esfuerzo 2	esfuerzo 3	esfuerzo 4	esfuerzo 5	Esfuerzo total	Adulta Piangua	pago promedio	pago acumulado	dor de iuadas
01/01/2006	4.00	4.00	6.00	3.00	4.00	21.00	491.478.26	551.14 per mo	0.00	1.00
01/03/2006	3.00	3.00	5.00	8.00	8.00	27.00	460.974.39	565.87 per mo	1.102.28	2.00
01/05/2006	3.00	5.00	3.00	5.00	6.00	22.00	427.807.63	491.00 per mo	2.234.03	3.00
01/07/2006	4.00	2.00	2.00	2.00	7.00	17.00	408.988.91	396.64 per mo	3.216.02	4.00
01/09/2006	1.00	3.00	1.00	1.00	4.00	10.00	401.836.29	258.74 per mo	4.009.31	5.00
01/11/2006	5.00	4.00	1.00	3.00	8.00	21.00	405.739.09	446.45 per mo	4.526.79	6.00
01/01/2007	4.00	4.00	1.00	7.00	6.00	22.00	398.332.84	451.57 per mo	5.419.68	7.00
01/03/2007	3.00	5.00	1.00	6.00	6.00	21.00	391.777.95	434.09 per mo	6.322.83	8.00
01/05/2007	2.00	6.00	2.00	1.00	5.00	16.00	387.803.16	360.48 per mo	7.191.00	9.00
01/07/2007	4.00	4.00	0.00	8.00	8.00	24.00	389.900.33	450.62 per mo	7.911.97	10.00
01/09/2007	3.00	4.00	5.00	4.00	8.00	24.00	383.023.76	455.25 per mo	8.813.21	11.00
01/11/2007	3.00	3.00	6.00	8.00	7.00	27.00	377.013.58	464.66 per mo	9.723.71	12.00
01/01/2008	3.00	4.00	5.00	8.00	6.00	26.00	368.622.42	451.92 per mo	10.653.03	13.00
01/03/2008	3.00	4.00	4.00	6.00	7.00	24.00	362.343.49	432.26 per mo	11.556.87	14.00
01/05/2008	3.00	3.00	2.00	3.00	6.00	17.00	358.668.04	350.62 per mo	12.421.38	15.00
01/07/2008	3.00	4.00	1.00	5.00	5.00	18.00	361.883.75	367.15 per mo	13.122.62	16.00
01/09/2008	1.00	4.00	1.00	4.00	6.00	16.00	362.936.85	337.37 per mo	13.856.92	17.00
01/11/2008	3.00	4.00	1.00	8.00	8.00	24.00	365.101.08	424.36 per mo	14.531.65	18.00
01/01/2009	2.00	3.00	1.00	8.00	6.00	20.00	358.362.28	381.10 per mo	15.380.37	19.00
01/03/2009	1.00	3.00	1.00	7.00	8.00	20.00	356.228.35	375.58 per mo	16.142.56	20.00
01/05/2009										

La tabla anterior muestra los resultados de los 20 turnos realizados por cada una de la familias Piangueras participantes en el juego. Además en cada turno se exhibe información de el esfuerzo total de la comunidad, el nivel de la población de Piangua en cada turno, el pago promedio para cada una de las familias en cada turno y el pago acumulado por familia durante los turnos de decisión ya tomados, y finalmente se muestra el turno en que se encuentra en cada momento de toma de decisiones.

**Figura 30. Grafica del esfuerzo realizado por cada familia en un periodo de 4 años**



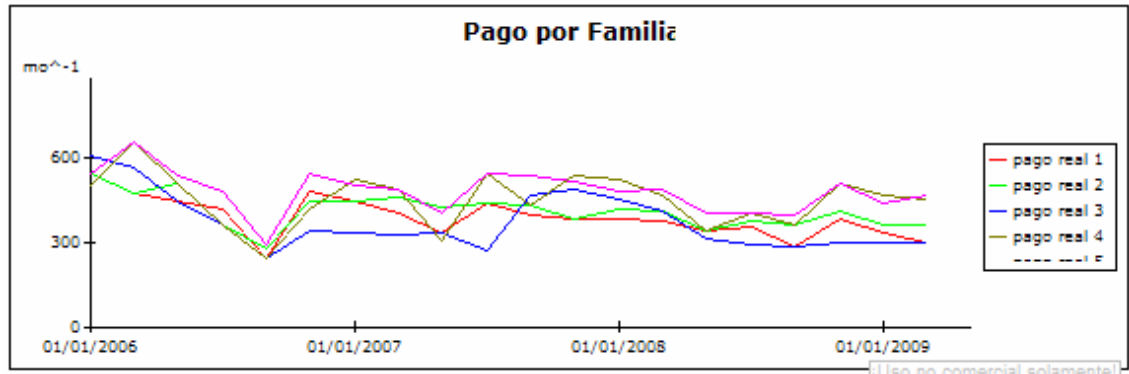
**Figura 31. Grafica del esfuerzo realizado por la comunidad en un periodo de 4 años**



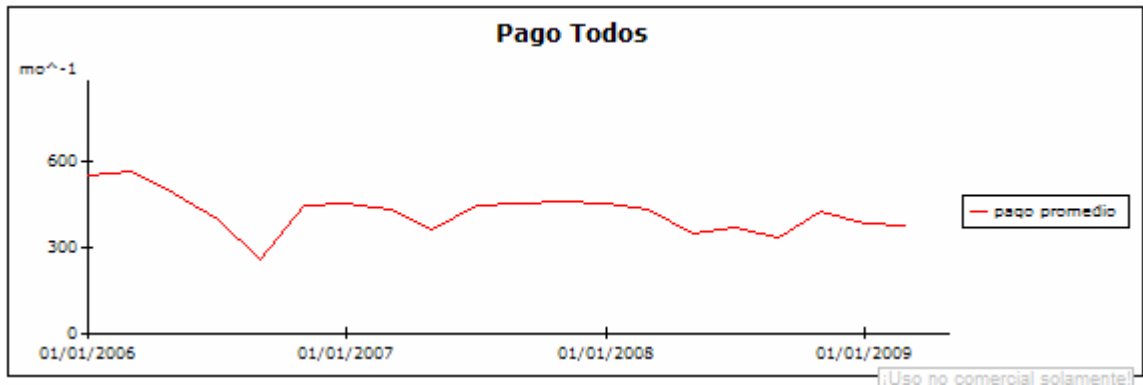
Las anteriores graficas evidencian la extracción realizada por cada una de las familias durante la ejecución del juego. La primera de ellas muestra las decisiones de extracción de cada de las familias, cada una de ellas identificada con un color diferente. A simple vista se puede observar que las decisiones de esfuerzo de las familias se encuentran concentradas en mayor proporción entre 4 y 5 unidades de esfuerzo. Así mismo se puede apreciar que la familia identificada con el color azul o número 3 se mantuvo la mayor parte del juego en valores bajos de esfuerzo, y la familia identificada con el color morado o número 5 siempre mantuvo su esfuerzo en valores superiores a 4.

La segunda grafica nos muestra la extracción total del recurso durante los 20 turnos de decisión, es decir exhibe los esfuerzos totales de la comunidad encada turno de decisión durante el ejercicio educativo con el juego de la Piangua. A simple vista se puede observar que la mayor concentración de decisiones de esfuerzo total se mantuvo dentro del rango de 15 a 25 unidades de esfuerzo. En otras palabras las decisiones de las familias en promedio oscilaron entre esfuerzos individuales de 3 a 5 unidades de esfuerzo. Podría decirse a simple vista que la comunidad durante el ejercicio educativo se mantuvo cercano al valor promedio de esfuerzo de 4 unidades. con el cual tanto el recurso como la comunidad misma podría sostenerse.

**Figura 32. Grafica del pago obtenido por cada familia en un periodo de 4 años**



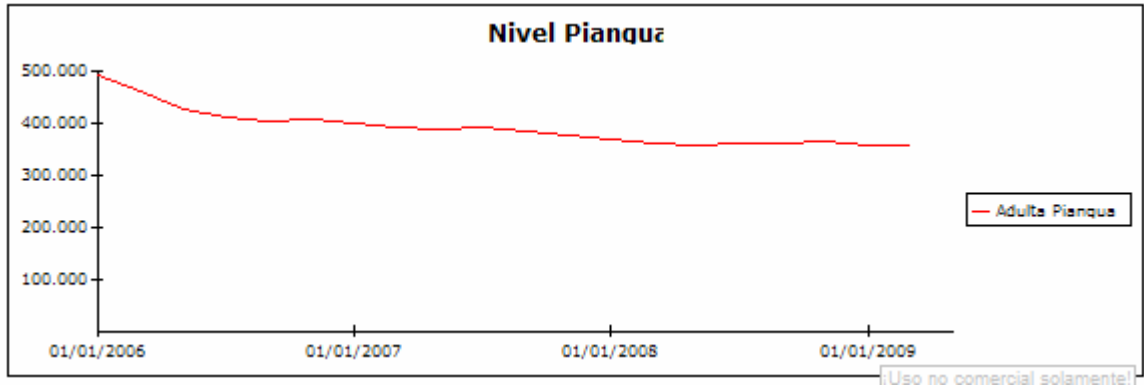
**Figura 33. Grafica del pago obtenido por la comunidad en un periodo de 4 años**



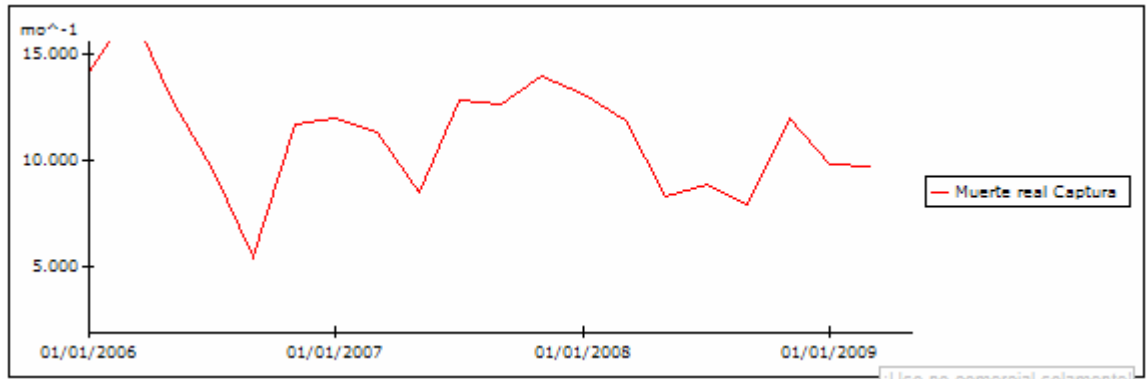
Las anteriores graficas exhiben información acerca de los pagos recibidos tanto por familia como en promedio en la comunidad. En la primera grafica se puede observar el pago obtenido por cada una de las familias participantes en el juego, la mayor concentración de pagos familiares oscila entre 400 y 500 unidades monetarias. Así mismo se observa que se hay una caída significativa en el pago en el sexto mes de toma de decisiones. En la segunda grafica se muestra el pago obtenido por todas la familias en promedio en cada turno de decisión, o en otras palabras el pago recibido por la comunidad por las decisiones tomadas durante el ejercicio. A simple vista se puede observar el pago en promedio de la comunidad se sostuvo entre 400 y 500 unidades monetarias , así mismo refleja la misma caída del sexto turno donde se obtiene un pago o ganancia por debajo de las 300 unidades monetarias. Podría decirse a simple vista que la comunidad siempre

mantuvo su nivel de beneficio económico con relación a la actividad económica de pianguar.

**Figura 34. Grafica del nivel de Piangua en un periodo de 4 años**



**Figura 35. Grafica del flujo de muertes por extracción en un periodo de 4 años**



Finalmente, en las anteriores graficas se puede observar el nivel de Piangua durante el juego, tanto el nivel poblacional como la variable muerte por captura, que indica la evolución de la muerte durante el juego. En la primera grafica se aprecia que el nivel del recurso de Piangua en el manglar se mantiene entre las 500.000 a 400.000 unidades durante el ejercicio, a simple vista se puede decir que el nivel de Piangua durante el juego no sufrió una caída drástica que le impidiera alcanzar su estado de equilibrio. En la segunda grafica se observa que la muerte causada por las decisiones de la comunidad estuvo oscilante entre las 5.000 y 13.000 unidades de Piangua durante el juego. Así mismo evidencia la caída en el nivel de esfuerzo realizado en el sexto turno de decisión que se corresponde tanto con las graficas anteriores de esfuerzo total de las familias y de pago total de la comunidad.

Una vez expuestos los resultados con el ejercicio educativo, se procede a realizar el análisis de los mismos a la luz de los criterios de cooperación antes explicados.

**Criterio de Nash**

Como se expuso anteriormente el criterio de Nash aduce que el punto de equilibrio del juego de la Piangua se encuentra en el valor de esfuerzo individual de 4 unidades o de esfuerzo total de 20 unidades. Es decir, en dicho valor las familias podrán obtener el mayor beneficio económico en colectivo que si cada una de ellas actúa por separado.

En la siguiente tabla se muestran los valores correspondientes al esfuerzo total de la comunidad en los 20 turnos de decisión que se llevaron a cabo durante el juego. Así mismo se observa la cantidad establecida para considerar que se llevo a cabo oportunismo o alta cooperación en cada turno, 25 y 15 unidades respectivamente. Es decir, con un esfuerzo total por encima de 25 unidades se considera como un comportamiento oportunista y por el contrario un esfuerzo de 15 unidades es considerado un comportamiento altamente cooperativo. Hay que recordar aquí que el punto de equilibrio de Nash esta dado por un valor de esfuerzo total de 20 unidades, la elección de 15 y 25 unidades de esfuerzo total para representar la cooperación y el oportunismo se hizo teniendo en cuenta que si el punto de equilibrio es 20 unidades y que un oportunismo puro estaría representado por 40 unidades de esfuerzo total, entonces se decidió asumir un valor cercano por debajo y por encima a 20 unidades y realista para representarlos.

**Tabla. 2 Esfuerzo total de la comunidad a la luz del criterio de Nash**

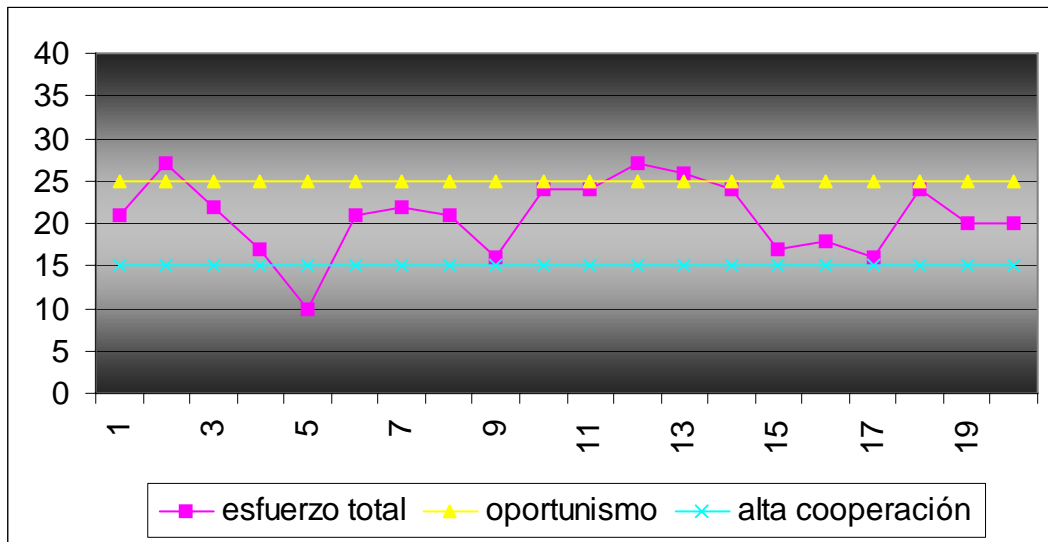
Turno	Esfuerzo total	Oportunismo	Alta cooperación
1	21	25	15
2	27	25	15
3	22	25	15
4	17	25	15
5	10	25	15
6	21	25	15
7	22	25	15
8	21	25	15
9	16	25	15
10	24	25	15
11	24	25	15
12	27	25	15
13	26	25	15
14	24	25	15
15	17	25	15
16	18	25	15

17	16	25	15
18	24	25	15
19	20	25	15
20	20	25	15

Se aprecia entonces en la grafica los esfuerzos realizados por la comunidad Piangüera en el ejercicio educativo, identificada con el color rosa. Así mismo se observa la línea trazada en el valor de 15 unidades de esfuerzo de color azul claro que presenta una alta cooperación de la comunidad, y la línea de color amarillo que representa decisiones oportunistas de la comunidad. A través de la grafica se puede observar que durante el juego la mayor parte de las decisiones de la comunidad oscilaron entre 15 y 25 unidades de esfuerzo total. A la luz del criterio de Nash se podría decir que la comunidad Piangüera mostró comportamientos cooperativos, no altamente cooperativos pues para ello tendría que haberse encontrado por debajo de 15 unidades de esfuerzo total. Así mismo se puede afirmar que dicha comunidad en tres momentos del juego obtuvo valores por encima de 25 unidades de esfuerzo indicando con ello que vivieron por x o y circunstancias momentos de oportunismo dentro del juego.

En general a la luz del criterio de Nash se puede afirmar que las familias Piangüeras participantes durante el ejercicio educativo tomaron decisiones en torno a al beneficio de toda la comunidad, es decir aunque no siempre tomaron la decisión que enuncia el equilibrio de Nash la mayor parte del tiempo se encontraron cercano a dicho valor, lo cual les permitió sostener tanto el recurso como la comunidad misma, cumpliendo así con los dos objetivos trazados al inicio del juego. Además hay que resaltar que dichos resultados cooperativos también se hicieron posible gracias a los acuerdos establecidos por la comunidad misma durante el desarrollo del juego.

**Figura 36. Grafica del esfuerzo total de la comunidad a la luz del criterio de Nash**



**Criterio de supervivencia**

Como se aduce en el criterio de supervivencia expuesto anteriormente para el caso de la población del recurso Piangua en el Manglar del Parque Nacional Natural Sanquianga dicho criterio permite conocer cuanto del recurso logra la supervivencia dentro del juego. Es decir, cuanto del recurso logra sobrevivir o no, dicha supervivencia esta determinada por el factor de resiliencia de la misma, es decir la relación entre la cantidad que muere del recurso y la cantidad del recurso que logra regenerarse.

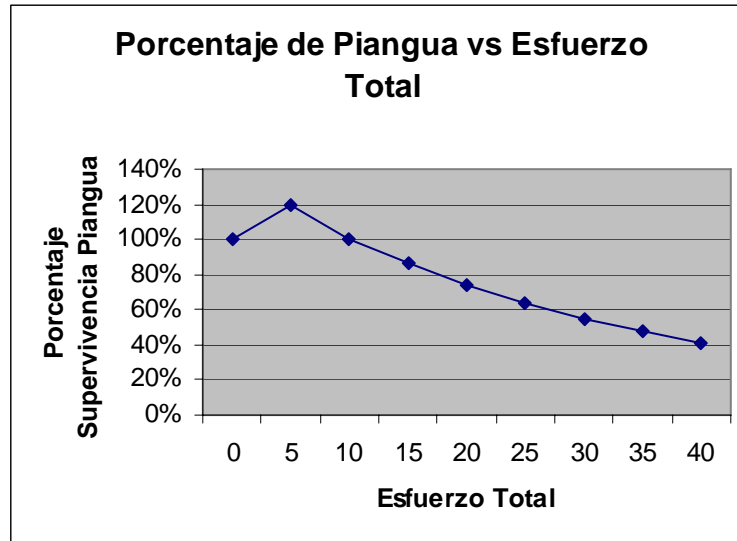
En la siguiente tabla se puede observar la relación existente entre el esfuerzo total de la comunidad, el nivel de población de Piangua existente con relación a dicho esfuerzo y el porcentaje del recurso que logra sobrevivir a pesar de la intervención humana. Además se puede apreciar como a medida que el esfuerzo total de la comunidad Piangüera crece el nivel poblacional del recurso presenta una disminución considerable, así mismo mediante dicha relación se puede observar la proporción en que la Piangua logra alcanzar la supervivencia a pesar del incremento en las decisiones de esfuerzo de la comunidad. La presente relación entre el esfuerzo total y el nivel de Piangua se hace teniendo en cuenta que a mayor sea la decisión de esfuerzo de la comunidad la probabilidad de supervivencia del recurso tiende a disminuir.

**Tabla. 3. El esfuerzo total de la comunidad y el nivel de Piangua en el manglar a la luz del criterio de supervivencia**

Esfuerzo total	Nivel población de Piangua	Porcentaje supervivencia de Piangua
0	491.478	100%
5	588.214	120%
10	500.763	100%
15	427.382	87%
20	365.706	74%
25	313.776	64%
30	269.969	55%
35	232.940	47%
40	201.575	41%

En la siguiente grafica se observa la relación de los datos de la tabla anterior, exponiendo entonces una curva decreciente a medida que el esfuerzo de toda la comunidad aumenta, es decir si la comunidad no logra crear acuerdos o actúa de manera individualista el esfuerzo total tiende a aumentar y por ende la probabilidad de supervivencia del recurso tiende a disminuir, en otras palabras existe una relación inversa entre el esfuerzo total de la comunidad y el porcentaje población de Piangua que logra sobrevivir a la actividad de Pianguar.

**Figura 37. Esfuerzo total de la comunidad y el nivel de Piangua en el manglar a la luz del criterio de supervivencia**



En la siguiente tabla se realiza un seguimiento de la población de Pianguas en el manglar del PNNS, en ella se aprecia como la se encuentra el punto de quiebre que posee el recurso para regenerarse, es decir, a través de la siguiente tabla se enuncia en que punto el factor de resiliencia no es suficiente para lograr la supervivencia del recurso en el manglar. Como se dijo anteriormente el factor de resiliencia es la relación existente entre los nacimientos y las muertes del recurso ya sean por causas naturales o a causa de la intervención del hombre. Se puede apreciar entonces en la tabla la tasa de natalidad la cual es fija durante todo el juego al igual que la tasa de mortalidad por causa natural y por captura de la comunidad. el valor que varia aquí es el esfuerzo que realiza la comunidad, se realizó la prueba con incremento del esfuerzo individual desde 1 a 8 por familia o de 5 a 40 por toda la comunidad, una vez se varió el esfuerzo se llevó a cabo una relación entre el esfuerzo y los 20 turnos de decisión para obtener en promedio por turno cual es la captura, así mismo se llevó a acabo la relación entre los nacimientos y las muertes (naturales y por captura) para determinar el flujo de salida del nivel de Piangua, y con ello determinar el factor de resiliencia del recurso por cada esfuerzo total de la comunidad. Por ejemplo se observa que al realizar la comunidad un esfuerzo total de 15 la entrada al nivel poblacional es decir los nacimientos son mayores que las muertes y permite la regeneración del recurso, en cambio si la comunidad realiza un esfuerzo de 6 las muertes causadas a el recurso son mayores que los nacimientos y por ende el factor de resiliencia del recurso no es suficiente para poder lograr la sostenibilidad del mismo.

**Tabla. 4. Seguimiento y punto de resiliencia del recurso Piangua**

Tasa natalidad	Tasa mortalidad natural	Tasa mortalidad captura	Esfuerzo total	Esfuerzo promedio		Flujo de salida
<b>n</b>	<b>mn</b>	<b>Mc</b>	<b>E</b>	<b>e/20</b>	<b>mce/20</b>	<b>mn+mce/20</b>
0,073	0,051	0,027	5	0,25	0,00675	0,05775
0,073	0,051	0,027	10	0,5	0,0135	0,0645
0,073	0,051	0,027	15	0,75	0,02025	0,07125
0,073	0,051	0,027	20	1	0,027	0,078
0,073	0,051	0,027	25	1,25	0,03375	0,08475
0,073	0,051	0,027	30	1,5	0,0405	0,0915
0,073	0,051	0,027	35	1,75	0,04725	0,09825
0,073	0,051	0,027	40	2	0,054	0,105

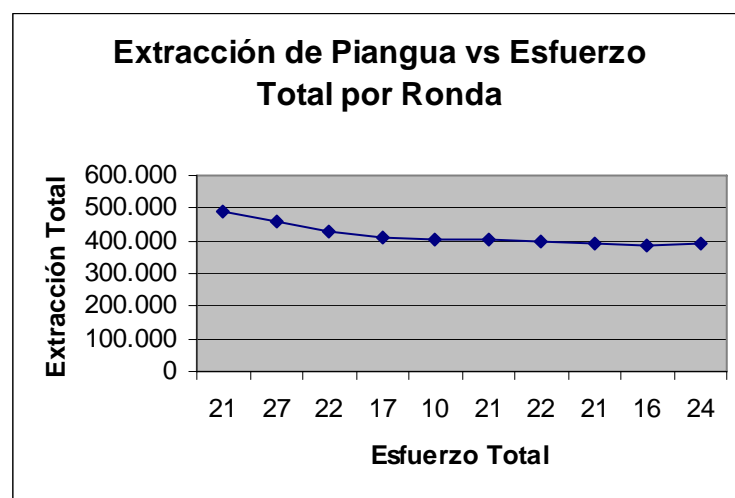
En las siguientes tablas se observa la relación antes expuesta entre el esfuerzo total realizado por la comunidad Pianguera y el nivel de población de Piangua durante cada uno de los 20 turnos de toma de decisiones. Se puede apreciar en la primera tabla como mediante la relación de esfuerzo que realiza la comunidad en cada uno de los 10 primeros turnos de decisión el nivel poblacional del recurso va siendo decrementado, pasó de tener un nivel de 491.478 a 398.900, se podría afirmar que durante la primera ronda de decisiones en el juego la comunidad consumió del recurso cerca de un 22%.

**Tabla 5. Nivel de Piangua en el manglar con relación al esfuerzo total de la comunidad realizado durante la ronda 1**

Número de Turno	Esfuerzo Total Primera Etapa	Nivel de Piangua
1	21	491.478
2	27	460.974
3	22	427.807
4	17	408.988
5	10	401.386
6	21	405.739
7	22	398.332
8	21	391.777
9	16	387.803
10	24	389.900
Promedio	20	416.418

En la siguiente grafica se exponen los datos de la anterior tabla y se puede apreciar en ella la variación del nivel de extracción de Piangua que efectuó la comunidad a medida que variaba el esfuerzo total durante la realización del juego. A simple vista se podría afirmar que la curva en las tres primeras decisiones presenta una caída que logra estabilizarse entre las 390.000 Pianguas.

**Figura 38. Grafica del nivel de Piangua en el manglar con relación al esfuerzo total de la comunidad realizado durante la ronda 1**



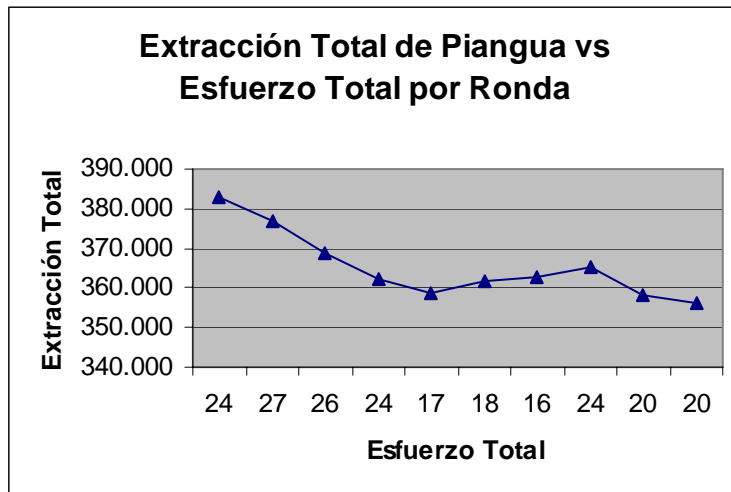
En la siguiente tabla se puede apreciar las decisiones de la segunda ronda de toma de decisiones durante el juego, allí se observa como mediante la relación de esfuerzo que realiza la comunidad en cada uno de los 10 siguientes turnos de decisión el nivel poblacional del recurso va siendo decrementado, aunque en una menor proporción, pasó de tener un nivel de 383.023 a 356.228, se podría afirmar que durante la segunda ronda de decisiones en el juego, la comunidad consumió del recurso sólo cerca de un 7%, es decir, la comunidad logró entender la relación directa que existe entre el esfuerzo total que realiza la comunidad y el nivel poblacional del recurso Piangua. Además hay que añadir que durante esta segunda ronda de decisiones los participantes lograron crear acuerdos de cooperación con relación al esfuerzo a realizar en el manglar.

**Tabla. 6. Nivel de Piangua en el manglar con relación al esfuerzo total de la comunidad realizado durante la ronda 2**

Número de Turno	Esfuerzo Total Segunda Etapa	Nivel de Piangua
11	24	383.023
12	27	377.013
13	26	368.622
14	24	362.343
15	17	358.668
16	18	361.883
17	16	362.936
18	24	365.101
19	20	358.362
20	20	356.228
Promedio	22	365.418

En la siguiente grafica se puede observar la curva que presentan los datos de la anterior tabla. Se puede apreciar como fue la trayectoria de la relación entre el esfuerzo que realizó la comunidad en la segunda ronda de toma de decisiones y el nivel poblacional del recurso. Aunque a simple vista se observa una caída y posterior recuperación, dicho comportamiento se representa entre valores muy cercanos es decir, la caída no es tan significativa como la de la primera ronda, pues los valores oscilan entre 380.000 y 358.000. Podría además decirse que la mayoría de las decisiones afectaron al recurso entre los valores de 358.000 y 368.000 Pianguas y que el recurso presenta una regeneración del mismo, es decir, la actividad de piangüar o el efecto de la comunidad sobre el recurso no alcanzo valores que le restringieran alcanzar el equilibrio biológico para sobrevivir en el manglar. Dado que la población de Piangua logra recuperarse de la actividad ejercida por la población la misma población también logra sostenerse económicamente de dicha actividad, cumpliendo así con los dos objetivos trazados al inicio del juego, la sostenibilidad del recurso Piangua en el manglar y la sostenibilidad de la misma comunidad Piangüera.

**Figura 39. Grafica del Nivel de Piangua en el manglar con relación al esfuerzo total de la comunidad realizado durante la ronda 2**



### **Criterio de confianza**

Como se enunció anteriormente en el criterio de confianza, la confianza es uno de los aspectos primordiales para generar la cooperación entre individuos. Una vez se activa la confianza en el jugador, el ciclo de cooperación inmerso en el juego se activa y genera otras reacciones de la comunidad hacia el jugador como son la reputación de cooperador y la reciprocidad que puede ganar dicho jugador por parte de los demás miembros de la misma. En otras palabras el cumplir las normas de comportamiento acordadas previamente por la comunidad refuerza tanto el comportamiento cooperativo como la sostenibilidad del recurso, pero además fortalece las relaciones existentes entre los miembros de la comunidad, en el caso del juego entre los jugadores.

Para llevar a cabo el análisis del criterio de confianza entre los participantes en el juego el mecanismo utilizado fue la votación que cada uno de los participantes tiene o percibe con relación a los demás miembros de la comunidad. Cada familia en cada turno de decisión vota con relación a la confianza en los otros entre valores cualitativos de Baja (1), Media (3) y Alta (5) confianza. Dado que la confianza se crea a través del tiempo, para representar mejor la realidad el calculo de confianza que posee la comunidad en la misma comunidad se da con dos turnos de atraso, es decir para calcular la confianza se toman como base los dos primeros turnos y se promedia para obtener la confianza promedio del tercer turno.

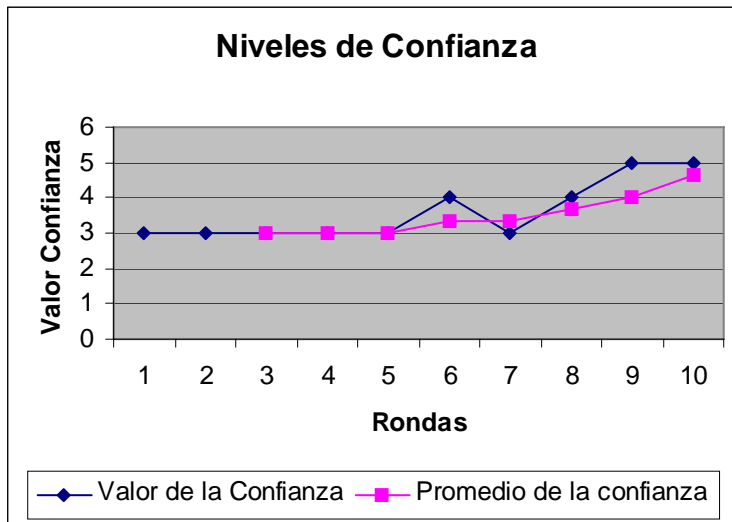
En la siguiente tabla se observan los datos con relación a la confianza de la primera ronda de decisiones. En cada turno se observa la decisión tomada por la comunidad en mayoría, es decir, cada familia vota por la confianza que tiene en el resto de la comunidad y se realiza un acto democrático en donde la mayoría gana. Por ejemplo en el turno 9 de decisión la confianza que tenía la comunidad era alta representada con un valor de 5, el valor promedio de confianza para ese turno fue de 4,0 pues como se dijo anteriormente la confianza se calcula con los dos turnos anteriores. Se puede decir que la confianza de los participantes en la primera ronda del juego fue en promedio media, aunque en algunos turnos al final de la ronda la confianza presentó un crecimiento.

**Tabla 7. Promedio de confianza percibido en la comunidad durante la ronda 1**

Número de Turno	Voto de confianza	Valor de Confianza	Promedio de Confianza
1	M	3	
2	M	3	
3	M	3	3,000
4	M	3	3,000
5	M	3	3,000
6	M-A	4	3,333
7	M	3	3,333
8	M-A	4	3,667
9	A	5	4,000
10	A	5	4,667
PROMEDIO			3

En la siguiente grafica se observa la relación entre el valor de la confianza en cada turno y el promedio de confianza que exhibió la comunidad durante la primera ronda de decisiones. Se puede apreciar en dicha grafica que la confianza en promedio, representada por el color rosa, despliega un comportamiento creciente desde el turno 5 de decisión de la primera ronda. Se podría afirmar que la confianza desplegada por los participantes en el ejercicio educativo en la primera ronda tendió a crecer, o en otras palabras el capital social de la comunidad se vio fortalecido a medida que transcurría el juego.

**Figura 40. Grafica del voto de confianza en cada turno y promedio de la confianza percibida en la comunidad durante la ronda 1**



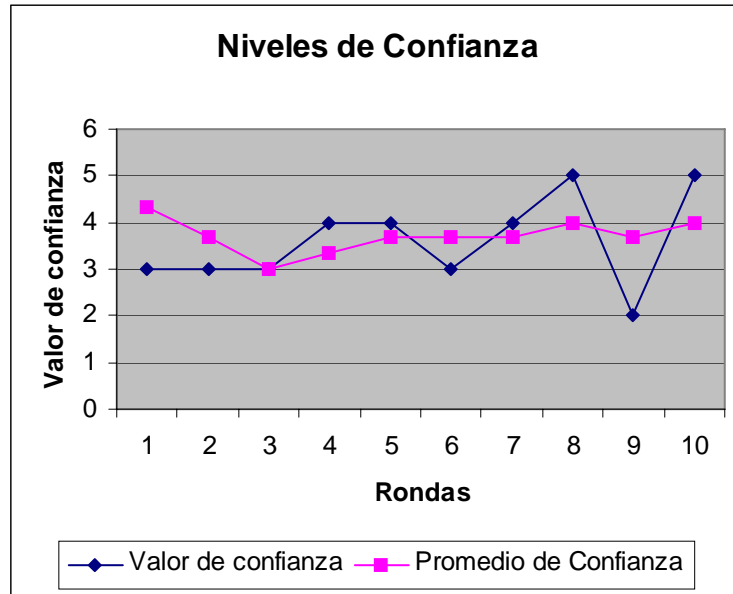
En la siguiente tabla se observan los datos con relación a la confianza de la segunda ronda de decisiones. En cada turno se observa la decisión tomada por la comunidad en mayoría, al igual que en la primera ronda, es decir, cada familia vota por la confianza que tiene en el resto de la comunidad y se realiza un acto democrático en donde la mayoría gana. En el caso del turno 15 de decisión la confianza que tenía la comunidad era media-alta, es decir estaba representada con un valor de 4,0 y el valor promedio de confianza para ese turno fue de 3,66 dado que la confianza se calcula con los dos turnos anteriores, además se aprecia que la confianza en promedio es menor en ese turno que la confianza que percibe la comunidad del resto de la comunidad, es decir, la confianza acumulada en los turnos anteriores es menor que la confianza que poseen del actuar de la comunidad en dicho turno. Se puede decir que la confianza de los participantes en la segunda ronda del juego fue en promedio media-alta, exhibiendo así un crecimiento en relación a la ronda pasada, aunque en algunos turnos la confianza presento un decrecimiento.

**Tabla 8. Promedio de confianza percibido en la comunidad durante la ronda 2**

Número de Turno	Voto de confianza	Valor de Confianza	Promedio de Confianza
11	M	3	4,333333333
12	M	3	3,666666667
13	M	3	3,000
14	M-A	4	3,333
15	M-A	4	3,667
16	M	3	3,667
17	M-A	4	3,667
18	A	5	4,000
19	B-A	2	3,667
20	A	5	4,000
PROMEDIO			4

En la siguiente grafica se observa la relación entre el valor de la confianza en cada turno y el promedio de confianza que exhibió la comunidad durante la segunda ronda de toma de decisiones. Se puede apreciar en dicha grafica que la confianza en promedio, representada por el color rosa, despliega en los primeros turnos un comportamiento decreciente y desde el turno 4 de decisión empieza a crecer sostenidamente. Se podría afirmar que la confianza desplegada por los participantes en el ejercicio educativo en la segunda ronda tendió a crecer, a pesar de la desconfianza suscitada en los primeros turnos de la segunda ronda, en otras palabras el capital social de la comunidad se vio fortalecido a medida que transcurría el juego, aún a pesar de desplegar en ciertos momentos desconfianza en la misma comunidad. Así mismo se puede afirmar que la confianza de los participantes durante el juego fue ganando terreno y permitió el surgimiento de acciones cooperativas que redundaron en el cumplimiento de los acuerdos pactados y del reforzamiento del capital social de la comunidad Piangüera.

**Figura 41. Grafica del voto de confianza en cada turno y promedio de la confianza percibida en la comunidad durante la ronda 2**



En las tablas y graficas que se exponen a continuación se realiza un análisis de la relación entre la confianza y el esfuerzo total realizado por la comunidad.

### **Confianza vs esfuerzo total**

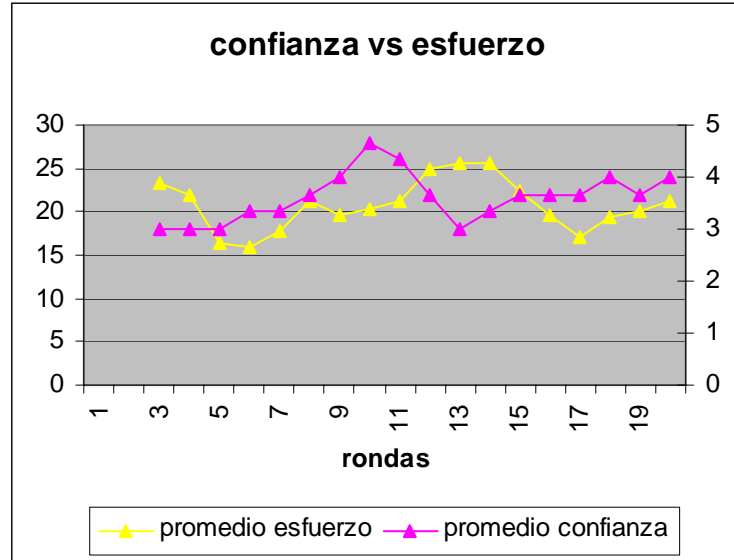
En primer lugar, la tabla expuesta a continuación presenta la relación establecida entre el esfuerzo total de la comunidad y la confianza promedio en cada turno de decisión durante todo el juego. Se aprecia entonces que por ejemplo en el turno 9 el esfuerzo total ejercido por la comunidad en dicho turno fue de 16, indicando así que cada familia en promedio realizó un esfuerzo individual de 3,5 siendo este ya un valor que indica cooperación. Así mismo se refleja que el esfuerzo total de la comunidad en promedio realizado hasta dicho turno es de 20 y la confianza en promedio para dicho turno es de 4,0 es decir que en el turno en mención la comunidad contaba con un nivel de confianza medio-alto, que en cierta medida le permitió un actuar guiado hacia la cooperación.

**Tabla. 9. Promedio de la confianza percibida en la comunidad durante el juego con relación al promedio del esfuerzo realizado por la comunidad**

Número de Turno	Esfuerzo Total	Promedio esfuerzo	Promedio confianza
1	21		
2	27		
3	22	23	3,000
4	17	22	3,000
5	10	16	3,000
6	21	16	3,333
7	22	18	3,333
8	21	21	3,667
9	16	20	4,000
10	24	20	4,667
11	24	21	4,333333333
12	27	25	3,666666667
13	26	26	3
14	24	26	3,333333333
15	17	22	3,666666667
16	18	20	3,666666667
17	16	17	3,666666667
18	24	19	4
19	20	20	3,666666667
20	20	21	4

En segundo lugar, la grafica a continuación expone el comportamiento presentado con los datos de la tabla anterior; en donde el esfuerzo total realizado en promedio por la comunidad y la confianza promedio percibida por la misma se ven a través del tiempo. A simple vista podría afirmarse que la curva de la confianza representada por el color rosa va en contravía de la curva del esfuerzo total en promedio de la comunidad, es decir, que a medida que las familias Piangueras van ganando confianza unas con otras es mas fácil generar y respetar acuerdos con relación al esfuerzo y por ende relacionados con comportamientos cooperativos. En otras palabras, a medida que los niveles de confianza en la comunidad van siendo mayores, es decir, la comunidad confía más en el actuar de sus miembros la probabilidad de realizar esfuerzos que revelen comportamientos oportunistas es menor, por el contrario cada vez que se refuerza la confianza el capital social con que cuenta la comunidad se ve fortalecido y por ende puede generar mas fácilmente procesos de cooperación guiados hacia la sostenibilidad del recurso y a su vez de la misma comunidad.

**Figura 42. Promedio de la confianza percibida en la comunidad durante el juego con relación al promedio del esfuerzo realizado por la comunidad**



**Esfuerzo vs criterio de Nash**

A continuación se exhibe un análisis de los resultados del juego con relación al esfuerzo realizado por cada una de las familias en cada turno de decisión a la luz del criterio de Nash. Es decir, se hace un análisis del esfuerzo por familia y el esfuerzo total de la comunidad en relación al criterio definido para evidenciar cooperación u oportunismo en las decisiones de esfuerzo.

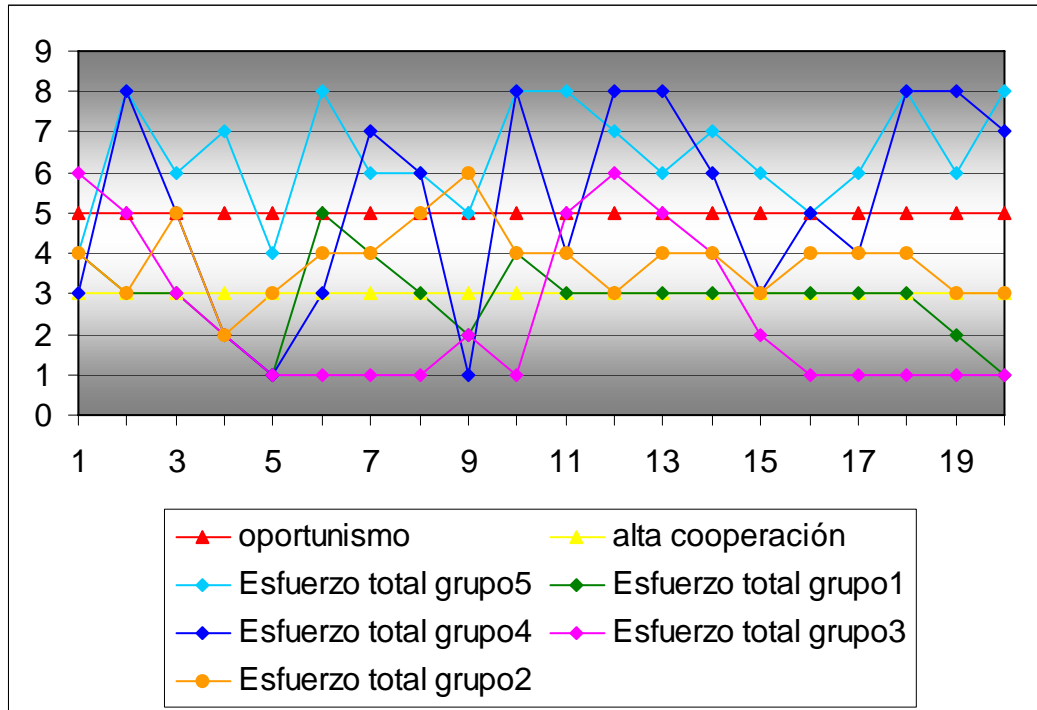
En primer lugar, la tabla expuesta a continuación presenta la relación establecida entre el esfuerzo total realizado por cada una de la familias de la comunidad, el esfuerzo total realizado por la comunidad y las franjas de oportunismo y alta cooperación establecidas en el criterio de Nash para identificar a través del esfuerzo si la familia o comunidad despliega comportamientos individuales o colectivos en cada turno de decisión durante todo el juego. Cabe recordar que para el criterio de Nash establecido anteriormente, un valor de esfuerzo de 3 implica ya una alta cooperación por parte de la comunidad o de la familia que ejerza dicho esfuerzo y un valor de esfuerzo individual de 5 representa ya un acto oportunista dentro de la comunidad.

**Tabla. 10. Esfuerzo realizado por cada familia durante el juego a la luz del criterio de Nash**

Turno	Esfuerzo total Familias	Oportunismo	Alta cooperación	Esfuerzo total Familia1	Esfuerzo total Familia2	Esfuerzo total Familia3	Esfuerzo total Familia4	Esfuerzo total Familia5
1	21	5	3	4	4	6	3	4
2	27	5	3	3	3	5	8	8
3	22	5	3	3	5	3	5	6
4	17	5	3	2	2	2	2	7
5	10	5	3	1	3	1	1	4
6	21	5	3	5	4	1	3	8
7	22	5	3	4	4	1	7	6
8	21	5	3	3	5	1	6	6
9	16	5	3	2	6	2	1	5
10	24	5	3	4	4	1	8	8
11	24	5	3	3	4	5	4	8
12	27	5	3	3	3	6	8	7
13	26	5	3	3	4	5	8	6
14	24	5	3	3	4	4	6	7
15	17	5	3	3	3	2	3	6
16	18	5	3	3	4	1	5	5
17	16	5	3	3	4	1	4	6
18	24	5	3	3	4	1	8	8
19	20	5	3	2	3	1	8	6
20	20	5	3	1	3	1	7	8

A la luz del criterio de Nash los anteriores datos son expuestos en la siguiente grafica exhibiendo las decisiones por familia durante todo el juego. Cada una de las familias esta identificada con un color diferente y con un número de grupo o familia que fue asignado al iniciar el juego. Así mismo la franja establecida para indicar el oportunismo se encuentra identificada con el color rojo y la línea de color amarillo indica la franja establecida para indicar alta cooperación.

**Figura 43. Esfuerzo realizado por cada familia durante el juego a la luz del criterio de Nash**



Una vez graficados cada uno de los conjuntos de esfuerzos por familia o grupo de participantes en cada turno del juego, se procede a realizar un análisis de cooperación u oportunismo a la luz del criterio de Nash. Así por ejemplo se puede apreciar que la familia identificada con el color verde o el grupo 1 la mayor parte (16 turnos) del tiempo se encontró en valores altamente cooperativos o de cooperación básica (3 turnos), es decir, se mantuvo en decisiones que no sobrepasaban un esfuerzo individual de 4. A pesar de haber actuado la mayoría del tiempo cooperativamente pensando en el beneficio colectivo, dicha familia al final del juego no obtuvo el menor esfuerzo en total con relación a las otras familias, es decir la sumatoria de sus esfuerzos durante el juego dio como resultado 58 unidades, y el grupo 3 identificado con el color rosa obtuvo el menor esfuerzo acumulado en el juego, 50 unidades. A la luz del criterio de Nash, la familia más cooperadora a pesar de no haber obtenido el menor esfuerzo acumulado durante el juego es la familia o grupo 1, pues durante mayor tiempo sus decisiones se encontraron por debajo de 4 unidades de esfuerzo indicando con ello por un lado, una racionalidad cooperativa al tomar decisiones sobre recursos de uso común, y por otro que la construcción de capital social a partir de acuerdos y de acciones en torno a la cooperación son posibles cuando esta de por medio la sostenibilidad de recursos comunes y la misma sostenibilidad familiar, es

decir, que a pesar de tentación posible hacia un actuar individualista es factible que en una comunidad se genere la cooperación.

A la par de la cooperación en el juego también se presenta el oportunismo. Si se observa la anterior grafica se puede apreciar por ejemplo la familia o grupo 5 identificado con el color azul claro, la mayor parte (18 turnos) del tiempo se encontró por encima del valor de esfuerzo 5, recordando que según el criterio de Nash establecido el encontrarse sobre dicho valor indica un comportamiento oportunista o racionalidad individualista durante la mayor parte del juego. Además dicho comportamiento se corrobora al realizar la sumatoria de los esfuerzos en los 20 turnos de decisión, dicho valor es de 129 unidades de esfuerzo es decir que en promedio la familia 5 durante el juego, decidió realizar un esfuerzo individual de 6,5 en cada turno en el manglar.

Además hay que añadir que durante la segunda ronda de decisiones la comunidad Pianguera decidió crear normas de comportamiento guiadas hacia la cooperación con relación al esfuerzo individual a realizar por cada familia o grupo, dado lo anterior si se observa la grafica anterior a pesar de dicha regla o norma de la comunidad la familia 5 siguió actuando de manera individualista, es decir incumpliendo el acuerdo establecido. Según Ostrom dicho comportamiento de oportunismo siempre se encuentra presente en el dilema de los comunes a pesar de las normas de cooperación establecidas por la comunidad, pues siempre existe alguien que se aprovecha de la cooperación y la buena voluntad de los demás individuos de la comunidad en pro de un beneficio colectivo para él alcanzar el mayor beneficio individual; y en el juego, este caso no fue la excepción. Si se observa detenidamente no solo la familia 5 actuó de manera oportunista pues a la par de ella se encontraba la familia 4 identificada con el color azul. Dicha familia en más del 70% del juego se encontró en valores por encima de 5 unidades de esfuerzo y en total su esfuerzo durante todo el juego fue de 105 unidades, es decir que en cada turno en promedio la familia decidió realizar un esfuerzo de 5,3 en todo el juego. Se podría afirmar a la luz del criterio de Nash y el esfuerzo realizado por cada una de las familias que el juego de la Piangua brinda la posibilidad de generar comportamientos cooperativos pero a su vez no deja de lado la posibilidad de comportamientos oportunistas en los jugadores, en el caso del juego en análisis tres de las familias cooperaron durante todo el juego y las dos restantes ejercieron el oportunismo.

### **Depredación vs cooperación**

Además de las anteriores exploraciones con los resultados del juego de la Piangua, se llevó a cabo un análisis entre la variación del nivel poblacional de la Piangua con relación a la variación del esfuerzo de toda la comunidad, es decir, como la variación entre comportamientos cooperativos u oportunistas afectan la sostenibilidad del recurso en el manglar.

En la siguiente tabla se observa como al variar el nivel de esfuerzo de toda la comunidad el nivel poblacional del recurso se ve afectado. La primera casilla de la tabla corresponde al turno en el cual se tomaron las decisiones de esfuerzo, la siguiente corresponde al esfuerzo total del grupo efectuado durante la ejecución del juego, la siguiente casilla hace referencia al nivel poblacional de Piangua obtenido una vez tomada la decisión de esfuerzo en cada turno, las siguientes casillas corresponden a la variación del esfuerzo total de la comunidad y su relación con el nivel poblacional del recurso. Por ejemplo si observamos la cuarta columna, identificada con el encabezado esfuerzo total con 1, dicha columna indica que si todas las familias eligieran o se pusieran de acuerdo y efectivamente tomaran la decisión de realizar cada una en cada turno un esfuerzo de 1, el total de esfuerzo de la comunidad sería 5; y el efecto de tal decisión se ve reflejado en la siguiente columna identificada con el encabezado nivel Piangua con 1, es decir allí se evidencia el nivel del daño causado por las decisiones de la comunidad al recurso, en otras palabras se ve el nivel actual de la Piangua de acuerdo a la decisión tomada de un esfuerzo individual de 1. seguidamente se realiza el mismo ejercicio de simulación con la variación del parámetro de decisión de esfuerzo individual de la familia para un esfuerzo total de 3, de 6 y 8 respectivamente. La elección de los esfuerzos a variar y simular se llevo a cabo de manera arbitraria teniendo en cuenta los más representativos dentro del espectro de 1 a 8.

A simple vista se puede realizar una comparación entre la variación del nivel de la Piangua con relación al esfuerzo que se llevó a cabo durante el juego y la variación del mismo nivel con el supuesto comportamiento si se hubiese realizado, por ejemplo si observamos en el turno 15 el esfuerzo que la comunidad realizó fue 17 y el nivel de la población de Piangua en ese momento fue de 358.668, es decir había bajado la población en un 27%. Si la comunidad hubiese actuado de forma cooperativa, es decir, si hubiese elegido realizar un esfuerzo por familia de 3, la variación del nivel de recurso hubiese sido solo de un 13%. Si por el contrario la comunidad hubiese decidido realizar un esfuerzo por familia de 6, la variación del nivel poblacional de la Piangua hubiese sido de un 41%, es decir casi la mitad del recurso de hubiese consumido antes cinco turnos antes de terminar el juego. En otras palabras, se hubiese depredado el recurso y no habría la posibilidad de regeneración del mismo.

Cabe resaltar que los esfuerzos utilizados en esta parte para realizar la comparación no son los más cooperativos ni los más oportunistas se escogieron para representar una comparación más cercana a la realidad.

**Tabla. 11. Relación del nivel poblacional del recurso Piangua con relación a la variación del nivel de esfuerzo de toda la comunidad**

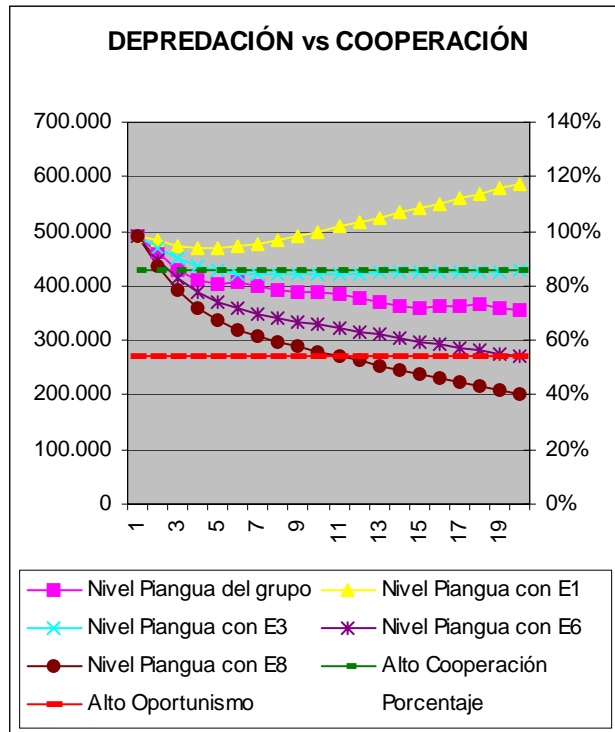
Turno	Esfuerzo total grupo	Nivel Piangua del grupo	Esfuerzo total con 1	Nivel Piangua con E1	Esfuerzo total con 3	Nivel Piangua con E3	Esfuerzo total con 6	Nivel Piangua con E6	Esfuerzo total con 8	Nivel Piangua con E8
1	21	491.478	5	491.478	15	491.478	30	491.478	40	491.478
2	27	460.974	5	482.490	15	469.042	30	448.871	40	435.424
3	22	427.807	5	474.553	15	449.846	30	414.165	40	391.297
4	17	408.988	5	470.164	15	436.039	30	388.511	40	359.177
5	10	401.386	5	469.632	15	427.351	30	370.411	40	336.469
6	21	405.739	5	472.328	15	422.607	30	357.666	40	320.146
7	22	398.332	5	477.373	15	420.521	30	348.288	40	307.699
8	21	391.777	5	483.962	15	420.030	30	340.806	40	297.377
9	16	387.803	5	491.488	15	420.381	30	334.265	40	288.107
10	24	389.900	5	499.544	15	421.099	30	328.120	40	279.316
11	24	383.023	5	507.885	15	421.921	30	322.102	40	270.743
12	27	377.013	5	516.383	15	422.721	30	316.105	40	262.303
13	26	368.622	5	524.985	15	423.453	30	310.112	40	253.997
14	24	362.343	5	533.674	15	424.115	30	304.140	40	245.852
15	17	358.668	5	542.457	15	424.718	30	298.216	40	237.902
16	18	361.883	5	551.347	15	425.282	30	292.367	40	230.169
17	16	362.936	5	560.357	15	425.820	30	286.609	40	222.668
18	24	365.101	5	569.500	15	426.345	30	280.954	40	215.404
19	20	358.362	5	578.783	15	426.685	30	275.407	40	208.374
20	20	356.228	5	588.214	15	427.382	30	269.969	40	201.575

En la siguiente grafica se encuentra la simulación de la variación del esfuerzo y los efectos de la misma en el nivel de población de la Piangua. Cada una de las trayectorias de las posibles consecuencias de los esfuerzos a realizar por parte de la comunidad se encuentran representados por un color diferente. Por ejemplo, si la comunidad hubiese acordado y cumplido un esfuerzo por familia de 1, representado en la grafica con el color amarillo, la trayectoria que exhibe la población de Piangua es creciente, es decir, la población del recurso en el manglar tendería a aumentar cerca de un 20%. Si por el contrario la comunidad hubiese realizado un esfuerzo por familia de 8, representado en la grafica por el color vinotinto, el comportamiento que hubiese seguido la población sería decreciente, es decir, la población de Piangua en el manglar tendería a extinguirse pues sería reducida su población cerca de un 60% o solo cerca de un 40% de la población se conservaría para ese momento.

Además del anterior análisis por un lado, se puede afirmar que al realizar la comunidad esfuerzos altos la población del recurso tiende a extinguirse o a estar

en peligro de ello, por el contrario, la comunidad si realiza esfuerzos bajos los daños al equilibrio del recurso son menores y por lo tanto, el recurso puede sostenerse y permitir la sostenibilidad de la comunidad Piangüera. Por otro lado, se puede observar en la grafica dos franjas horizontales que indican los márgenes establecidos del nivel población del recurso para indicar la cooperación y el oportunismo. Cada una de las franjas se encuentran representadas con el color verde y rojo respectivamente. La franja establecida para indicar la cooperación se encuentra en un valor de 427.382 pianguas en el manglar es decir, si la comunidad Piangüera a través de sus decisiones logra que el nivel poblacional de la Piangua se encuentre por encima de dicho valor, entonces se podrá afirmar que la comunidad toma decisiones guiadas hacia la cooperación. Si por el contrario la comunidad Piangüera a través de sus decisiones consigue que el nivel poblacional de la Piangua se encuentre por debajo de 269.969 pianguas en el manglar, se podrá afirmar gracias a la franja establecida para indicar el oportunismo que la comunidad toma decisiones sobre el recurso orientadas hacia el oportunismo o toman decisiones de manera individual sin tener en cuenta las consecuencias de dichas acciones sobre el recurso y sobre la misma comunidad. Entonces, a la luz del establecimiento de los anteriores márgenes para denotar la cooperación y el oportunismo se aprecia que la línea en color rosa, que representa el comportamiento sufrido por el recurso durante el ejercicio educativo con el juego, se encuentra en la zona de cooperación, mas precisamente dentro de la zona de cooperación básica y se corrobora tal afirmación al observar que la población de Piangua al terminar el juego solo se ha reducido en un 27% o la población de Piangua después de la intervención de la comunidad ha logrado conservarse en un 73%. Dado lo anterior, puede afirmarse que al terminar el ejercicio educativo con el juego de la Piangua el nivel poblacional del recurso logra sostenerse y por ende sostener a la comunidad participe del ejercicio. Así mismo se puede afirmar que la comunidad participe en el juego no solo logró sostener el recurso y sostenerse a si misma, sino que logró guiar sus acciones hacia la cooperación en busca del bienestar colectivo en problemas de uso de recursos comunes.

**Figura 44. Relación del nivel poblacional del recurso Piangua con relación a la variación del nivel de esfuerzo de toda la comunidad**



**Criterio de sanciones**

Como se enunció en los criterios de cooperación “cuando los usuarios discuten abiertamente y acuerdan sus propios niveles de uso y sus sistemas de sanciones, el incumplimiento de los acuerdos se mantiene muy bajo y se obtienen resultados cercanos al óptimo.” (Ostrom 2000, pg. 11), Por tal razón a la luz de dicho criterio se llevó a cabo dentro del análisis de los resultados del juego una observación entre el comportamiento seguido por los jugadores con relación al cumplimiento de los acuerdos establecidos y como el sistema de sanciones convenido por la comunidad procura o no comportamientos cooperativos por parte de la comunidad participe en el ejercicio educativo con el juego de la Piangua.

En la siguiente tabla se aprecia el esfuerzo total realizado por la comunidad en cada turno de decisión, los esfuerzos realizados por cada una de las familias Piangueras, las franjas de oportunidad y alta cooperación establecidas y en color resaltado respectivamente las rondas en las cuales la comunidad voto por ejercer

sanciones a los infractores de acuerdos y los esfuerzos que sobrepasan dichos acuerdos.

Por un lado, a partir del turno 15 la comunidad a través del sistema de votación por la aplicación de sanciones decidió por mayoría aplicar sanciones en dichos turnos a las familias que sobrepasaran el acuerdo pactado de esfuerzo individual. Para efectos del cumplimiento de la sanción el acuerdo de esfuerzo individual se estableció y que se dió a conocer a toda la comunidad fue de 5.

Dado lo anterior, si se observan las casillas de los turnos 15 al 20 la familia o grupo 5 incumplió el acuerdo pactado de esfuerzo individual en el 80% de sus decisiones en dicho lapso de tiempo. No muy lejana de la familia 5, se encuentra la familia 4 quienes en un 48% tomaron decisiones en contravía del acuerdo pactado. Podría decirse entonces, que tanto la familia 4 como la 5 actuaron de manera oportunista en el lapso de tiempo que la comunidad decidió aplicar sanciones, es decir, que a pesar de tener conocimiento de la sanción posible a obtener por su actuar si salieran elegidos al azar para ser auditadas, la decisión tomada por las familias fue oportunista. Al preguntar a dichas familias por tal comportamiento estas expusieron que aunque la sanción les llegara a ser aplicada dichos grupos que actúan de manera oportunista no desisten de seguir actuando así, pues ellos realizan el calculo del costo de la multa con el beneficio (pago)obtenido por su decisión y el de las anteriores decisiones. En este caso según lo expuesto por los jugadores infractores, si el calculo del costo de la multa y el beneficio a obtener por su decisión oportunista es desfavorable y ya no representa una oportunidad de ganancia frente al resto de la comunidad, dicha opción ya no sería la mejor opción para su beneficio propio y optaría por llevar a cabo otro tipo de estrategia al tomar sus decisiones, en nuestro caso la cooperación.

**Tabla. 12. Relación del esfuerzo de cada una de las familias de la comunidad con relación al criterio de sanciones**

Turno	Esfuerzo total grupos	Oportunismo	Alta cooperación	Esfuerzo total grupo1	Esfuerzo total grupo2	Esfuerzo total grupo3	Esfuerzo total grupo4	Esfuerzo total grupo5
1	21	5	3	4	4	6	3	4
2	27	5	3	3	3	5	8	8
3	22	5	3	3	5	3	5	6
4	17	5	3	2	2	2	2	7
5	10	5	3	1	3	1	1	4
6	21	5	3	5	4	1	3	8
7	22	5	3	4	4	1	7	6
8	21	5	3	3	5	1	6	6
9	16	5	3	2	6	2	1	5

10	24	5	3	4	4	1	8	8
11	24	5	3	3	4	5	4	8
12	27	5	3	3	3	6	8	7
13	26	5	3	3	4	5	8	6
14	24	5	3	3	4	4	6	7
15	17	5	3	3	3	2	3	6
16	18	5	3	3	4	1	5	5
17	16	5	3	3	4	1	4	6
18	24	5	3	3	4	1	8	8
19	20	5	3	2	3	1	8	6
20	20	5	3	1	3	1	7	8

Por otro lado, al observar las casillas a partir del turno 15, las familias 1,2 y 3 respetaron los acuerdos establecidos y sus decisiones fueron del tipo cooperativo. Además si tenemos en cuenta que para dichos turnos la comunidad en pleno debía tomar 30 decisiones, solo el 27% de dichas decisiones fueron oportunistas y la posible sanción a aplicarse no ejerció mayor poder sobre ellas. Por el contrario, el 73% de las decisiones de dichos turnos a ser fueron decisiones cooperativas, es decir la mayoría de las decisiones tomadas en ese lapso de tiempo en la comunidad Piangüera estuvieron guiadas por el beneficio colectivo y por la sostenibilidad del recurso. Así mismo se podría afirmar que el capital social creado a partir de los acuerdos de esfuerzo y de aplicación de sanciones al incumplimiento de los mismos posibilita la aparición y reforzamiento de un actuar cooperativo dentro de la comunidad como fue manifestado por los comportamientos de los jugadores durante el ejercicio educativo con el juego de la Piangua.

Cabe destacar que para el anterior análisis de resultados con el juego de la Piangua no se escogió el juego (resultados con los participantes en diversas ciudades) que representará al máximo la cooperación entre los participantes en el ejercicio educativo, sino que se optó por un juego que representara la cooperación pero también el oportunismo presente en el dilema del uso de recursos comunes.

## 6. CONCLUSIONES Y FUTURAS INVESTIGACIONES

La inquietante preocupación por el agotamiento de los recursos a nivel mundial ha abierto la posibilidad para que desde varios campos de la ciencia se propongan alternativas para estudiar la problemática. Sin embargo, los estudios muestran que existe una constante disminución de la capacidad del ser humano en la gestión de los recursos. Es sugerido en esta investigación que dicha situación tiene que ver con el ser humano, más precisamente con cómo él se relaciona con el mundo, con cuál es su racionalidad al gestionar recursos.

Teniendo en cuenta que la racionalidad que subyace a la toma de decisiones en un grupo de individuos que depende de un recurso común, a corto o largo plazo desencadena un proceso de depredación del recurso, se pudo vislumbrar la necesidad de una exploración más profunda de las razones que motivan al individuo a cooperar. En este sentido, se abrió un camino hacia la recuperación del concepto de comunidad que trascienda la idea de grupo de individuos que se unen para satisfacer intereses propios. Este trabajo de investigación, desde la experiencia concreta del estudio del recurso Piangua, proporciona unas primeras orientaciones, a través del uso de juegos de simulación, sobre el comportamiento de los individuos, la toma de decisiones colectivas, la creación de condiciones que hacen posible la cooperación en comunidades que comparten recursos y la influencia que tienen las concepciones sobre la cooperación, la responsabilidad y la confianza en la toma de decisiones individuales y colectivas.

### 6.1 CONCLUSIONES

Mediante el estudio del caso particular de la Piangua y del contexto general de la problemática de los recursos de uso común en el campo de la Acción colectiva y la Dinámica de sistemas se exponen los hallazgos alcanzados en tres niveles, a saber: a nivel del entendimiento que ofreció esta investigación sobre la cooperación y las condiciones que la hacen posible en una comunidad; a nivel del enriquecimiento del marco teórico tanto para la acción colectiva en el análisis de la cooperación de los individuos, como para el uso de herramientas de modelado y simulación de Dinámica de sistemas en busca de una mayor comprensión de la problemática estudiada; y finalmente a nivel metodológico, en el diseño utilizado para la creación del juego de la Piangua involucrando aportes desde la Dinámica de sistemas y la acción colectiva.

En primer lugar, a nivel de la cooperación posible en comunidades que usan como sustento un recurso común. En general se puede afirmar que la cooperación es

posible en dichas comunidades, que ella puede emerger en los individuos contrario a la teoría de Olson (1965) y que mediante ciertas herramientas educativas diseñadas es posible guiar a los individuos involucrados en dicha problemática, hacia la toma de decisiones colectivas. Los análisis realizados por Ostrom en diversos casos reales de uso de recursos comunes (pesqueros, cuencas subterráneas, irrigación de huertas, tenencia de bosques y praderas) identifican unos principios de diseño de las instituciones creadas, por parte de la comunidad que depende económicamente de dicho recurso, que posibilitan o imposibilitan el gobernar y administrar los recursos. Tales aspectos de diseño nutren la teoría de Autogestión colectiva evidenciando que es posible que las comunidades puedan organizarse y formar instituciones para gobernar o autogobernar sus propios recursos buscando el bienestar colectivo y no el individual contrario a la teoría convencional de Olson (Ostrom 2000, pg. 59). A partir de las premisas de diseño suministradas por la teoría de Autogestión colectiva se diseñó una herramienta educativa, representada en un juego de simulación de RUC, que pone de manifiesto no sólo la posibilidad de generar instituciones o acuerdos en la comunidad para autogestionar sus recursos sino que sirve de guía para que la misma comunidad busque el beneficio colectivo mediante la toma de decisiones sobre el recurso, en otras palabras, hace posible que se genere la cooperación entre individuos que usan un recurso común. A la luz de Ostrom la herramienta educativa generada suministra la posibilidad de experimentar la autogestión de un recurso de uso común en un ambiente simulado que capta la esencia de los problemas a los que se enfrenta un individuo al tomar decisiones sobre un recurso de uso común.

En las experiencias realizadas en tres países, los resultados con el juego de la Piangua mostraron que a pesar de las diversas estrategias implementadas por los jugadores, por los moderadores, y en general plasmadas en el diseño del juego, los resultados giraron en torno a comunidades y familias que procuraron tanto la conservación del recurso como la sostenibilidad a largo plazo de su bienestar. A la luz del criterio de Nash (1950) de cooperación se puede afirmar que las “familias Piangueras” participantes durante el ejercicio educativo tomaron decisiones en torno al beneficio de toda la comunidad, es decir aunque no siempre tomaron la decisión que enuncia el equilibrio de Nash la mayor parte del tiempo se encontraron cercanos a dicho valor, lo cual les permitió sostener tanto el recurso como la comunidad misma<sup>7</sup>. En otras palabras, el ejercicio reveló que a pesar de las posibles estrategias individuales la mayoría de las familias procuró una acción colectiva guiada hacia la creación de acuerdos y normas de comportamiento que promueven la cooperación.

---

<sup>7</sup> Mayor profundidad en la sección criterio de Nash del Capítulo Experimentación y Análisis de resultados.

En la medida en que la comunidad respeta los acuerdos establecidos por ellos mismos, los niveles tanto de confianza como de reputación en la comunidad se van reforzando con el paso del tiempo, tal como Ostrom enuncia en su modelo de segunda generación (Ostrom, 2000; pg. 13). En otras palabras, a medida que los niveles de confianza en la comunidad van siendo mayores, es decir, la comunidad confía más en el actuar de sus miembros, la probabilidad de realizar esfuerzos que revelen comportamientos oportunistas es menor, por el contrario cada vez que se refuerza la confianza, entonces el capital social con que cuenta la comunidad se ve fortalecido y por ende puede generar mas fácilmente procesos de cooperación guiados hacia la sostenibilidad del recurso y a su vez de la misma comunidad. Como resultado general en las experiencias realizadas se puede afirmar que la comunidad tiende a crear y conservar los acuerdos y las normas de comportamiento establecidas, procurando así mismo el fortalecimiento y enriquecimiento del capital social con el que cuenta la comunidad Piangüera.

No obstante, aunque la comunidad acuerde normas de comportamiento alrededor de la extracción del recurso común, es inevitable que alguna familia por X o Y circunstancia opte por decisiones individualistas y no colectivas, tal como aduce Ostrom y otros autores. Aún en el caso de la experiencia donde se evidenció con mayor claridad un actuar encaminado hacia la cooperación, también el oportunismo se hizo presente, tal como pudiese suceder en la realidad diaria del PNNS.

Dicho actuar oportunista de algunos miembros de la comunidad pone de manifiesto que la realización del cálculo costo-beneficio está presente en los individuos al tomar decisiones sobre el uso de recursos comunes, tal como expone Medina (2002) y que si el costo de una sanción económica, establecida por la implantación de un sistema de sanciones, es menor que el beneficio a obtener por su decisión oportunista, el individuo opta por seguir una actuación oportunista dentro de la comunidad. Así mismo en caso de que el costo de su actuar oportunista no represente una oportunidad de ganancia frente al resto de la comunidad, dicha elección ya no es la mejor opción para su beneficio propio, es decir, no puede suplir las necesidades básicas para vivir, representadas en la alimentación, vivienda digna, y educación para sus hijos entonces, opta por llevar a cabo otro tipo de estrategia al tomar sus decisiones, en nuestro caso, la cooperación. A la luz de lo expuesto, puede afirmarse que este tipo de individuo tiene presente para la toma de decisiones una racionalidad estratégica en donde tanto el cálculo costo-beneficio de su actuar en relación con el actuar de la comunidad, como el costo-beneficio de la posible sanción le brindan un espectro de posibles estrategias oportunistas o cooperativas a seguir en la comunidad.

Aunque la inclusión de un sistema de sanciones dentro del juego permite realizar el cálculo costo-beneficio, también posibilita que el capital social creado a partir de los acuerdos de esfuerzo y de aplicación de sanciones al incumplimiento de los mismos, generen la aparición y reforzamiento de un actuar cooperativo dentro de

la comunidad, como fue manifestado por los comportamientos de los jugadores durante el ejercicio educativo con el juego de la Piangua. Es decir, que en la mayor parte de la comunidad está presente no una racionalidad estratégica, sino más bien una racionalidad guiada por el beneficio colectivo y por la sostenibilidad del recurso, en cierta medida cooperativa o guiada hacia la cooperación.

Dado que el comportamiento de la comunidad estuvo guiado por acciones cooperativas, la sostenibilidad del recurso fue lograda, evidenciado en una supervivencia del 73% de la población de Pianguas al terminar el ejercicio educativo, la regeneración del mismo se hizo posible, es decir, la actividad de piangüar o el efecto de la comunidad sobre el recurso no alcanzó valores que le restringieran alcanzar el equilibrio biológico para sobrevivir en el manglar. La población de Piangua logró recuperarse de la actividad ejercida por la población y a su vez la misma población Piangüera también logró sostenerse económicamente sufriendo a sus familias del bienestar obtenido por cooperar o participar de acciones cooperativas en un nivel de bienestar medio alto, cubriendo así las necesidades básicas para vivir, representadas en alimentación, vivienda digna, y educación para sus hijos. Se puede concluir, que puede generarse el cumplimiento de los dos objetivos trazados al inicio del juego, la sostenibilidad del recurso Piangua en el manglar y la sostenibilidad de la misma comunidad Piangüera, mediante la participación de la comunidad en acciones cooperativas, en busca del bienestar colectivo en problemas de uso de recursos comunes.

Finalmente para este primer nivel de conclusiones, los criterios establecidos para medir si durante el ejercicio educativo con el juego de la Piangua se logran generar acciones cooperativas, se puede afirmar que tanto el diseño del juego como los criterios establecidos para medir la cooperación surgida en los participantes son pertinentes y permiten evidenciar que es posible, en una comunidad que afronta el problema de los comunes, generar acciones con y para la comunidad en colectivo, es decir, es posible la cooperación en el ejercicio educativo. Quizás al hacer un seguimiento o un segundo experimento con el juego a la misma comunidad se podría dilucidar si es posible que el aprendizaje logrado mediante la experimentación con la herramienta educativa se viera reflejado no sólo en el actuar cooperativo durante otro juego sino también en la realidad del día a día de algunos de los participantes que toman decisiones sobre o para recursos de uso común en Latinoamérica.

En segundo lugar, a nivel del enriquecimiento del marco teórico tanto para la acción colectiva en el análisis de la posibilidad de generar cooperación en los individuos, como para el uso de herramientas de modelado y simulación de Dinámica de sistemas en búsqueda de una mayor comprensión de la problemática de los comunes, a grandes rasgos se puede afirmar que para los dos campos de la ciencia involucrados en esta investigación, los hallazgos encontrados brindan luces y caminos para la exploración y mayor comprensión de la problemática misma. Así mismo para el desarrollo de la investigación fue fundamental el

nutrirse de los marcos de Acción colectiva y Dinámica de sistemas para interpretar, comprender y hacer posible que la herramienta educativa generada en la investigación refleje la problemática estudiada y permita así mismo propiciar acciones colectivas en los participantes del ejercicio educativo con dicha herramienta. Podría decirse entonces, que el enriquecimiento entre los marcos teóricos utilizados y la investigación desarrollada, fue recíproco.

Con relación al marco de la Acción colectiva se puede afirmar que el estudio de la misma brindó la base teórica para el diseño del juego de la Piangua. Es decir, gracias a las teorías y aportes de Olson (1965), Nash (1950), Medina (2002) y Ostrom (2000) entre otros, fue posible delinear variables, actores, actividades y criterios que hacen posible la cooperación y el oportunismo dentro del juego. Así mismo mediante el modelo de segunda generación de Ostrom y la implementación del mismo por Castillo (2002), fue posible vislumbrar la cercanía tanto de la problemática de los comunes como de la racionalidad con la cual un individuo toma decisiones en la misma.

A su vez, los lineamientos de diseño de instituciones o de comunidades ofrecidos por la teoría de Autogestión de Ostrom sirvieron de base para el establecimiento de los lineamientos de diseño para juegos de simulación dinámico sistémicos en problemas de los comunes, y brindaron la posibilidad de acercar el mundo de acción colectiva con herramientas de dinámica de sistemas para el estudio de problemas complejos, en este caso la cooperación entre individuos.

Mediante el diseño del juego, la implementación y las experiencias con el mismo, estas permitieron evidenciar que la cooperación expuesta en la teoría de Ostrom es posible en circunstancias donde está de por medio un recurso común; que no solo el actuar oportunista se le presenta al individuo como única opción para obtener mayores beneficios en la comunidad, sino que la participación en acciones colectivas le puede generar tanto mayores beneficios, como mayor duración de los mismos en el tiempo. Así mismo mediante la implementación del juego se expuso la posibilidad de trasladar la teoría de autogestión a un juego de simulación que puede ser jugado por diversos individuos que pueden experimentar cómo a través de normas construidas, compartidas e internalizadas por la comunidad se posibilita un comportamiento cooperativo en los individuos, además se logra fomentar factores claves para la cooperación como la confianza, la reciprocidad y la reputación.

A través de la experimentación y el análisis de los resultados del juego se puede afirmar que la incorporación de normas de comportamiento y demás actividades aportadas del marco de Autogestión colectiva ayudan a que los individuos creen conciencia acerca del comportamiento cooperativo que los otros individuos pueden llegar a asumir y no sólo tener en cuenta en la toma de decisiones una racionalidad estratégica, donde la motivación principal para cooperar en RUC en una comunidad sean los incentivos económicos a alcanzar en el corto plazo, sino

por el contrario una racionalidad guiada hacia acciones colectivas a largo plazo, hacia la cooperación.

Con relación al marco teórico de Dinámica de sistemas se puede afirmar que el enriquecimiento alcanzado con la construcción del juego de la Piangua al marco en mención se encuentra en varios niveles, en primer lugar, el brindar la posibilidad de abordar la problemática de los comunes en un juego de simulación; en segundo lugar, el poder articular en el ejercicio educativo aspectos fundamentales para generar la cooperación provenientes del marco de acción colectiva; y en tercer lugar, el ofrecer una herramienta que va más allá de los interés individuales de los participantes durante el juego, en otras palabras, el pasar de una racionalidad individualista a una colectiva en la toma de decisiones sobre recursos de uso común.

En primer lugar, con el juego de la Piangua se ofrece una herramienta para abordar y comprender la problemática del dilema de los comunes, y en particular, que dicha herramienta evidencia la problemática en mención en el entorno nacional, es decir, con un recurso y una comunidad colombiana. Con lo anterior se realiza un aporte al estudio del dilema de los comunes desde los juegos de simulación Dinámico sistémicos en el contexto Colombiano. En la actualidad las herramientas que desde la Dinámica de sistemas a nivel internacional abordan el problema de los comunes son muy escasos, siendo Fish Banks el juego más representativo.

Además las particularidades del diseño del juego de la Piangua permiten que sin mayor uso de herramientas computacionales, éste pueda ser jugado, a diferencia de algunos de los ya existentes. Se busco que el juego pudiera además ser contextualizado dependiendo de la zona donde se juegue permitiendo con ello que los participantes no sientan ajeno tanto el juego como el entorno del recurso. Dichas particularidades hacen posible que en general la herramienta educativa brindada desde el enfoque de Dinámica de sistemas pueda ser utilizada no solo para comprender la Dinámica del problema de los comunes sino que además pueda ser útil para embeber a los participantes en el mundo del pensamiento sistémico.

En segundo lugar, la articulación lograda entre la Dinámica de sistemas y el marco de acción colectiva se hace evidente con la incorporación tanto de variables en el modelo de simulación como de actividades de dicho marco dentro del juego de la Piangua. En particular, las variables de carácter blando incorporadas como la confianza, la reputación, la reciprocidad hacen referencia al modelo de segunda generación de Ostrom (2000. pag. 13), con el cual se promueve la cooperación entre individuos, siendo este, el fin buscado durante el diseño del juego.

En tercer lugar, el hacer posible desde dinámica de sistemas la concepción y desarrollo de un juego de simulación que propenda no sólo por intereses

individuales como Fish Banks, sino que por el contrario pueda generar acciones colectivas dentro de un conglomerado de individuos se hizo viable al tener en cuenta para su diseño la incorporación de premisas que pudiesen generar un cambio en la racionalidad asumida por los participantes en el juego, es decir, el hacer posible pasar de una racionalidad individualista a una cooperativa. Para ello teniendo en cuenta que el juego Fish Banks promueve la competencia entre los jugadores, es decir, dentro del rol que asume el jugador como gerente de una pesquera sus decisiones giran en torno a sacar el mayor beneficio económico sin tener en cuenta el beneficio de los demás jugadores, y compite con ellos para conseguir los mayores beneficios y así cumplir con el objetivo principal del juego, que es maximizar ganancias; dicha situación pone de manifiesto la racionalidad individualista con la cual el jugador toma decisiones en Fish Banks. En el juego de la Piangua ocurre lo contrario, los jugadores (Piangueros) no sólo buscan el beneficio individual sino que además procuran el beneficio colectivo, ya que los objetivos trazados dentro del juego tienen tanto carácter individual como colectivo. Cada Pianguero toma decisiones de extracción teniendo en cuenta el beneficio económico que obtiene por ello, pero además procurando que la comunidad logre un beneficio económico a partir de la sostenibilidad del recurso en el manglar. Es así como dentro del juego cada jugador mediante sus acciones puede procurar una racionalidad cooperativa y no una individualista. De todos modos el juego permitir también la puesta en práctica de estrategias individualistas que igualmente pueden ocurrir en esa realidad social.

Así mismo al tener en cuenta la razón por la cual se produce la explotación de la Piangua en el manglar, es decir si la extracción se lleva a cabo en busca de un crecimiento económico individual o sólo se realiza como actividad de supervivencia. El primer caso, el crecimiento económico individual, corresponde a la razón por la cual los jugadores guían sus decisiones dentro del juego Fish Banks; cada jugador en su rol de gerente busca ampliar su flota pesquera a medida que va generando más ganancias, lo cual le permite en un futuro cercano aumentar aún más las ganancias dentro del juego y estimular así un ciclo económico. Pero además siempre se lleva a cabo un cálculo del costo beneficio que se obtiene por dejar de pescar o tener anclados los barcos en puerto, demostrando así que el motivo principal del juego es de carácter financiero, en otras palabras el objetivo de maximizar las ganancias guía el crecimiento económico individual que se refleja dentro del juego. En el caso del juego de la Piangua la razón que rige la explotación del recurso es la supervivencia de los mismos jugadores, es decir, cada jugador (Pianguero) al realizar las jornadas de extracción va en busca del sustento diario para él y su familia. En primer lugar, las ganancias que cada Pianguero obtiene sólo le alcanzan para cubrir las necesidades básicas para vivir, representadas por alimentación, vivienda digna, y educación para sus hijos. En segundo lugar no existe un excedente con el cual el Pianguero pueda reinvertir para alcanzar un mayor beneficio económico, pues dadas las características del recurso se trata de una economía de subsistencia y si

en algún momento existe dicho excedente es usado para mejorar las condiciones de vida, no para ampliar el beneficio monetario.

Finalmente, la última de las premisas incorporadas en el juego de simulación representa la individualidad y la colectividad dentro de los juegos de Fish Banks y de la Piangua respectivamente. Por un lado, dentro del juego de Fish Banks cada uno de los jugadores representa una empresa de la industria pesquera y como tal actúa de manera individual, es decir, toma decisiones en beneficio de su empresa y no de la industria en total. Además cada una de las empresas compete con las demás por obtener al final del juego las mayores ganancias, no existe algún tipo de vínculo entre ellas como alianzas estratégicas o asociaciones que propendan por un beneficio colectivo. El caso contrario ocurre en el juego de la Piangua en donde cada uno de los jugadores pertenece a una comunidad, la comunidad Piangüera; y a su vez cada Piangüero dentro del juego pertenece a una familia. Por el carácter de familia o comunidad en que viven los jugadores dentro del juego, las decisiones que toman sobre el recurso asumen una tendencia hacia lo colectivo en lugar que a lo individual. Es decir, siempre está presente en ellos al tomar decisiones que las consecuencias de sus actos no recaen sólo sobre ellos, sino que también afectarán a sus familias y a las demás familias que conforman la comunidad. La función de pagos implementada en el juego de la Piangua incorpora esta relación de lo individual con la comunidad.

Dado lo anterior se puede concluir que el juego de simulación suministrado por la presente investigación cumple con los objetivos trazados en la misma, el de generar desde dinámica de sistemas una herramienta que educativa que puede promover en cierta medida la cooperación entre individuos que afrontan el dilema de los comunes, procurando en ellos una racionalidad guiada hacia la cooperación y no hacia una racionalidad individualista presente en otros juegos del mismo enfoque, representando con ello un avance en el diseño de juegos de simulación Dinámico sistémicos y el aprendizaje que puede generarse con el mismo.

A nivel metodológico, el logro alcanzado con el desarrollo del juego de la Piangua, se hace explícito en la evolución de un caso o problema a modelar a un modelo de simulación en Dinámica de sistemas y de allí a un juego de simulación. Para lo anterior, fue necesario durante el proceso de desarrollo realizar la contextualización tanto del modelo como del juego en sí, diseñar e implementar criterios de diseño, tipos de decisiones tanto individuales como colectivas, criterios para la inserción de variables y actividades desde el marco de acción colectiva, identificar en la literatura de dinámica de sistemas usos educativos de juegos de simulación multijugador, así mismo identificar las condiciones que propician la cooperación en la literatura de acción colectiva y gestión de recursos comunes y el diseñar una guía educativa para el uso educativo con el juego.

Finalmente, además de las conclusiones aportadas a nivel del entendimiento que ofreció esta investigación sobre la cooperación y las condiciones que la hacen posible en una comunidad; a nivel del enriquecimiento del marco teórico tanto para la acción colectiva en el análisis de la cooperación de los individuos, como para el uso de herramientas de modelado y simulación de Dinámica de sistemas en busca de una mayor comprensión de la problemática estudiada; y a nivel metodológico, en el diseño utilizado para la creación del juego de la Piangua involucrando aportes desde la Dinámica de sistemas y la acción colectiva; se puede decir adicionalmente que una mayoría de los participantes en el ejercicio educativo con el juego de la Piangua eran tomadores de decisiones a diversos niveles, ya sea a nivel gubernamental, no gubernamental, social y educativo, es decir, que en cierta medida el aprendizaje obtenido durante el desarrollo del juego no se limita sólo a la toma de decisiones sobre el recurso Piangua sino que dicho conocimiento puede ser trasladado a las áreas de actuación de cada uno de los participantes, es decir, en cierta medida con el juego se logra difundir no sólo un posible actuar cooperativo y las condiciones a nivel de comunidad que se requieren para ello, sino que además con la realimentación obtenida al finalizar el ejercicio educativo, en tales participantes se genera una comprensión más amplia tanto de la problemática abordada como de las alternativas de solución a la misma. De otro modo, al generar en el participante conciencia acerca de las consecuencias de una racionalidad individualista, tal comprensión puede llegar a generar comportamientos guiados hacia la cooperación con otros recursos, no necesariamente naturales, en los cuales ellos tiene incidencia en la toma de decisiones a nivel local, regional y nacional en nuestros países latinoamericanos.

## 6.2 FUTURAS INVESTIGACIONES

A partir del desarrollo de la herramienta educativa de la presente investigación incorporando los marcos conceptuales de Dinámica de sistemas y Acción colectiva, se ha abierto una puerta para enriquecer los marcos mencionados, y así mismo para fortalecer con dicha unión los trabajos a realizar sobre cooperación utilizando juegos de simulación. Dado lo anterior se sugiere realizar investigaciones que a través de juegos de simulación puedan enriquecer tanto el mundo de Dinámica de sistemas como el de Acción colectiva.

Así mismo al desarrollar el ejercicio educativo con el juego de la Piangua se puede concluir que la cooperación entre individuos es posible y que se puede generar en dicho ejercicio una racionalidad cooperativa entre los partícipes. Sin embargo no se puede asegurar los partícipes en el ejercicio educativo seguirán patrones de un comportamiento cooperativo en su que hacer diario, entonces, se sugiere ahondar en tal aspecto ya sea a través de herramientas para medir el comportamiento, trabajos de campo con comunidades que afrontan el dilema los comunes, seguimiento a los partícipes del ejercicio u otras formas para tener una mayor

certeza si el aprendizaje obtenido en el ejercicio educativo se refleja en la realidad.

Finalmente, se sugiere trabajar en futuras investigaciones que aporten al tema del dilema de los comunes desde la generación o posibilidad de cooperación entre individuos que afrontan tal situación, si es posible poder evidenciar con mayor claridad tal problemática en nuestro país. Cabe señalar que cualquier esfuerzo que se realice en dicho campo no sólo beneficia a la ciencia sino a las comunidades que viven día a día tal conflicto.

## BIBLIOGRAFÍA

BORDA, C. A. (2001), "Evaluación pesquera de la Piangua (*Anadara tuberculosa*) en el Pacífico Colombiano". Universidad de La Habana, Centro de Investigaciones Marinas, Tesis de Maestría, 74 pp.

BORDA R., C. A. y PORTILLA, E. G. (1998), "Talla de captura, madurez sexual, comercialización y recomendaciones para el manejo de la *Anadara tuberculosa* (Piangua hembra) en la Ensenada de Tumaco (Nariño), Pacífico Colombiano". Memorias XI Seminario Nacional de Política, Ciencias y Tecnologías del Mar, en conmemoración del Año Internacional de los Océanos, Comisión Colombiana de Oceanografía CCO, COLCIENCIAS. Bogotá. [CD-ROM].

CAMPBELL, R. (1985), "Background for the Uninitiated", Paradoxes of rationality and Cooperation, University of British Columbia Press, Vancouver. 1985.

CANDELO, C. (2005), "Fortalecimiento de Capacidades: oportunidad para el Cambio Social la experiencia de las piangueras en Nariño (Colombia). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.

CÁRDENAS, J.C.; MAYA, D.; LÓPEZ, M. C. *et al.* (2003), "Juegos económicos y diagnóstico rural participativo: un manual con ejemplos de aplicación para la cooperación". JAVEGRAF, PUJ, 2003.

CÁRDENAS, J.C.; MAYA, D.; LÓPEZ, M. C. *et al.* (2002), "Manglares, comunidad y cooperación". Pontificia Universidad Javeriana. WWF Colombia, 2002.

CÁRDENAS, J.C. (2000), "Real Wealth and Experimental Cooperation: Evidence from Field Experiments". First Place Medal in the Research Medals Competition at the Second Global Development Network Conference GDN2000 Tokyo, Japón, December 11-13, 2000. <http://www.gdnet.org/awards-shrtlist.htm> Also presented to the Xth World Congress of the International Rural Sociology Association, Rio de Janeiro, Brazil, August, 2000; and presented to The 8th Biennial Conference of the International Association for the Study of Common Property (IASCP), Bloomington, IN, May 31- June 4, 2000.

CARDENAS J.C. (2000a). "Field Experiments on Regulating the Use of Local Commons" Research proposal. Facultad de Estudios Rurales y Ambientales. Pontificia Universidad Javeriana, Bogota, Colombia.

CARDENAS, J.C. (2000c), "Observing people in the field lab: Learning through Field Experiments about Cooperation in Communities using Biodiversity

Resources". Research and Writing Competition Proposal. The John D. and Catherine T. MacArthur Foundation. Unpublished.

CASTILLO, DANIEL. (2002), "Simulation of Common Pool Resource Field Experiments: A Behavioral Model of Collective Action". M. Phil. Thesis in System Dynamics, Department of Information Science, University of Bergen, PB 7800, N-5020, Norway.

CORRALES, E.; Et Al. (2002), "Voces de los Pobres" Banco Mundial - Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá.

CRUZ, R. y BORDA, C. A. (2003), "Estado de explotación y pronóstico de la pesquería de *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) en el Pacífico Colombiano". Rev. Invest. Mar. 24(3):221-230.

CRUZ, R. y BORDA, C. A. (2004), "Crecimiento y tasas de mortalidad del bivalvo *Anadara tuberculosa* (SOWERBY, 1833) en el Pacífico Colombiano". Revista Investigaciones Marinas 25(3):177-184. cuba.

CRUZ, R. A. y PALACIOS, J. A. (1983), "Biometría del molusco *Anadara tuberculosa* (Pelecypoda: Arcidae) en Punta Morales, Puntarenas, Costa Rica". Revista Biología Tropical, 31(2): 175 - 179.

EHRENFIELD, D. W. (1972), "Conserving Life on Earth", Oxford University Press. 1972.

ELSTER J. (1989), "The Cement of Society". Cambridge University Press, Cambridge. 1989.

FORRESTER, J. (1961), "Industrial Dynamics", Productivity press. 1961.

FORRESTER, J. (1971), "World Dynamics", Productivity Press. 1971.

GROSSLER, M. F. (2000). "What are we talking about? –A taxonomy of computer simulations to support learning". System Dynamics Review, Vol16. pp. 135-147.

HARDIN, G. (1968), "The Tragedy of the Commons" , Science, vol. 162, pp. 1243-1248. 1968.

HARDIN, G. (1978), "Political Requirements For Preserving Our Common Heritage", H.P. Bokaw (ed.), Wildlife and America, Washington, Council on Environmental Quality, pp. 310-317. 1978.

LÓPEZ, M. C. (2001), "Comunicación para la cooperación en el medio rural: un análisis desde la economía experimental", tesis de grado, Maestría en Desarrollo Rural, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, 2001.

MAYA, D.; LÓPEZ, M. C.; CARDENAS, J.C. (2004), "Experimental economics and participatory methods in Colombia". Ponencia presentada en: Q-Squared in practice A conference on experiences of combining qualitative and quantitative methods in poverty appraisal. Centre for international Studies University of Toronto. 2004.

MEADOWS D. et al . (1972), "The Limits to Growth", Universe books, New York. 1972.

MEADOWS D. et al. (1992), "Beyond the Limits: Confronting Global Analysis, Envisioning a Sustainable Future", Chelsea Green Publishing Company, Post Mills. 1992.

MEADOWS, D. et al. (1987), "Fish Banks, Ltd. A Microcomputer-Assisted Simulation Teaching The Principles For Sustainable Management Of Renewable Resources", The International Network for Resource Information Centers. 1987.

MEDINA, L.F. (2002), "A Strategic-Interaction Approach to the Collective Action Problem," forthcoming in *Rationality and Society*, vol. 17 (3). 2002.

MOXNES E. (1998), "Not Only The Tragedy Of The Commons, Misperceptions Of Bioeconomics", *Management Science*, 44(9): 1234–1248. 1998.

MOXNES, E. (1998): Not only the tragedy of the commons, misperceptions of bioeconomics. *Management Science* 44(9): 1234–1248.

NASH, J. F. (1950), "Non cooperative Games". Ph. D. Dissertation Princeton University.

NASH, J. F. (1953), "Two person cooperative games". *Econometrica* 21:128–140.

OLSON, M. (1965), "The logic of collective action. Publics goods and the theory of groups", Cambridge Mass., Harvard University Press. 1965.

OSTROM, ELINOR. (1990): *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*, Cambridge University Press, Cambridge, New York.

OSTROM, ELINOR. (1998): "A behavioral approach to the rational choice theory of collective action". *American Political Science Review*. 92(1) (March): 1-22.

OSTROM, E. (2000), "El Gobierno de los Comunes: La Evolución de las Instituciones de Acción Colectiva", Fondo de Cultura Económica. México.

POWERSIM CORPORATION. (1999), Powersim Constructor. Powersim Corporation Inc., PB 3961, Dreggen, Bergen, Norway.

RAMOS, P. A.; MAYA, D.; CÁRDENAS, J.C. (2004): The Role Of Gender In The Mangrove: Heterogeneity Of Technologies And Local Institutions. Borrador de Trabajo (MAYO, 2004)

SENGE, P. (1990), "The Fifth Discipline: The Art and Practice of the Learning Organization", New York, Doubleday. 1990.

SCHELLING T. (1960), "The Strategy of Conflict". Harvard University Press, Cambridge, MA. 1960.

STERMAN, J. D. (1989), "Modeling Managerial Behavior: Misperceptions of Feedback in a Dynamic Decision Making Experiment", Management Science, Vol. 35, 321-329. 1989.

STERMAN, J.; PAICH, M.; SIMONS, K. and BEINHOCKER, E. (1991), "B&B Enterprises management flight simulators". ©1991-2002. Disponible en: <http://broadcast.forio.com>

STERMAN, J. D. (2000), "Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World", McGraw-Hill/Irwin. 2000.

# **ANEXOS**

**Ecuaciones del Modelo Matemático  
de la Piangua  
en Powersim 2001**

- adulto inicial = 397,565.22
    - = 'población total inicial'-'juvenil inicial'-'larva inicial'
    - corresponde al número de pianguas que se encuentran en el nivel adulta. se calculó a través de la resta de los niveles de piangua larva y juvenil con la población total, que era la conocida
- Area de Captura = 260.869.57
    - = (12000000/230)\*5
    - son 230 personas en 12 kilometros cuadrados, en los estudios de Cardenas y Cruz y pero en nuestro caso son sólo 5 los jugadores, entonces esto se calibró para que el area de captura sea 5 veces menor
- cambio esfuerzo percibido otros = 0.00 per mo
    - = ('Esfuerzo otros'-'esfuerzo percibido otros')/(2<<mo>>)
    - Corresponde al esfuerzo que se genera despues de cada jugada mediante la resta del 'Esfuerzo otros' menos el nivel alcanzado del 'esfuerzo percibido otros' en un periodo de 2 meses
- cambio pagos = -0.31 per mo
    - = (pago real\*1<<mo>>-'Pagos percibidos')/(2<<mo>>)
    - corresponde a la resta del pago real ocurrido en una jugada con los pagos percibido de la jugada anterior o acumulada, sobre una demora de tiempo correspondiente a dos meses. que se divide entre 2
- captura individual = 650.08 per mo
    - = 'Muerte real por Captura'/5
- captura media = 9.925.77 per mo
    - = 'Piangua Adulta'\*'Tasa de mortalidad por captura'
    - corresponde a la cantidad promedio de captura de piangua por mes. se calculó a través de la cantidad de piangua adulta y la tasa de mortalidad por captura (Cruz) .
- Confianza individual en los otros = 1.67
    - := 1
    - ↔ 'construccion confianza'
    - El nivel de confianza en los otros oscila entre 0 y 2. es decir cuando se confia mas en el actuar cooperativo del otro el nivel se acercara a 2, caso contrario el nivel se acerca a 0. inicialmente se define en 1
- construccion confianza = -0.00 per mo
    - = ('reputación de otro ante la comunidad'-'Confianza individual en los otros')/2<<mo>>
    - corresponde al flujo de confianza que se va construyendo, es calculado a partir del nivel de confianza acumulada en los otros y el nivel de reputacion acumulada de los otros. Este cambio de confianza es negativo
- construccion reputacion = -0.00 per mo
    - = ('Indicador reputacion para cooperar'-'Reputacion individual ante los otros')/(2<<mo>>)
    - La construcción de reputación corresponde a la reputación que se consigue en cada jugada. se calculo a través de la resta del Indicador reputacion para cooperar y la Reputacion de otros
- Cooperacion individual = 6.69
    - = nash-'Esfuerzo Individual'
    - El nivel de cooperación de cada jugador es definido como la distancia en unidades de esfuerzo de la estrategia de Nash en una jugada especifica. ...
- densidad inicial = 3.00
    - := 3
    - corresponde a la cantidad de pianguas por metro cuadrado. esta constante sirve de variable de escenario, para ver en que condición poblacional se encuentra el manglar en determinado momento
- Efecto maximizador ganancias = 1.30
    - = GRAPH('pago relativo',0,0.18,{1.52,1.3,1.186,1.125,1.08,1.047//Min:1;Max:1.6//})
    - Corresponde al efecto de una maximización racional del ingreso en la decisión de esfuerzo.





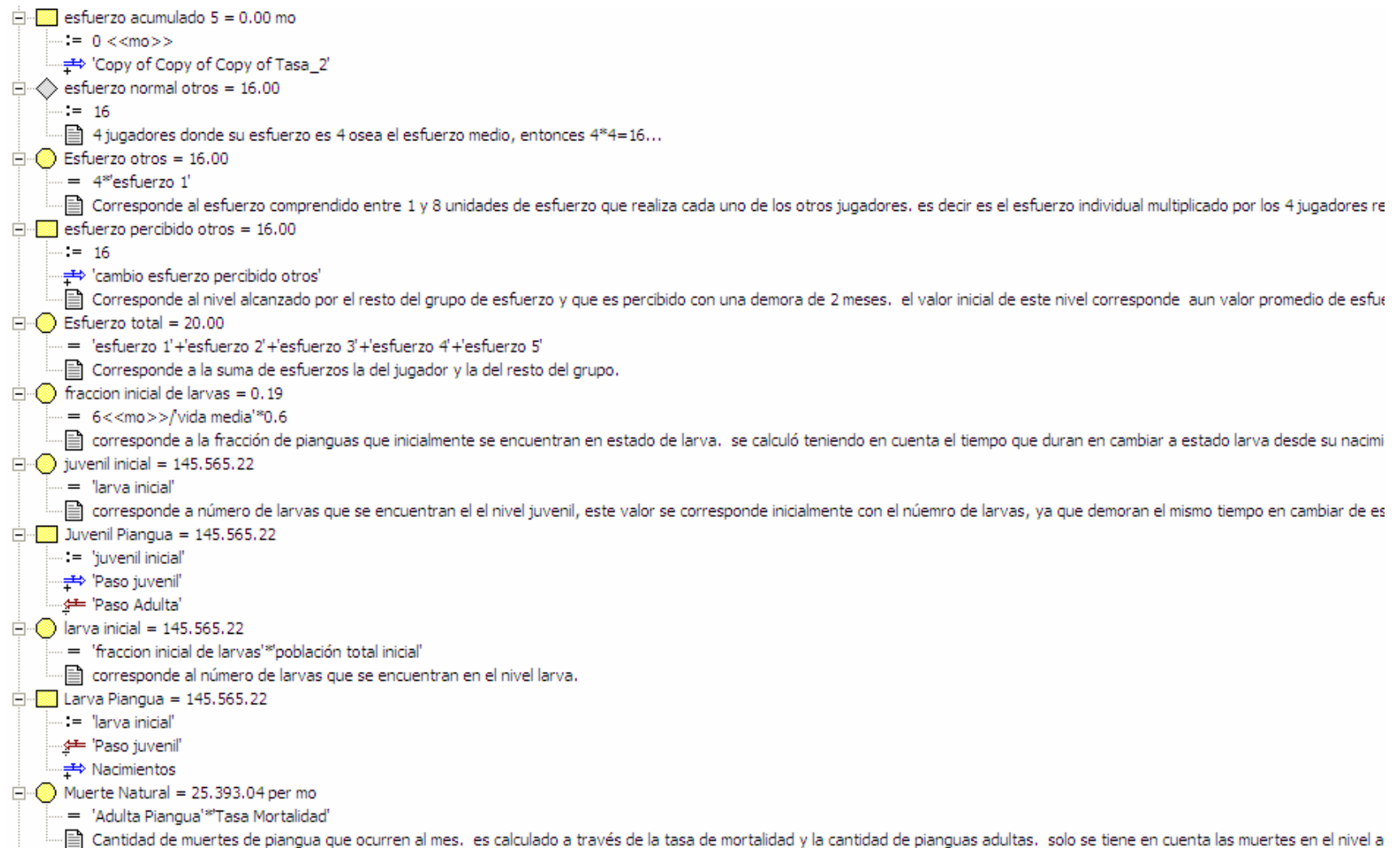


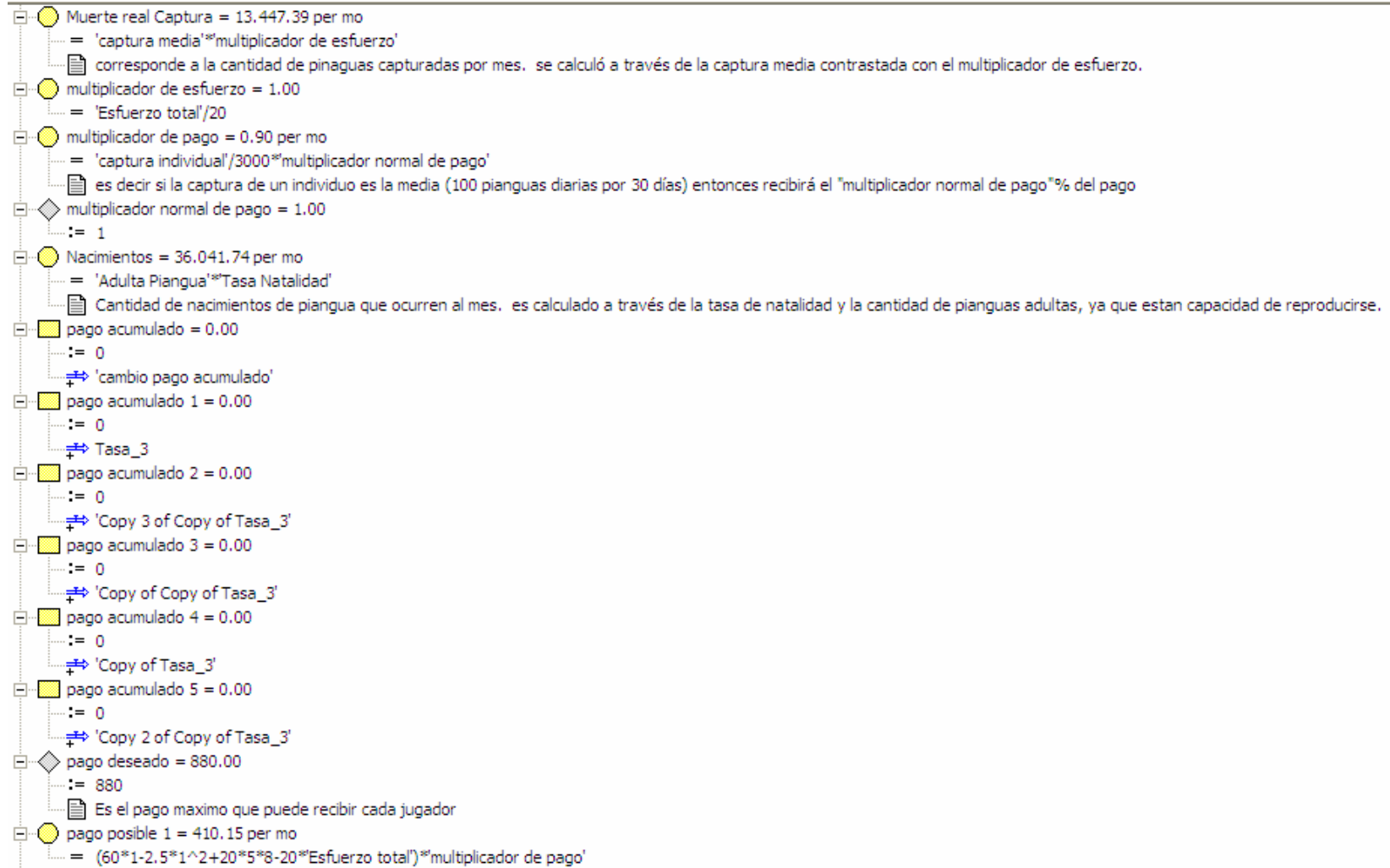
- tentacion para freeride = 1.19
      - = GRAPH('promedio esfuerzo otros',0,0.1,{1.5,1.4,1.3,1.2,1.15,1.1,1.07,1.05,1.03,1//Min:1;Max:1.5//})
      - corresponde a una no linealidad con valores entre 1 y 2. cuando el grupo coopera el esfuerzo individual tiende a disminuir , entonces la tentación para free ride aumenta. de acuerdo a
- vida media = 14.63 mo
      - = 1/Tasa Mortalidad Normal'
      - promedio de vida de una piangua en el manglar. que se calculó a través del inverso de la tasa de mortalidad.
- voluntad para cooperar = 4.70
      - = 1/GRAPH('Confianza individual en los otros',0,0.1,{1.3,1.29,1.27,1.25,1.23,1.2,1.16,1.1,1.03,0.91,0.7,0.5,0.41,0.33,0.28,0.24,0.22,0.21,0.19,0.18,0.1625//Min:0.1;Max:1.5//})
      - la voluntad para cooperar esta representada por una no linealidad, donde el nivel de confianza de cada jugador en el resto del grupo afecta la decisión de esfuerzo en cada jugada. est

**Ecuaciones del Modelo Matemático del  
juego de la Piangua  
en Powersim 2001**

- Adulta Piangua = 491.478.26
      - := 'adulto inicial'
      - ↔ 'Paso Adulta'
      - ⊖ 'Muerte Natural'
      - ⊖ 'Muerte real Captura'
  - adulto inicial = 491,478.26
    - = 'población total inicial'-'juvenil inicial'-'larva inicial'
    - corresponde al número de pianguas que se encuentran en el nivel adulta. se calculó a través de la resta de los niveles de piangua larva y juvenil con la población total, que era la cono
  - Area de Captura = 260.869.57
    - = (12000000/230)\*5
    - son 230 personas en 12 kilometros cuadrados, en los estudios de Cardenas y Cruz y pero en nuestro caso son sólo 5 los jugadores, entonces esto se calibró para que el area de captu
  - cambio esfuerzo percibido otros = 0.00 per mo
    - = ('Esfuerzo otros'-'esfuerzo percibido otros')/(2<<mo>>)
    - Corresponde al esfuerzo que se genera despues de cada jugada mediante la resta del 'Esfuerzo otros' menos el nivel alcanzado del "esfuerzo percibido otros" en un periodo de 2 mese
  - cambio pago acumulado = 537.90 per mo
    - = 'pago promedio'
  - cambio pagos = -31.05 per mo
    - = (pago real 1\*'1<mo>>'-'Pagos percibidos')/(2<<mo>>)
    - corresponde a la resta del pago real ocurrido en una jugada con los pagos percibido de la jugada anterior o acumulada, sobre una demora de tiempo correspondiente a dos meses. que
  - captura individual = 2.689.48 per mo
    - = 'Muerte real Captura'/5
  - captura media = 13.447.39 per mo
    - = 'Adulta Piangua'\*'tasa mortalidad captura'
    - corresponde a la cantidad promedio de captura de piangua por mes. se calculó a través de la cantidad de piangua adulta y la tasa de mortalidad por captura (Cruz) .
  - Copy 2 of Copy of Tasa\_3 = 268.95 per mo
    - = 0.5\*'pago real 5'
  - Copy 2 of Tasa\_2 = 2.00
    - = 'esfuerzo 3'\*0.5
  - Copy 3 of Copy of Tasa\_3 = 268.95 per mo
    - = 0.5\*'pago real 2'
  - Copy of Copy of Copy of Tasa\_2 = 2.00
    - = 'esfuerzo 5'\*0.5
  - Copy of Copy of Tasa\_2 = 2.00
    - = 'esfuerzo 4'\*0.5
  - Copy of Copy of Tasa\_3 = 268.95 per mo
    - = 0.5\*'pago real 3'











## **TARJETAS DE DECISIÓN DEL JUEGO**

## FORMATO DE CUENTAS DE CADA GRUPO

(PRIMERA ETAPA)

NOMBRE DE LA FAMILIA : \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

LUGAR DEL JUEGO: \_\_\_\_\_

RONDA	NUESTRA DECISIÓN (nivel de extracción que va de 1-8)	TOTAL DEL GRUPO (copiar de la pantalla)	TOTAL DE LOS OTROS (restar columna 3 menos la 2)	NUESTRO PAGO (copiar de la pantalla)	NUESTRO NIVEL DE CONFIANZA EN LA COMUNIDAD (Bajo, Medio Alto)		
					B	M	A
<b>Practica</b>				00000000	B	M	A
<b>Practica</b>					B	M	A
<b>1</b>					B	M	A
<b>2</b>					B	M	A
<b>3</b>					B	M	A
<b>4</b>					B	M	A
<b>5</b>					B	M	A
<b>6</b>					B	M	A
<b>7</b>					B	M	A
<b>8</b>					B	M	A
<b>9</b>					B	M	A
<b>10</b>					B	M	A
<b>Total</b>					B	M	A

## HOJA DEL MONITOR

RONDA	ESFUERZO POR FAMILIA					VOTO POR LA REGULACIÓN (más de tres palitos hay regulación)
	FAMILIA 1	FAMILIA 2	FAMILIA 3	FAMILIA 4	FAMILIA 5	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						

## FORMATO DE CUENTAS DE CADA GRUPO

(SEGUNDA ETAPA)

NOMBRE DE LA FAMILIA : \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

LUGAR DEL JUEGO: \_\_\_\_\_

RONDA	NUESTRA DECISIÓN (nivel de extracción que va de 1-8)	TOTAL DEL GRUPO (copiar de la pantalla)	TOTAL DE LOS OTROS (restar columna 3 menos la 2)	NUESTRO PAGO ANTES DE LA REGULACIÓN (copiar de la pantalla)	NUESTRA MULTA EN ESTA RONDA	NUESTRO PAGO DESPUES DE LA MULTA (restar columna 5 menos la 6)	MI NIVEL DE CONFIANZA EN LA COMUNIDAD (Baja, Media, Alta)			NUESTRO VOTO POR LA REGULACIÓN ES (SI - NO)	
							B	M	A	SI	NO
11											

<b>12</b>							<b>B</b>	<b>M</b>	<b>A</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
<b>13</b>							<b>B</b>	<b>M</b>	<b>A</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
<b>14</b>							<b>B</b>	<b>M</b>	<b>A</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
<b>15</b>							<b>B</b>	<b>M</b>	<b>A</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
<b>16</b>							<b>B</b>	<b>M</b>	<b>A</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
<b>17</b>							<b>B</b>	<b>M</b>	<b>A</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
<b>18</b>							<b>B</b>	<b>M</b>	<b>A</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
<b>19</b>							<b>B</b>	<b>M</b>	<b>A</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
<b>20</b>							<b>B</b>	<b>M</b>	<b>A</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
<b>Total</b>							<b>B</b>	<b>M</b>	<b>A</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>

## HOJA DE PERFILES DE LOS JUGADORES

LUGAR DEL JUEGO:

\_\_\_\_\_ FECHA \_\_\_\_ / \_\_\_\_  
/ \_\_\_\_\_

	<b>NOMBRE COMPLETO</b>	<b>OCUPACIÓN O CARGO</b>	<b>NIVEL DE FORMACIÓN</b>	<b>LUGAR DONDE LABORA</b>
<b>1</b>				
<b>2</b>				
<b>3</b>				
<b>4</b>				
<b>5</b>				
<b>6</b>				
<b>7</b>				
<b>8</b>				
<b>9</b>				
<b>10</b>				
<b>11</b>				
<b>12</b>				

<b>13</b>				
<b>14</b>				
<b>15</b>				
<b>16</b>				
<b>17</b>				
<b>18</b>				
<b>19</b>				
<b>20</b>				
<b>21</b>				
<b>22</b>				
<b>23</b>				
<b>24</b>				
<b>25</b>				
<b>26</b>				
<b>27</b>				
<b>28</b>				
<b>29</b>				
<b>30</b>				

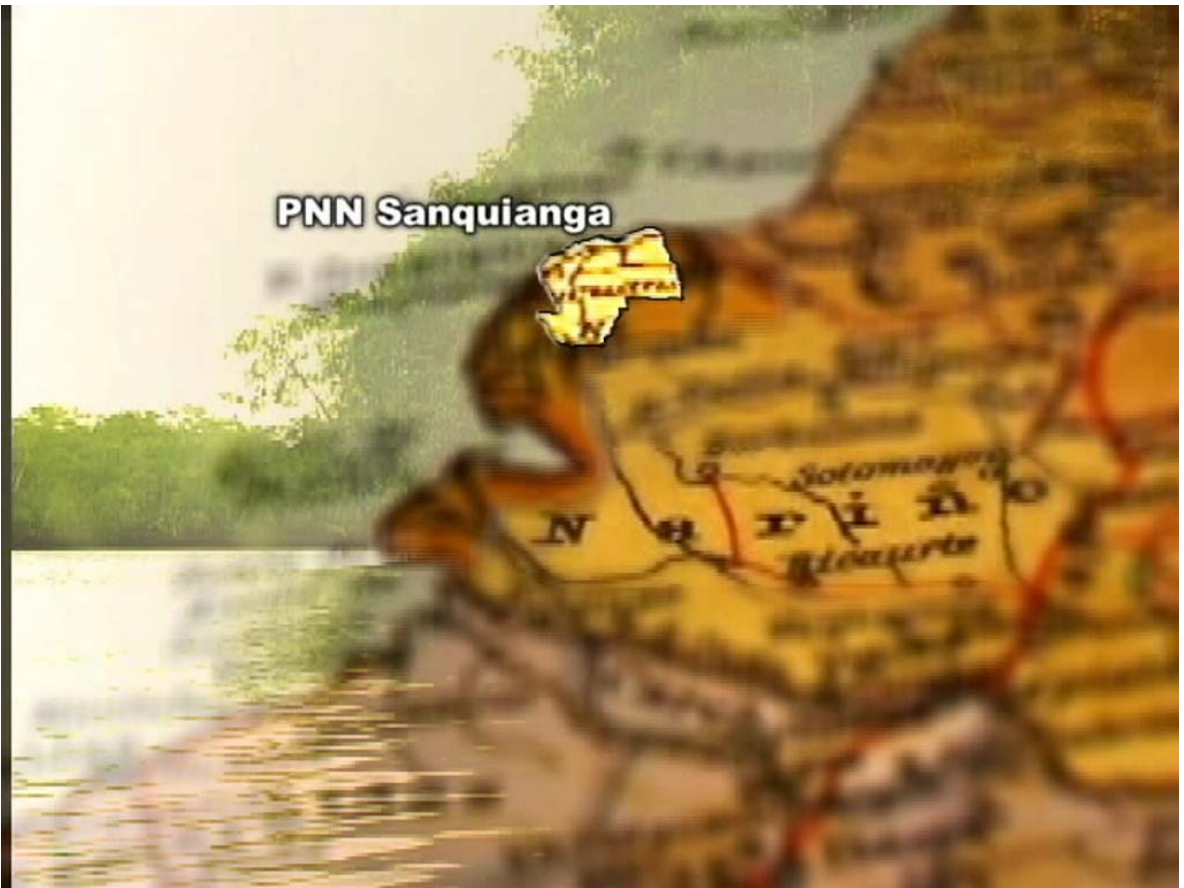
## **PANTALLAZOS DE PRESENTACION DEL JUEGO**

# el juego de la Piangua















# 1. sostenimiento de la comunidad





## 2. sostenimiento del ecosistema

