



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN ECONOMÍA
FACULTAD DE ECONOMÍA

**“EFICIENCIA TÉCNICA, SOCIAL Y
ECONÓMICA DE LA PESQUERÍA DE
ABULÓN BAJO UN ESQUEMA DE
GESTIÓN POR MEDIO DE
RESERVAS MARINAS: EL CASO DE
ISLA NATIVIDAD, BAJA
CALIFORNIA, MÉXICO”**

T E S I S

QUE PARA PRESENTAR EL EXAMEN DE GRADO DE:

DOCTOR EN ECONOMÍA
DE LOS RECURSOS NATURALES Y DESARROLLO SUSTENTABLE

PRESENTA:

DANIEL ALFREDO REVOLLO FERNÁNDEZ

COMITE TUTORAL:

DR. AGUILAR IBARRA ALONSO (Director de Tesis)
DR. CÁRDENAS JUAN CAMILO
DRA. MICHELI FIORENZA
DRA. SÁENZ-ARROYO ANDREA
DR. SALDIVAR VALDES AMERICO



México, D.F. - 2012



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Se agradece ampliamente la beca otorgada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT N° 297139), que permitió la realización del programa de Doctorado en Economía en el posgrado de Economía, UNAM. De igual forma, el apoyo económico recibido para la investigación a través de CONACYT N° 81653, UNAM-DGAPA-PAPIIT IN301310, Fundación Walton Family a través de Comunidad y Biodiversidad A.C.

El Comité Tutorial del presente trabajo de investigación estuvo integrado por:

- *Dr. Alonso Aguilar Ibarra* (Director de Tesis)
Instituto de Investigaciones Económicas - Universidad Nacional Autónoma de México

- *Dr. Américo Saldivar Valdes*
Posgrado de Economía - Universidad Nacional Autónoma de México

- *Dra. Andrea Sáenz-Arroyo*
Directora de Ciencia - Comunidad y Biodiversidad A.C., México

- *Dra. Fiorenza Micheli*
Hopkins Marine Station - Stanford University, United States of America

- *Dr. Juan Camilo Cárdenas*
Facultad de Economía - Universidad de los Andes, Colombia

Ciudad Universitaria, Distrito Federal, México.

Dedicatoria

A mi papá, que a pesar de su falta física, siempre está a mi lado.

A mi mamá, por darme la vida y enseñarme siempre a seguir mis metas y objetivos.

A mi queridos hermanos (Felipe y Pacha) por ser un verdadero ejemplo de buenos hermanos y principalmente amigos.

A Andrea, por acompañarme en esta aventura.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), por el conocimiento y todos las facilidades que me ha ofrecido en mi formación académica.

Al Posgrado de Economía de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), por todo el apoyo y la disponibilidad.

Al Instituto de Investigaciones Económicas (IIEc), por recibirme durante el lapso de mis estudios.

A Comunidad y Biodiversidad A.C. (COBI A.C.) por creer en este proyecto.

Al Dr. Alonso Aguilar Ibarra, además de ser un excelente director de tesis, un gran amigo.

A la Dra. Andrea Sáenz-Arroyo, por creer en mí y en este proyecto de investigación. Además de convertirse en una gran amiga.

Al Dr. Américo Saldivar, por sus valiosos comentarios que enriquecieron esta investigación.

A la Dra. Fiorenza Micheli, por compartir su experiencia y conocimiento con este proyecto de investigación.

Al Dr. Juan Camilo Cárdenas, gracias por confiar en mis capacidades para llevar esta investigación, por creer en proyectos de esta naturaleza.

A los habitantes de las zonas costeras de Baja California donde realizamos la investigación. Especialmente a los que habitan Isla Natividad. Gracias Jhony, Alonso (Cejas) y Roberto (Toshy) por su amistad y hospitalidad. Igualmente, un agradecimiento a la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Buzos y Pescadores de Isla Natividad.

A mis queridos amigos de COBI (Leo, Paquito, Arturo, Amanda, Eduardo), gracias por las aventuras en los viajes y por toda su colaboración.

A mis amigos del IIEc, gracias Rafita, Uberto, Vlady y Eva.

A mis queridos amigos, Ángela, Christoph, Robert, Rodo, Alecita, Leti, Walter, Dario, Mauri, Juanca, Nata, Jimy y Caro.

A Piedad, Sebas y Edgar, por aceptarme como parte de su familia.

A Anita, Araceli, Juanita, Dulce, Mary Carmen y Nayelly. Gracias por toda su colaboración.

Gracias a todos los que confiaron en mí.

ÍNDICE GENERAL

Resumen.....	001
Introducción.....	002
1. El problema.....	003
1.1. Aproximación al problema.....	003
1.2. Objetivos o preguntas de investigación.....	004
1.3. Metodologías para responder a las preguntas de investigación.....	005
1.4. Hipótesis.....	006
1.5. Tipo de investigación.....	006
2. Revisión de literatura.....	007
2.1. Recursos de uso común (RUC).....	007
2.2. Economía de la pesca.....	009
2.3. Reservas marinas.....	011
3. Descripción de la zona de estudio.....	013
4. Respuesta a las preguntas de investigación.....	015
4.1. Historia ecológica y aproximación a la línea base de abundancia de abulón en Baja California, México.....	015
4.1.1. Introducción.....	015
4.1.2. Primeras evidencias del uso del abulón en el mundo y en Baja California.....	017
4.1.3. Descubrimientos y exploraciones en las costas de Baja California.....	018
4.1.4. Arribo de ciudadanos japoneses, chinos y posteriormente mexicanos dedicados a la pesca de abulón.....	020
4.1.5. Aproximación de línea base de abundancia de abulón en Baja California a través de historia oral.....	027
4.1.6. Conclusiones historia ecológica y aproximación a la línea base de abundancia de abulón en Baja California, México.....	033
4.2. Economía experimental para medir variables sociales que influyen las decisiones de extracción.....	035
4.2.1. Estrategias participativas para el manejo de un recurso de uso común (RUC).....	035
4.2.1.1. Marco experimental.....	037
4.2.1.2. Experimentos con estudiantes.....	041
4.2.1.2.1. Resultados.....	041
4.2.1.2.2. Aversión al riesgo y al cumplimiento.....	048
4.2.1.2.2.1. Elasticidad riesgo de la captura (ERC).....	050
4.2.1.2.2.2. Índice de riesgo (IR).....	052
4.2.1.2.2.3. Utilidad del valor esperado recibido con certidumbre frente a la utilidad esperada de la acción a tomar.....	053
4.2.1.2.2.4. Medida de aversión absoluta de Arrow-Pratt.....	056
4.2.1.3. Resultados con habitantes de Isla Natividad.....	059
4.2.2. Reservas marinas: ¿un seguro contra el cambio climático?.....	069
4.2.2.1. Marco experimental.....	071
4.2.2.2. Resultados con estudiantes.....	074
4.2.2.3. Resultados con habitantes de Isla Natividad.....	082
4.2.3. Conclusiones economía experimental para medir variables sociales que influyen las decisiones de extracción.....	094
4.3. Análisis bioeconómico de la captura de abulón en Isla Natividad.....	095

4.3.1.	Marco teórico.....	095
4.3.1.1.	Modelo biológico de Schaefer.....	095
4.3.1.2.	Modelo bioeconómico de Gordon-Schaefer.....	097
4.3.1.3.	Modelo dinámico de control óptimo.....	098
4.3.2.	Marco práctico.....	099
4.3.2.1.	Materiales y fuentes de información.....	099
4.3.2.2.	Estadísticas descriptivas.....	101
4.3.2.2.1.	Información a nivel de zona.....	101
4.3.2.2.1.1.	Zona de Pesca “A”.....	101
4.3.2.2.1.2.	Zona de Pesca “B”.....	101
4.3.2.2.1.3.	Zona de Pesca “C”.....	102
4.3.2.2.1.4.	Zona de Pesca “D”.....	102
4.3.2.2.1.5.	Zona de Pesca “E”.....	103
4.3.2.2.1.6.	Zona de Pesca “F”.....	103
4.3.2.3.	Modelo bioeconómico.....	104
4.3.2.3.1.	Modelo bioeconómico a nivel de zona.....	105
4.3.2.3.1.1.	Modelo bioeconómico para la zona “A”.....	105
4.3.2.3.1.2.	Modelo bioeconómico para la zona “B”.....	106
4.3.2.3.1.3.	Modelo bioeconómico para la zona “C”.....	107
4.3.2.3.1.4.	Modelo bioeconómico para la zona “D”.....	107
4.3.2.3.1.5.	Modelo bioeconómico para la zona “E”.....	108
4.3.2.3.1.6.	Modelo bioeconómico para la zona “F”.....	109
4.3.2.4.	Modelo dinámico de control óptimo aplicado a la pesquería de abulón.....	101
4.3.3.	Conclusiones análisis bioeconómico de la captura de abulón en Isla Natividad.....	116
4.4.	Eficiencia técnica de la implementación de reservas marinas en Isla Natividad.....	117
4.4.1.	Teoría análisis de eficiencia.....	118
4.4.1.1.	Modelos paramétricos.....	118
4.4.1.2.	Modelos no paramétricos.....	119
4.4.1.2.1.	Modelo con retornos constantes a escala (CCR).....	122
4.4.1.2.2.	Modelo retornos variables a escala (BCC).....	123
4.4.2.	Análisis de eficiencia de la implementación de reservas marinas en Isla Natividad.....	124
4.4.2.1.	Análisis de eficiencia a nivel de zona.....	124
4.4.2.1.1.	Eficiencia relativa.....	124
4.4.2.1.2.	Análisis envolvente de datos (DEA) para las zonas de captura de Isla Natividad.....	134
4.4.2.2.	Análisis de eficiencia a nivel de bloque.....	136
4.4.2.2.1.	Eficiencia relativa.....	136
4.4.3.	Conclusiones eficiencia técnica de la implementación de reservas marinas en Isla Natividad.....	144
4.5.	Costo de oportunidad de la implementación de una reserva marina.....	146
4.5.1.	¿Cuál es el valor económico total de una reserva marina?.....	146
4.5.1.1.	Valor de uso directo o costo de oportunidad de los pescadores de Isla Natividad a consecuencia de la implementación de una reserva marina.....	152

4.5.1.2. Valor de uso directo de la implementación de una reserva marina por dispersión de larvas a nivel de bloque.....	154
4.5.1.3. Elasticidades que miden la variación en el valor presente neto (VPN) ante cambios en el nivel de esfuerzo, porcentaje de larvas que migran al bloque contiguo y porcentaje de sobrevivencia-reclutamiento.....	169
4.5.1.3.1. Elasticidad VPN del nivel de esfuerzo y sobrevivencia-reclutamiento manteniendo constante el porcentaje que migra de un bloque al otro (50%).....	169
4.5.1.3.2. Elasticidad VPN del porcentaje que migra de un bloque al otro y del nivel de esfuerzo, manteniendo constante la sobrevivencia-reclutamiento (0,00001).....	171
4.5.1.3.3. Elasticidad VPN del porcentaje de larvas que se queda en el bloque (reserva marina) y sobrevivencia-reclutamiento de larvas, manteniendo constante el esfuerzo empleado para la captura de abulón (15%).....	174
4.5.2. Conclusiones costo de oportunidad de la implementación de una reserva marina en Isla Natividad a consecuencia de la dispersión de larvas.....	176
5. Conclusiones de la investigación.....	178
Bibliografía.....	182

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación Isla Natividad, Baja California, México (punto rojo).....	013
Figura 2. Isla Natividad con sus respectivas zonas y bloque de pesca.....	014
Figura 3. Zonas geográficas reglamentadas para la captura de abulón en la península de Baja California, México.....	016
Figura 4. Buzos japoneses usando escafandra que fue introducido por Kondo Masaharu. Isla de Cedros, Baja California (1910-1930).....	022
Figura 5. Bastidores usados para el secado de abulón en el campamento de la planta Bernstein en Isla Cedros B.C., México.....	024
Figura 6. Mejor captura en tamaño (cm.) que contaron haber realizado en todos los años que llevan como buzos para abulón amarillo (ANOVA, test, $F=31,73$, $p<0.001$) y azul (ANOVA, test, $F=61,88$, $p<0.001$) respectivamente para cada generación.....	029
Figura 7. Mejor captura en peso (kilogramos) que contaron haber realizado en todos los años que llevan como buzos para abulón amarillo (ANOVA, test, $F=13,56$, $p<0.001$) y azul (ANOVA, test, $F=47,20$, $p<0.001$) respectivamente para cada generación.....	030
Figura 8. Mayor marea realizada durante su vida activa de buzo. El gráfico a) presenta información para abulón amarillo, donde se evidencia un ajuste de los datos del 78%. El gráfico b) presenta información para abulón azul, con ajuste de los datos del 84%. El gráfico c) reporta las capturas que se han generado en Baja California. Se observa que la disminución de las mejores capturas reportadas por los buzos sigue una tendencia parecida a la disminución del nivel de las capturas.....	031
Figura 9. Esquema del juego económico experimental aplicado a estudiantes.....	039
Figura 10. Esquema del juego económico experimental aplicado a los habitantes de Isla Natividad.....	059
Figura 11. Sensores oceanográficos (puntos en amarillo).....	070
Figura 12. Esquema del juego experimental.....	074
Figura 13. Información a nivel de toda la Isla y de bloque.....	100
Figura 14. Eficiencia técnica y asignativa.....	118
Figura 15. Ejemplo fronteras de eficiencia en el caso de una función de producción.....	120
Figura 16. Retornos constantes a escala orientados al input.....	122
Figura 17. Retornos constantes a escala orientados al output.....	122
Figura 18. Retornos variables a escala orientados al input.....	123
Figura 19. Retornos variables a escala orientados al output.....	123
Figura 20. Evolución de las capturas antes y después de la implementación de las reservas marinas a nivel zona de pesca.....	124
Figura 21. Evolución de la biomasa antes y después de la implementación de las reservas marinas a nivel zona de pesca.....	125
Figura 22. Metros cuadrados (m^2) realizados por marea antes y después de la implementación de las reservas marinas a nivel de zona de pesca.....	126
Figura 23. Metros cuadrados (m^2) realizados por captura antes y después de la implementación de las reservas marinas a nivel zona de pesca.....	126
Figura 24. Metros cuadrados (m^2) por biomasa antes y después de la implementación de las reservas marinas a nivel de zona de pesca.....	127
Figura 25. Captura por unidad de esfuerzo (CPUE) antes y después de la implementación de las reservas marinas a nivel zona de pesca.....	127

Figura 26. Metros cuadrados (m ²) por CPUE antes y después de la implementación de las reservas marinas a nivel zona de pesca.....	128
Figura 27. Puntaje de eficiencia relativa para los diferentes bloques de Isla Natividad tomando como variable de comparación la biomasa de abulón amarillo.....	138
Figura 28. Puntaje de eficiencia relativa para los diferentes bloques de Isla Natividad tomando como variable de comparación la talla promedio de abulón amarillo.....	138
Figura 29. Puntaje de eficiencia relativa para los diferentes bloques de Isla Natividad tomando como variable de comparación la talla máxima de abulón amarillo.....	139
Figura 30. Puntaje de eficiencia relativa para los diferentes bloques de Isla Natividad tomando como variable de comparación el porcentaje de abulón amarillo que cumple con la talla mínima (140 centímetros).....	140
Figura 31. Puntaje de eficiencia relativa para los diferentes bloques de Isla Natividad tomando como variable de comparación peso promedio de abulón amarillo.....	141
Figura 32. Puntaje de eficiencia relativa para los diferentes bloques de Isla Natividad tomando como variable de comparación la biomasa de abulón azul.....	142
Figura 33. Puntaje de eficiencia relativa para los diferentes bloques de Isla Natividad tomando como variable de comparación la talla promedio de abulón azul.....	142
Figura 34. Puntaje de eficiencia relativa para los diferentes bloques de Isla Natividad tomando como variable de comparación la talla máxima de abulón azul.....	143
Figura 35. Puntaje de eficiencia relativa para los diferentes bloques de Isla Natividad tomando como variable de comparación el porcentaje de abulón azul que cumple con la talla mínima (140 centímetros).....	143
Figura 36. Puntaje de eficiencia relativa para los diferentes bloques de Isla Natividad tomando como variable de comparación peso promedio de abulón azul.....	144
Figura 37. Mapa global de los impactos humanos en los ecosistemas marinos.....	146

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de beneficios o puntos para el escenario con stock alto y bajo.....	040
Tabla 2. Resultados modelo econométrico con estudiantes: Estrategias participativas para el manejo de un recurso de uso común.....	047
Tabla 3. Elasticidad Riesgo de la Captura.....	051
Tabla 4. Índice de Riesgo (IR).....	052
Tabla 5. Riesgo con diferentes valores para el coeficiente de aversión.....	055
Tabla 6. Aversión al Riesgo a través de la Función de Utilidad CRRA.....	055
Tabla 7. Medida de Aversión al Riesgo Arrow-Pratt.....	057
Tabla 8. Resultado modelo econométrico con pescadores de Isla Natividad: Estrategias participativas para el manejo de un recurso de uso común.....	065
Tabla 9. Tabla de puntos para las primeras cinco rondas (N = 20).....	072
Tabla 10. Estadísticas descriptivas del grupo de estudiantes.....	074
Tabla 11. Presencia o no del fenómeno de baja de oxígeno (aleatorio).....	076
Tabla 12. Resultado modelo econométrico con estudiantes: Reservas marinas: ¿un seguro contra el cambio climático?.....	080
Tabla 13. Estadísticas descriptivas de los habitantes de Isla Natividad.....	082
Tabla 14. ¿Qué porcentaje de la zona de pesca designaría como reserva marina si NO o SE presentara el fenómeno de la baja de oxígeno?.....	083
Tabla 15. Comparación efectividad estudiantes y habitantes de Isla Natividad.....	087
Tabla 16. Eficiencia a nivel de género para habitantes de Isla Natividad y alumnos.....	088
Tabla 17. Resultado modelo econométrico con pescadores de Isla Natividad: Reservas marinas: ¿un seguro contra el cambio climático?.....	089
Tabla 18. Estadísticas descriptivas pesquería de abulón zona pesca “A”.....	101
Tabla 19. Estadísticas descriptivas pesquería de abulón zona pesca “B”.....	102
Tabla 20. Estadísticas descriptivas pesquería de abulón zona pesca “C”.....	102
Tabla 21. Estadísticas descriptivas pesquería de abulón zona pesca “D”.....	103
Tabla 22. Estadísticas descriptivas pesquería de abulón zona pesca “E”.....	103
Tabla 23. Estadísticas descriptivas pesquería de abulón zona pesca “F”.....	104
Tabla 24. Puntos de referencia bioeconómico de la captura de abulón de la Zona “A”.....	105
Tabla 25. Puntos de referencia bioeconómico de la captura de abulón de la Zona “B”.....	106
Tabla 26. Puntos de referencia bioeconómico de la captura de abulón de la Zona “C”.....	107
Tabla 27. Puntos de referencia bioeconómico de la captura de abulón de la Zona “D”.....	107
Tabla 28. Puntos de referencia bioeconómico de la captura de abulón de la Zona “E”.....	108
Tabla 29. Puntos de referencia bioeconómico de la captura de abulón de la Zona “F”.....	109
Tabla 30. Resultados de niveles óptimos de stock, extracción y esfuerzo para un modelo dinámico de control óptimo a nivel de la Isla ante variaciones en la tasa de descuento.....	111
Tabla 31. Resultados de niveles óptimos de stock, extracción y esfuerzo para un modelo dinámico de control óptimo a nivel de la Isla ante variaciones en la tasa de descuento y precio.....	112
Tabla 32. Resultados de niveles óptimos de stock, extracción y esfuerzo para un modelo dinámico de control óptimo a nivel de la Isla ante variaciones en la tasa de descuento y costo.....	113
Tabla 33. Elasticidades precio y costo para las variables stock, relación captura-stock y esfuerzo para diversas tasas de descuento.....	115
Tabla 34. Eficiencia relativa del esfuerzo y de metros cuadrados (m ²) por esfuerzo.....	129

Tabla 35. Eficiencia relativa de la captura y metros cuadrados (m ²) por captura.....	131
Tabla 36. Eficiencia relativa de la biomasa y metros cuadrados (m ²) por biomasa.....	132
Tabla 37. Eficiencia relativa de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE).....	133
Tabla 38. Puntajes de eficiencia para las diferentes zonas de captura de abulón en Isla Natividad para diferentes años.....	135
Tabla 39. Número y nombre del bloque considerado para el análisis.....	136
Tabla 40. Resultados estimación valor de uso directo o costo de oportunidad de los pescadores de Isla Natividad a consecuencia de la implementación de las actuales reservas marinas.....	160
Tabla 41. Otros mejores escenarios que maximizan el VPN de establecer áreas marinas protegidas.....	166
Tabla 42. Elasticidad VPN nivel de esfuerzo en diferentes escenarios de sobrevivencia de larvas, manteniendo constante % que migra de larvas de un bloque al otro (50%).....	170
Tabla 43. Elasticidad VPN de sobrevivencia-reclutamiento en diferentes escenarios de esfuerzo, manteniendo constante % que migra de larvas de un bloque al otro (50%).....	170
Tabla 44. Elasticidad VPN del nivel de larvas que migran de un bloque a otro en diferentes escenarios de esfuerzo, manteniendo constante la sobrevivencia-reclutamiento (0,00001).....	172
Tabla 45. Elasticidad VPN esfuerzo en diferentes escenarios para % de larvas que migran de un bloque a otro adyacente, manteniendo constante la sobrevivencia-reclutamiento (0,00001).....	173
Tabla 46. Elasticidad VPN del porcentaje de larvas que se quedan en el bloque en diferentes escenarios de sobrevivencia-reclutamiento de larvas, manteniendo constante el esfuerzo empleado para la captura de abulón (15%).....	174
Tabla 47. Elasticidad VPN de sobrevivencia-reclutamiento de larvas en diferentes escenarios de porcentaje de larvas que se quedan en el bloque, manteniendo constante el esfuerzo empleado para la captura de abulón (15%).....	175

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Capturas promedio antes y después de la aplicación de la regla para los estudiantes.....	041
Gráfico 2. Capturas promedio por género antes y después de la aplicación de la regla para los alumnos.....	042
Gráfico 3. Puntos promedio antes y después de la aplicación de la regla para estudiantes.....	043
Gráfico 4. Puntos promedio por género antes y después de la aplicación de la regla para los alumnos.....	044
Gráfico 5. Capturas promedio de los estudiantes antes y después de la aplicación de la regla.....	049
Gráfico 6. Capturas promedio por género antes y después de la aplicación de la regla.....	050
Gráfico 7. Tendencia del Índice de Riesgo (IR).....	053
Gráfico 8. Capturas Promedio en los Diferentes Grados de Vigilancia.....	057
Gráfico 9. Capturas Promedio en los Diferentes Grados de Vigilancia por Género.....	058
Gráfico 10. Capturas promedio antes y después de la aplicación de la regla para los habitantes de Isla Natividad.....	060
Gráfico 11. Puntos promedio antes y después de la aplicación de la regla para habitantes de Isla Natividad.....	061
Gráfico 12. Capturas promedio por género antes y después de la aplicación de la regla para los habitantes de Isla Natividad.....	062
Gráfico 13. Puntos promedio por género antes y después de la aplicación de la regla para los habitantes de Isla Natividad.....	063
Gráfico 14. Capturas promedio antes y después de la aplicación del tratamiento a los estudiantes.....	075
Gráfico 15. Capturas promedio por género antes y después de la aplicación del tratamiento a los estudiantes.....	076
Gráfico 16. Puntos promedio por género antes y después de la aplicación del tratamiento a los estudiantes.....	077
Gráfico 17. Eficiencia promedio antes y después de la aplicación del tratamiento a los estudiantes.....	078
Gráfico 18. Eficiencia promedio por género antes y después de la aplicación del tratamiento a los estudiantes.....	079
Gráfico 19. Capturas promedio antes y después de la aplicación del tratamiento a los habitantes de Isla Natividad.....	084
Gráfico 20. Capturas promedio por género antes y después de la aplicación del tratamiento a los habitantes de Isla Natividad.....	085
Gráfico 21. Puntos promedio por género antes y después de la aplicación del tratamiento a los habitantes de Isla Natividad.....	086
Gráfico 22. Eficiencia promedio antes y después de la aplicación del tratamiento a los habitantes de Isla Natividad.....	087
Gráfico 23. Capturas promedio para socios y no socios de la Cooperativa.....	091
Gráfico 24. Capturas promedio para habitantes que tienen y no hijos.....	092
Gráfico 25. Capturas promedio para grupos con diferentes ingresos.....	093
Gráfico 26. Capturas promedio para grupos con diferentes edades.....	093
Gráfico 27. Aspectos temporales y espaciales de una reserva marina.....	147

Gráfico 28. Valor económico total (VET) del establecimiento de una reserva marina (RM).....	149
Gráfico 29. Beneficios atribuibles a la implementación de una reserva marina dependiendo de la proporción de área que se destine a ésta.....	151
Gráfico 30. Tamaño de la reserva aceptable para la población local.....	151
Gráfico 31. Potencial reproductivo abulón azul (izq.) y amarillo (der.) en Isla Natividad.....	153
Gráfico 32. Efecto “desbordamiento” de larvas de abulón en Isla Natividad.....	153
Gráfico 33. Bloques de Isla Natividad considerados para estimar el valor de uso directo de la implementación de reservas marinas.....	159
Gráfico 34. Evolución de la diferencia del valor presente neto (VPN) acumulado entre el escenario de establecer una reserva marina y no establecer.....	160
Gráfico 35. Senda: Stock menos captura de abulón en Isla Natividad con la implementación y no de las actuales reservas marinas.....	161
Gráfico 36. Valor Presente Neto (VPN) por establecer áreas marinas protegidas.....	162
Gráfico 37. Valor medio e intervalo de los diversos VPN.....	163
Gráfico 38. Zonas donde varía el VPN por establecer áreas marinas protegidas.....	163
Gráfico 39. Zona donde se maximiza el VPN por establecer áreas marinas protegidas.....	164
Gráfico 40. Escenario con las actuales áreas marinas protegidas.....	164
Gráfico 41. Escenario que maximiza el VPN de establecer áreas marinas protegidas.....	165
Gráfico 42. Senda: Stock menos captura de abulón en Isla Natividad sin reserva marina (NRM), con las actuales reservas marinas (RM Actual) y con la mejor solución encontrada para el establecimiento de reservas marinas (RM Óptima).....	166
Gráfico 43. Porcentaje de veces que aparece un bloque cerrado cuando el VPN es mayor al VPN del escenario de No Reservas Marinas (NRM).....	167
Gráfico 44. Porcentaje de veces que aparece un bloque cerrado cuando su VPN es mayor al VPN del escenario con las actuales Reservas Marinas (RM).....	168
Gráfico 45. Sendas de VPN y sobrevivencia-reclutamiento ante diferentes escenarios de esfuerzo, manteniendo constante % que migra de larvas de un bloque al otro (50%).....	171
Gráfico 46. Sendas de VPN y esfuerzo ante diferentes escenarios de % de larvas que se queda en la reserva marina, manteniendo constante la sobrevivencia-reclutamiento (0,00001).....	173
Gráfico 47. Sendas de VPN y sobrevivencia-reclutamiento ante diferentes escenarios de porcentaje de larvas que se queda en el bloque (reserva marina), manteniendo constante el esfuerzo empleado para la captura de abulón (15%).....	176

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Formulación de los Puntos de Referencia Bioeconómicos.....	097
--	-----

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Citas referidas a la presencia de abulón.....	196
Anexo 2. Entrevista.....	201
Anexo 3. Pruebas de correlación de Spearman.....	202

Resumen

En buen estado de conservación, el bosque de sargazo gigante (*macrocystis pyrifera*) ofrece una variedad de servicios ambientales (Steneck et. al, 2002 y Rosman et. al, 2007), por ejemplo recursos pesqueros de alto valor comercial y nutritivo como abulón, langosta y peces de significativa demanda en los mercados internacionales y de gran importancia para la economía de la región de Baja California como es el caso de Isla Natividad (COBI, 2006).

Las capturas reportadas de abulón en los últimos años en la región de Baja California, son aproximadamente un poco menos de diez por ciento de las reportadas en la década de los años cincuenta. Las hipótesis acerca de las causas de esa disminución están asociadas a una fuerte presión de pesca, cambios en el clima marino, pesca ilegal, pesca no registrada o la combinación de éstas (Ponce Díaz, 2008). Sin embargo, otra hipótesis indica que la baja de la captura se debe a la estrategia de manejo que se viene aplicando con la reducción de las cuotas de captura y no a una disminución proporcional de la biomasa (INP, 2006). Las especies abulón azul (*Haliotis fulgens*) y abulón amarillo (*Haliotis corrugata*) son prácticamente una fracción de lo que fueron históricamente, mientras que el abulón chino (*Haliotis sorenseni*) y el abulón negro (*Haliotis cracherodii*) están prácticamente extirpados de las costas bajacalifornianas (Sáenz-Arroyo, 2008).

Similarmente en Isla Natividad, se verificó que la captura de abulón está presentando una sobreexplotación del recurso en sus diversas zonas y bloques de pesca. Esta sobreexplotación, escasez del recurso y preocupación de los pescadores, llevó a que en el año 2006 decidieran implementar un proyecto piloto de reservas marinas como una posible solución. A unos años de su implementación, se constata a través de parámetros de eficiencia para variables biológicas su éxito en recuperar esta especie frente a lo que sucede en otras áreas que son destinadas a la pesca.

De igual forma, a través de juegos económicos experimentales se constató la importancia de incluir dentro del diseño de políticas públicas orientadas al manejo de recursos naturales (recursos de uso común) variables sociales y de capital humano. Variables como la cooperación, altruismo, participación de la colectividad o normas sociales ya establecidas en las comunidades pueden y deben ser un eje importante en el éxito o fracaso de determinada política ambiental.

Otra variable o factor importante en el diseño y puesta en práctica de políticas públicas para el manejo de recursos naturales es la incorporación de las mujeres en la toma de decisiones. Los experimentos económicos aplicados demostraron que las mujeres son más cautas o más responsables en el manejo de los recursos naturales. Por otro lado, mostró que los hombres son más amantes al riesgo a ser capturados infringiendo las reglas o que las mujeres presentan mayor grado de culpabilidad por no cumplirlas.

Después de haber constatado que la implementación de reservas marinas es una buena herramienta para mejorar la conservación de un recurso y por ende de un ecosistema, también se constató que su implementación reporta mayores beneficios económicos para

los pescadores frente al escenario de no implementarlas. En una primera etapa de años, los costos económicos por no pescar son mayores a los beneficios económicos; sin embargo, deben pasar aproximadamente entre diez y trece años para que esta situación se revierta gracias a un mayor reclutamiento y dispersión de larvas de abulón a bloques adyacentes para el caso de Isla Natividad.

Las actuales reservas marinas protegidas que cubren aproximadamente un nueve por ciento del área de pesca de la Isla, generarán mayores beneficios económicos en un periodo de estudio de 25 años y bajo los supuesto planteados. Se puede incrementar el porcentaje de área cerrada para obtener unas mayores ganancias, siempre y cuando se cierren los bloques correctos. Por ejemplo, si se cierra un 26,5% del área de pesca, los beneficios económicos aumentarían en un 8,6%. Bloques como Punta Prieta, Anegados Cabo Pruneda, Morro Prieto, La Poza, Las Cuevas, La Dulce y Piedra María presentan buenas características tanto biológicas y económicas para ser consideradas como potenciales reservas marinas y para pensar en establecer una red de reservas marinas en Isla Natividad.

Por lo tanto, desarrollar un estudio de optimización, simulación dinámica, eficiencia técnica y social de la industria abulonera bajo un nuevo esquema de gestión por medio de reservas marinas, puede reducir la incertidumbre sobre la existencia del recurso en un futuro y puede ser el inicio de la formulación de diversas políticas pesqueras, que buscan la conservación de dicho molusco, considerado un recurso de uso común (RUC) y no llegar a presenciar una tragedia de los comunes. Sin duda alguna, construir modelos de optimización y simulación dinámica mediante la implementación de nuevos esquemas pesqueros, permite diseñar políticas para lograr un manejo sostenible de dicho recurso, en beneficio de los agentes económicos que viven de su comercialización, para su autoconsumo y dejando un legado a futuras generaciones.

Introducción

El desarrollo de la teoría económica de un recurso de propiedad común (RUC) se inicia a partir de los trabajos de Gordon (1954) y Scott (1955), en los cuales se determina que el problema en torno a la falta de derechos de propiedad afecta la sobreexplotación del recurso. Seguidamente, empiezan a desarrollarse estudios acerca del manejo de recursos pesqueros, como por ejemplo el modelo de Gordon-Scott y el trabajo de Hardin (1968) titulado "*La tragedia de los Comunes*" (The Tragedy of the commons). El trabajo de Hardin plantea que es un problema de eficiencia que se origina cuando existe un recurso que es utilizado por varios agentes económicos de manera conjunta, sin que ninguno de ellos pueda excluir a otros.

La mayoría de países están incorporando el concepto de conservación de los recursos naturales y del medio ambiente en sus programas económicos con la finalidad de obtener el mayor beneficio para la sociedad, sin poner en riesgo su existencia. En este orden de ideas, México al ser un país megadiverso en recursos naturales, no debe mantenerse al margen, más aún debe pensar en seguir diseñando e implementando herramientas novedosas de gestión ambiental como por ejemplo la puesta en práctica de reservas marinas para establecer metas y recomendaciones de política sobre el uso racional de recursos naturales

renovables como los pesqueros.¹

Un caso en México de un recurso de uso común, es el referido a la pesquería de abulón en la región de Isla Natividad, Baja California. Dicho recurso a pesar de estar en una etapa de sobreexplotación y en el caso del abulón negro (*Haliotis cracherodii*) estar incorporado desde el año 2004 en la lista roja de especies amenazadas de la UICN (International Union for Conservation of Nature)², representa un ejemplo de manejo sostenible por parte de comunidades organizadas en cooperativas a través de cuotas de captura, establecimiento de reservas marinas piloto, membresías, reglas claras, supervisión y confianza entre ellas. A lo largo de la costa occidental de la península de Baja California que abarca desde la frontera con Estados Unidos de América hasta Isla Margarita, se evidencia la presencia de 12 cooperativas, las cuales dependen exclusivamente de la actividad pesquera de este recurso (Cortina y Brachet, SF).

En este sentido, un aporte importante constituye el conocimiento de los determinantes de la explotación que realizan estas comunidades agrupadas en cooperativas debido a la importancia económica y cultural que representan los ecosistemas costeros para la economía mexicana y principalmente para estas comunidades que viven exclusivamente de la presencia y explotación de abulón. Los resultados obtenidos en esta zona pesquera pueden servir de mucho para definir futuras políticas para el sector pesquero de la región y de México.

1. El problema

1.1. Aproximación al problema

Según la teoría económica, los recursos de uso común (RUC) deben eliminarse a consecuencia de la sobreexplotación a que se enfrentan por la competencia que existe entre los agentes económicos debido a que cada agente pretende maximizar los beneficios individuales sin tomar en cuenta los beneficios sociales, seguir el comportamiento del “*homo-economicus*”, es decir, un individuo egoísta, de preferencias exógenas, al que le interesa sólo su propio bienestar y el cual se ocupa de las interacciones sociales únicamente cuando estas afectan su riqueza y bienestar propio (Gintis, 2000). Por medio de experimentos de campo, la literatura demuestra que además del “*homo-economicus*” se puede presentar otro tipo de comportamiento donde se tiene presente otros factores como la reciprocidad, el altruismo y la confianza que influyen en las decisiones económicas de los agentes y que llegan a ser otra alternativa para el manejo sostenible de los RUC.

El caso que se presenta en Baja California con la explotación de abulón es un buen ejemplo de un recurso de uso común. Las capturas de abulón reportadas en los últimos años, son aproximadamente un poco menos del diez por ciento de las reportadas en la década de los

¹ Las reservas marinas se definen como áreas del océano completamente protegidas de actividades que extraen animales y plantas o alteran los hábitats, con excepción de aquellas requeridas para el monitoreo científico (Partnership for Interdisciplinary Studies of Coastal Oceans, 2007).

² Fuente: http://www.felidos.com/archivostigres/lista_roja_uicn_febr_04.pdf. Recuperado el 28 de septiembre de 2011.

años cincuenta. Este comportamiento puede deberse a las siguientes hipótesis que no son excluyentes:

- a) La intensa explotación pesquera en décadas pasadas, cambios en el clima marino y pesca ilegal originó una gran disminución en el stock disponible, originando que la explotación en los últimos años sea más laboriosa y con menores resultados.
- b) La baja de las capturas se debe a la estrategia de manejo que se viene aplicando con una reducción de las cuotas de captura y no a una disminución proporcional de la biomasa (INP, 2006).

La organización de las comunidades que explotan abulón en la Isla Natividad B.C. en cooperativas, la creación de reglas o cuotas para su explotación y principalmente la implementación de un proyecto piloto de reservas marinas, generó la conciencia en los agentes económicos de conservar el recurso que es de propiedad de todos a través de nuevas herramientas de gestión. Esta nueva herramienta de gestión (reserva marina) debe ser estudiada para determinar su eficiencia técnica en la restauración de especies y/o ecosistemas, viabilidad socioeconómica para su implementación y el impacto en la comunidad.

1.2. Objetivos o preguntas de investigación

Los objetivos que pretende la presente investigación son presentados en forma de preguntas, pero que de manera conjunta tienen que ver con la viabilidad técnica, ambiental, social, económica y biológica de la implementación de reservas marinas como una nueva herramienta de gestión pesquera en México y en el mundo, esto con la finalidad de identificar y demostrar sus fortalezas y debilidades. Para estudiar esta herramienta pesquera se consideró como estudio de caso el Proyecto Piloto que se viene desarrollando en Isla Natividad, Baja California, México. En tal sentido, se busca responder a las siguientes preguntas:

- a) *¿La implementación de reservas marinas como un esquema de gestión en la pesquería del abulón en Isla Natividad permite restaurar el ecosistema, originando que las actividades pesqueras sean más eficientes y productivas?*
- b) *¿Los ecosistemas restaurados a través de la implementación de reservas marinas en Isla Natividad mejoran la calidad de vida de la comunidad local?*
- c) *¿Los ecosistemas restaurados a través de la implementación de reservas marinas en Isla Natividad son más robustos a cambios climáticos?*
- d) *¿Es determinante o en qué grado influye la presencia de preferencias sociales para el establecimiento y éxito de reservas marinas en Isla Natividad?*

1.3. Metodologías para responder a las preguntas de investigación

Para cada pregunta que se propone estudiar, de igual forma se propone una metodología para su desarrollo. Las metodologías son las siguientes:

- a) Realizar un análisis de optimización y simulación dinámica (análisis bioeconómico) de la explotación del recurso abulón para el manejo sostenible de la pesca en Isla Natividad a través de diferentes escenarios incorporando variables ambientales.

A través del análisis bioeconómico, se estima sendas de stock, extracción y esfuerzos óptimos a través de la teoría de control óptimo. Realizar simulaciones en precios y costos unitarios para analizar sus efectos en los niveles de stock, extracción y esfuerzo óptimo. Estimar políticas óptimas de extracción pesquero con base en la programación dinámica y realizar un análisis post-optimalidad del recurso.

Realizar un análisis de eficiencia de la industria pesquera de abulón a través de modelos de análisis envolvente de datos (DEA) con el fin de que esta información pueda servir de ayuda en el diseño de una política de conservación del recurso tras la implementación de reservas marinas.

- b) Estimar el costo de oportunidad de los pescadores por la dispersión de larvas de abulón de una reserva marina en la Isla Natividad y así proveer una herramienta que permita tomar decisiones de política adecuada, que propendan por la maximización del bienestar social y el uso sostenible de los recursos naturales y su conservación. Realizando un análisis para conocer el tamaño óptimo de la reserva y el tiempo necesario para recuperar el costo de oportunidad de no pescar.

Realizar un recuento de la historia de la pesquería de abulón en la región para tener una idea de la importancia histórica del recurso y tener una línea base de comparación para las medidas de restauración ecológica que se tengan que tomar en un futuro.

- c) En los diferentes escenarios que se van a plantear en el análisis bioeconómico y de eficiencia (DEA) para la implementación de reservas marinas, un elemento a considerar es el tema de cambios climáticos, lo cual servirá para responder a la pregunta sobre qué tan robusto son los escenarios con la implementación de reservas marinas frente a escenarios sin su implementación. Para este caso, se recurre a la economía experimental, para simular escenarios con y sin la presencia de baja de oxígeno (hipoxia) y ver cómo se comportan los pescadores al momento de tomar la decisión si implementan o no reservas marinas en su territorio y que definirán sus niveles de captura del recurso.
- d) Estudiar los nexos y el grado de cooperación entre los diferentes agentes económicos a través de economía experimental para identificar y medir que variables son importantes para la toma de decisión al momento de extraer o no el recurso. Estas decisiones deben ser tomadas por los pescadores ante una serie de

escenarios o políticas tanto de tipo persuasivo (llamada de atención o comanejo) y económicas (multas y sanciones).

1.4. Hipótesis

La hipótesis de la presente investigación es que la *implementación de una reserva marina como herramienta de gestión y conservación marina en Isla Natividad ofrece una mejora de eficiencia desde un punto de vista técnico, social y económico*.³ Es decir, su puesta en marcha permite restaurar el ecosistema, permitiendo que las actividades de la captura de abulón sean más eficientes desde un punto de vista biológico, económico y social. Y que la presencia de ciertas variables sociales en los habitantes de la Isla puede ayudar a su mejor implementación y desarrollo.

1.5. Tipo de investigación

Según las preguntas de investigación propuestas, se recolectó documentación de trabajos que tratan el tema de economía pesquera en el uso de recursos de uso común (RUC) y el uso de reservas marinas como un instrumento de gestión y restauración ambiental. Un estudio riguroso de la zona donde se lleva a cabo la investigación tanto actual como histórica con la recolección de datos tanto primarios y secundarios.

La investigación que se realiza es novedosa y atractiva ya que estudia un recurso pesquero del cual muchos habitantes y comunidades de Baja California obtienen sus únicos o principales beneficios económicos, para los cuales se debe estudiar alguna alternativa o políticas para su conservación y que pueden ser un ejemplo para implementación en otros recursos naturales o en otras zonas pesqueras. La información biológica fue proporcionada a través de un convenio realizado entre la Cooperativa Buzos y Pescadores de Isla Natividad, Comunidad y Biodiversidad (COBI), Instituto de Investigaciones Económicas (IIEc) y la Universidad de Stanford a través de la Estación Marina Hopkins.

Con la información suministrada a través del convenio, se realizó las diferentes optimizaciones y simulaciones dinámicas a través de Excel y un complemento llamado Crystal Ball. Adicionalmente, se realizó el análisis de eficiencia a través de Banxia Frontier Analyst para la estimación del Análisis Envolvente de Datos (DEA) para la pesquería de abulón. Y para los ejercicios econométricos se recurrió al paquete Stata 10.

Simultáneamente, se empleó economía experimental para medir aquellas variables sociales y económicas que pueden definir el éxito o no de la implementación de reservas marinas, y éstas como un seguro ante variaciones climáticas como la presencia de una baja de oxígeno en el mar. Para esto, se realizó experimentos económicos con estudiantes de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), simulando que son pescadores y que sirven para

³ Para la investigación, **eficiencia** está referida como la capacidad de disponer de algo (reserva marina) para conseguir un objetivo o un efecto determinado (mejoramiento del ecosistema y de las condiciones económicas de vida de los pescadores), y que a su vez sea eficaz. Y entendemos como **eficaz** como la capacidad de lograr el efecto que se espera (escoger de manera correcta las áreas o bloques de pesca que se deben cerrar). De igual forma, cuando se habla **desde un punto de vista técnico**, no se refiere a mejoras en tecnología o artes de pesca, está referido a capacidad de mejoramiento de variables o aspectos biológicos.

pulir y comparar los experimentos que se realizaron con los pescadores de Isla Natividad en una segunda etapa.

Los resultados de la investigación, deben ser transmitidos a través de artículos en revistas arbitradas de prestigio, seminarios internacionales sobre temas de recursos naturales, seminarios en universidades, instituciones que trabajan en temas pesqueros, capacitación a los pescadores y las comunidades que trabajan con el recurso abulón y terceros interesados.

2. Revisión de literatura

Sin duda alguna, diseñar modelos de optimización y simulación dinámica de la especie abulón en la Isla Natividad, permite diseñar políticas para lograr un manejo sostenible de dicho recurso de uso común en beneficio de la economía de los agentes económicos que viven de su comercialización y de su autoconsumo. A continuación se referencian algunos documentos de carácter científico en relación con el tema de objeto de la investigación, presentando de manera separada los temas de recursos de uso común, economía de la pesca, reservas marinas y análisis de eficiencia de la industria.

2.1. Recursos de uso común (RUC)

El impacto sobre los recursos naturales de uso común está asociado a características y costumbres de aquellas comunidades que los explotan y de ciertas variables que toman en cuenta para definir sus niveles de extracción (Olson, 1965). Ostrom (2000) indica que los recursos de uso común *“no se usan de manera conjunta, pero su sistema si es susceptible de ser usado de manera conjunta”*.

Por medio de evidencia experimental Ostrom (1990) y Cárdenas (2001) demuestran que las predicciones hechas por Gordon (1954) o Hardin (1968) respecto a la explotación de los recursos de uso común no es el resultado más frecuente, aunque el resultado no es exactamente el óptimo social.⁴

North (1993) propone a las instituciones como reglas de juego de una sociedad, son los legados humanos o restricciones que estructuran las interacciones humanas. Estas reglas del juego pueden ser clasificadas en dos grupos, las formales como los estatutos y las leyes donde los agentes económicos deben cumplirlas para no tener que enfrentar multas o castigos y las informales como las convenciones, normas de comportamiento o códigos de conducta que en la mayoría de los casos son explícitas, es decir cada agente económico las cumple por temor a lo que pueden llegar a pensar el resto de los agentes, que en este caso reduce los costos de transacción.

Un factor importante es el referido a la comunicación entre los agentes económicos que explotan el recurso de uso común, ya que si no se tiene una buena comunicación se puede

⁴ Tanto Hardin como Gordon exponen la hipótesis que ante la presencia de recursos de uso común se conducirá a su sobreexplotación y finalmente a su agotamiento, en términos de teoría de juegos se llegará a un equilibrio de Nash, es decir, los individuos extraen todo lo que puedan del recurso aportando cero a su mantenimiento.

llegar a elegir estrategias de Nash que son elecciones no eficientes distantes del óptimo social como analizan Ostrom, Walter & Gardner (1992).

El modelo de racionalidad acotada de segunda generación estudiada por Ostrom (1998) identifica que elementos tales como el tamaño y la homogeneidad en los intereses del grupo son muy importantes en el momento de determinar los niveles de cooperación al momento de tratar de resolver problemas en recursos de uso común, en el caso de la pesca de abulón en Baja California, los integrantes de las diferentes cooperativas deberían presentar el mismo interés de conservar el recurso ya que es su principal fuente de ingreso. Al mismo tiempo, identifica que los agentes económicos centran sus decisiones en función de cuatro relaciones centrales: reputación, confianza, reciprocidad y niveles de cooperación.

Otra variable importante estudiada a través de la acción colectiva es la referida a la adquisición de una buena reputación, según Barclay (2004) esta variable es importante a la hora de asumir comportamientos altruistas donde se puede llegar a obtener beneficios indirectos de otros agentes económicos que lo identifican como una persona en la cual se puede llegar a confiar y la cual no se aprovechará en la explotación del recurso con sólo intereses personales. Por ejemplo, se encontró que una persona está más dispuesta a contribuir si espera reciprocidad.

Fischer, Irlenbusch & Sadrieh (2004) estudiaron por medio de experimentos intergeneracionales donde el stock disponible dependía del stock del periodo pasado y de la tasa de crecimiento, que los agentes económicos al momento de decidir entre una explotación rápida o acelerada, ellos presentaban algún comportamiento altruista pero no lo suficiente para encontrar un óptimo social. Un trabajo interesante es el realizado por Cárdenas & Carpenter (2003) donde estudian que las diferencias de culturas y de género afectan el comportamiento de un manejo de recurso, al tener mayor homogeneidad en los objetivos y al tener aspectos culturales más arraigados dentro de la comunidad los códigos de conducta son cumplidos de mayor forma.

Schott et al. (2002) llega a la conclusión por medio de juegos que el tamaño en las diferentes asociaciones y que las cantidades de esfuerzo (niveles de extracción) que son asignadas son importantes para estudiar el comportamiento de los agentes económicos. Al mismo tiempo identifica que la distribución de los ingresos es más justa y más confiable en presencia de grupos con participantes fijos en el tiempo, donde con el paso del tiempo se llega a tener más confianza y tener un mayor conocimiento de las personas con las cuales se tiene el negocio.

Los intereses homogéneos son necesarios para una mayor coordinación en el manejo sostenible de recursos de uso común, pero no necesariamente suficientes. Por medio de un estudio realizado por Varughese & Ostrom (2001) en los bosques de Nepal encuentran que objetivos heterogéneos son superables por medio de un buen diseño institucional donde se involucre a todos los agentes económicos y principalmente que involucre todos sus objetivos, aunque es necesario que las partes en algunos momentos tengan que relajar sus objetivos en desmedro del bienestar colectivo, consiguiendo de esta forma un enforcement de las reglas.

Falk, Fehr & Fischbacher (2002) demuestran que además de la comunicación entre los agentes económicos que explotan el recurso de uso común, la posibilidad de castigar y el grado o tipo de castigo a los que incumplan las normas establecidas es otro factor importante para evitar la tragedia de los comunes.

Faysse (2005) estudia que se puede evitar la tragedia de los comunes mediante el establecimiento de instituciones de autogobierno, demuestra que los resultados están asociados a características del juego que se aplica como los pagos, número de repeticiones, tamaño del grupo, instituciones, nivel de cooperación, acciones colectivas, sanciones sociales, preferencias pro-sociales y recíprocas.

2.2. Economía de la pesca

Graham en el año 1939 desarrolló un modelo matemático donde relaciona la tasa instantánea de crecimiento de la población y la tasa que falta para llegar a ocupar plenamente el espacio o ambiente disponible. El modelo planteado por Schaefer (1954) para definir la tasa de captura en pesquerías uniespecíficas donde se emplea un mismo tipo de arte, el concepto de coeficiente de capturabilidad ha sido aplicado de manera más común, ya que el esfuerzo puede ser estandarizado. Agnello & Anderson (1983) demuestran que al presentarse complejidades que se presentan en el esfuerzo, la mejor solución que ofrece mejores estimaciones es recurrir a una función Cobb-Douglas para relacionar la captura-esfuerzo en función de la eficiencia de las artes de pesca.

El máximo crecimiento excedente se conoce como el máximo rendimiento sostenible - MRS- que es el punto donde se da la máxima captura sin afectar la sostenibilidad de la población. El MRS se considera un óptimo biológico. Como indican Seijo, Defeo & Salas (1997) cuando se ejerce una extracción mayor al MRS la pesquería no es sostenible pues la población crece a una tasa decreciente y la mortalidad por pesca no puede ser repuesta por el crecimiento excedente. Dicho óptimo no es lo deseable económicamente debido a que no considera los costos en que incurre el pescador y las ganancias que deriva de la actividad. En tal sentido, Gordon (1954) incorpora estas condiciones al modelo de Schaefer dando origen al modelo de Gordon-Schaefer.

El trabajo de Gordon (1954) que se basa en la curva de rendimiento sostenible, es uno de los primeros trabajos que deriva la función de rendimiento incorporando el componente económico para analizar el problema de los recursos de propiedad común y desarrolla la teoría de acceso abierto. Gordon incluye costos fijos, costos variables y de oportunidad tanto de capital como de mano de obra para la actividad pesquera.

El modelo planteado por Gordon y Schaefer permite contar con flujos intertemporales de los costos y beneficios resultantes de diferentes niveles de esfuerzo pesquero. A medida que la dinámica del esfuerzo tiene influencia sobre la magnitud del stock del recurso pesquero, las capturas y en los flujos de costos y beneficios derivados de la pesquería hacen que esta deba ser manejada en función de un patrón dinámico de explotación más que de un patrón estático. En tal sentido, el agente económico que realiza la pesca busca identificar el nivel de esfuerzo que le permita maximizar el valor presente del flujo de ingresos netos generados en el tiempo.

Dicho modelo permite encontrar dos equilibrios, el máximo rendimiento económico o MRE que se obtiene de la maximización del beneficio, y el rendimiento de libre acceso o RLA que se desprende de la noción de que el recurso no renta porque no tiene dueño. Como indica Hanley, Shogren & White (1997), en el modelo de MRE u óptimo bioeconómico los factores se asignan eficientemente y el recurso pesquero se mantiene en el tiempo. En el modelo RLA se destinan más recursos de lo socialmente óptimo llevando a la sobreexplotación económica e incluso a la sobreexplotación biológica si hay niveles bajos de stock.

La elección del modelo apropiado (máximo rendimiento sostenible, máximo rendimiento económico y rendimiento de libre acceso) dependerá del objetivo que se quiera lograr en el manejo de la pesquería y de la estructura del mercado. Clark (1985) desarrolla un modelo dinámico considerando un solo propietario, dicho modelo es desarrollado en base al modelo de Schaefer bajo el supuesto de que la industria es tomadora de precios donde se asumen fijos y constantes con una tasa de descuento establecida. Concluye que para el largo plazo el nivel óptimo de biomasa será decreciente en la medida que la tasa de descuento vaya creciendo.

Opsomer & Conrad (1993) estudian bajo un modelo bioeconómico de acceso abierto la dinámica del recurso y la industria de la pesquería de anchoa en Baja California del Sur (México) para el periodo 1965-1989. A través de ecuaciones en diferencia de primer orden, determinan la dinámica de la población con un factor de descuento biológico de 0,75, una función potencia que está relacionado con el nivel de población y el nivel de captura de la especie. Encuentran que el nivel máximo sostenible de la población se encuentra en 0,33 millones de toneladas métricas.

Así mismo, Csirke y Gummy (1996) realizan un análisis bioeconómico de la pesquería pelágica de la anchoveta y la sardina en Perú. Consideran como supuesto básico el agrupamiento dinámico de la población y la homogeneidad en la distribución espacial del recurso y del esfuerzo pesquero. Determinan el comportamiento de la flota pesquera, los cambios anuales en la intensidad de pesca, el efecto que tiene en términos de mortalidad por pesca sobre la población y las capturas que se obtienen cada año según las condiciones del recurso y el esfuerzo de pesca de la flota. Concluyen que en una proyección de 20 años con una tasa de interés del 10% anual, la pesquería de la anchoveta y la sardina genera valores positivos del valor presente neto y que el sector presenta una capacidad de captura y procesamiento adecuada al potencial actual del recurso.

Milon, Larkin & Ehrhardt (1999) estudian varias formas funcionales para representar la relación entre crecimiento y tamaño poblacional. Entre las diferentes formas funcionales analizadas se tiene la función logística, logarítmica y la Gompertz. Estiman que la mejor y la más utilizada es la logística pues esta se deriva el modelo de producción de Schaefer que es uno de los modelos más aplicados en la economía pesquera. Bajo condiciones ideales, una población podría crecer exponencialmente, no obstante, el medio ambiente impone restricciones cuando los número de individuos son muy altos (Hartwick & Oleweiler, 1998).

Los modelos de producción de pesquerías, también llamados de rendimiento sostenible, incorporan elementos biológicos y tecnológicos. La función de producción se define por el stock de peces, el capital y el trabajo, estando estos dos últimos representados en el esfuerzo pesquero. Cuando se tienen condiciones de equilibrio, la captura, dado el nivel de esfuerzo, es igual al crecimiento excedente de la población para todos los niveles de stock.

Finalmente, indicar que por lo general los modelos de pesquerías no incluyen variables ambientales debido a la dificultad de la obtención de la información y por qué se desconoce qué tipo de relación existe entre el medio y la historia natural de las especies. Sin embargo, trabajos como los de Simonit & Perrings (2004), Kasulo & Perrings (2002) y Freón & Yáñez (1995) argumentan que el medio ambiente juega un papel importante en la dinámica de poblaciones y en la forma como se extrae el recurso.

2.3. Reservas marinas

Como indica Roberts y Hawkins (2000), las reservas marinas (RM) son áreas marinas protegidas completamente vedadas para la pesca y otros usos humanos extractivos o dañinos. En cambio, un área protegida marina (APM) según la Unión Mundial para la Naturaleza (UICN) es toda área de terreno internacional o submareal, incluidas el agua superficial y la flora, fauna, y peculiaridades históricas o culturales asociadas, que ha sido reservada por ley, u otros medios válidos, para proteger *parcial o totalmente* el ambiente que encierra. En la actualidad, las áreas protegidas marinas abarcan menos del uno por ciento de los océanos del mundo (0,6%), de las cuales un 71% no estarían siendo administradas adecuadamente y permitiendo actividades de pesca (Kelleher et al., 1995), menos de 36.000 km² son reservas marinas completamente protegidas, que equivaldría a un 0,01% de los océanos.

El establecimiento de reservas marinas completamente protegidas permite i) optimizar la producción de crías que pueden repoblar los territorios de pesca, ii) el desbordamiento de adultos y juveniles hacia los territorios de pesca, iii) refugio a las especies vulnerables, iv) prevenir el daño al hábitat, v) el desarrollo de las comunidades biológicas naturales que son diferentes de las comunidades en los territorios de pesca y vi) la recuperación de las perturbaciones catastróficas, tanto humanas como naturales, entre otros (Roberts y Hawkins, 2000).

El objetivo fundamental del establecimiento de reservas marinas protegidas es incrementar la abundancia y diversidad de organismos marinos dentro de sus límites, con la finalidad de poder desbordar esa abundancia y diversidad a zonas limítrofes. Estudios en más de 124 reservas marinas en el mundo, demuestran que la biomasa (masa de animales y plantas) se incrementó en 446%, la densidad (número de plantas o animales en un área determinada) se incrementó en 166%, el tamaño de los animales se incrementó en 28% y la diversidad o número de especies se incrementó en un 21% (Lester, 2009. Disponible en <http://www.piscoweb.org/outreach/pubs/reserves>).

El incremento de los tamaños de los animales es importante, en la medida en que a mayor tamaño producen una descendencia más numerosa que animales pequeños. Por ejemplo, un pargo gris de 60 cm. de largo, produce diez veces más descendencia que uno de 30 cm.

(Partnership for Interdisciplinary Studies of Coastal Oceans, 2007). De igual forma, Bohnsack (1992) demostró a través de un modelo de producción de huevos del pargo del Golfo de México, que la implementación de una reserva marina del 20% de los territorios de pesca elevaría la producción en un 1.200% debido a una mayor contribución de peces más grandes y mayores. De igual forma, un punto importante para el éxito de la implementación de una reserva es el tema de conectividad, entendido como el grado de interacción de las poblaciones a través de las distancias. En tal sentido, se necesita estudiar si es beneficioso establecer una reserva marina suficientemente grande para restaurar la población, o implementar varias reservas continuas de menor tamaño con la finalidad de aprovechar dicha conectividad y que dependerá de la capacidad del recurso marino de poder desplazarse tanto a nivel de larva, juvenil o adulto (Kaunda-Arara & Rose, 2004. Abesamis & Russ, 2005. Hughes et al., 2005).

A consecuencia de ese aumento de la cantidad de biomasa y densidad, las condiciones dentro de la reserva se volverían tan saturadas de alta competencia y los recursos tan escasos que los animales en teoría deberían mudarse a zonas donde las densidades sean menores, en mayor o menor medida si las especies presentan grandes desplazamientos, la presencia o no de corrientes marinas que favorezcan la migración de larvas, juveniles o adultos, tiempo de creación de la reserva, intensidad de la pesca fuera de la reserva y longitud de los límites de las reservas (Rakitin y Kramer, 1996. Russ y Alcalá, 1996. Chapman y Kramer, 1999).

La implementación de reservas marinas completamente protegidas es un instrumento bastante novedoso y está siendo puesto en práctica en diferentes lugares del mundo a modo de proyectos pilotos. Como se puede observar, su puesta en práctica presenta bastantes beneficios. Sin embargo, también existen casos en los cuales no ha tenido los resultados esperados, debido a que restaurar algunos ecosistemas ya es demasiado complicado por estar muy deteriorados o puede tardar muchos años en ofrecer resultados positivos. Por ejemplo, Micheli et al. (2008) constatan que la implementación de reservas marinas en California para recuperar la población de abulones no tuvo buenos resultados, demostrando que la densidad se mantiene constante con los pasos de los años; mientras que Wallace (1999) utiliza el abulón como un indicador de la efectividad de las reservas marinas en la costa sur de la Isla de Vancouver, verificando que las zonas protegidas para las capturas presentan en promedio abulones de mayor tamaño y edad, sin explorar el tema de dispersión de larvas.

Los investigadores, desarrolladores de política y principalmente los pescadores están ansiosos de esos beneficios que reporta el establecimiento de reservas marinas protegidas. Sin embargo, para que se produzcan esos beneficios debe pasar un tiempo en cual no se debe pescar, es decir un trade off entre pesca o no pesca en este momento, versus menores o mayores beneficios en un futuro. En tal sentido, ¿cuánto tiempo debe pasar antes de que las reservas produzcan beneficios?, según Roberts & Hawkins (1999) depende que se trate de: i) especies de rápido crecimiento, especies no fuertemente golpeadas por la pesca, ii) especies de rápido crecimiento o especies medianamente golpeadas por la pesca y iii) especies de lento crecimiento o fuertemente golpeadas por la pesca.

El establecimiento de reservas marinas protegidas además de buscar aumentar la biomasa y diversidad en ciertas áreas del océano y favorecer a áreas cercanas con el desbordamiento de especies, ofrece otros medios de ingresos a aquellos pescadores que deciden cerrar algunas áreas en las cuales antes pescaban mediante la generación por ejemplo de un turismo sostenible, ya que dichas reservas y áreas contiguas pueden resultar muy atractivas para los turistas (Hawkins y Roberts, 1994. Hawkins et al., 1999). De esta forma, los agentes económicos que viven de los recursos marinos, no sólo se benefician de la pesca, sino de otros servicios ambientales que generan los mares.

3. Descripción de la zona de estudio

Isla Natividad se ubica al Sur de la Isla de Cedros en la porción central de la península de Baja California, México (Figura 1). Pertenece a la gran Reserva de la Biosfera del Vizcaíno y sobre toda una zona de alta protección ambiental y una gran variedad en biodiversidad. Todavía se puede encontrar uno de los bosques de sargazo gigante más densos en el límite sur de la Corriente de California, el ecosistema está relativamente en buen estado.

La población de la Isla está compuesta principalmente por el número de trabajadores y sus respectivas familias de la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Buzos y Pescadores de la Baja California. La principal fuente de trabajo y de ingreso son la pesquería de mariscos, entre los más importantes se tiene el abulón, langosta, pepino de mar, erizo, sargazo y pescado. Aunque el abulón se encuentra mermado en comparación con sus registros históricos, aún es una especie que se captura comercialmente.

En la actualidad, la Cooperativa “Buzos y Pescadores” y la organización no gubernamental “Comunidad y Biodiversidad (COBI)” dedicada a promover la conservación de la biodiversidad marina adelantan una tarea conjunta para proteger de manera total tres de los 42 bloques pesqueros como proyecto piloto de reservas marinas que empezó a funcionar desde el 2006.

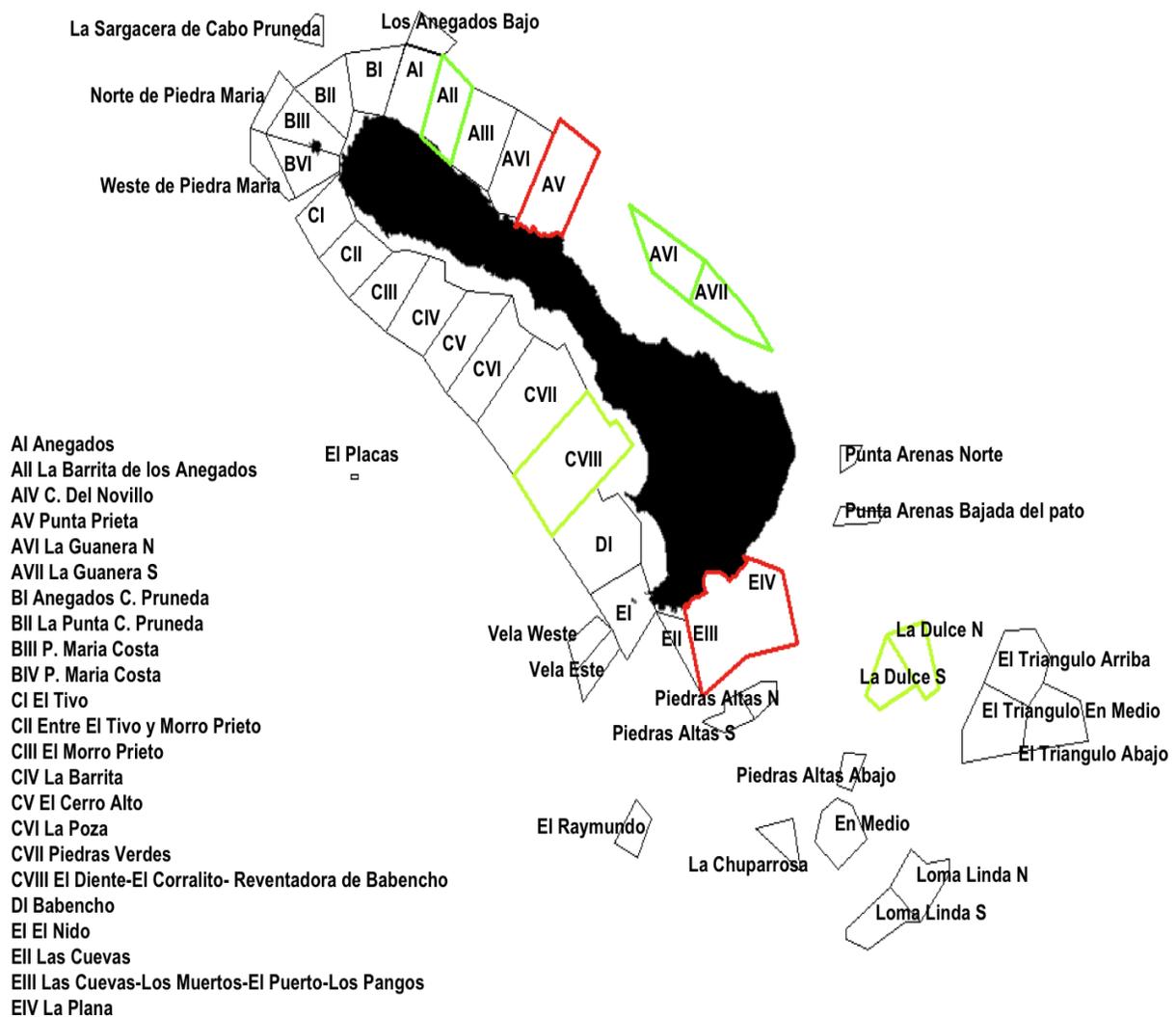
Figura 1. Ubicación Isla Natividad, Baja California, México (punto rojo)



Fuente: Comunidad y Biodiversidad, 2006.

Los miembros de la Cooperativa al decidir cerrar esos tres bloques (zonas rojas de la Figura 2) que tienen concesionados buscan estudiar y entender cómo se podrían recuperar los ecosistemas con la finalidad de dejar un tesoro a futuras generaciones como ha venido sucediendo. Las reservas marinas son áreas del océano completa y permanente protegidas de actividades que extraen animales y plantas o alteren los hábitats, con excepción de aquellas requeridas para el monitoreo científico. En dichas áreas se prohíbe la pesca, acuicultura, dragado y minería, y se permite ciertas actividades como natación, navegación y buceo. El establecimiento de reservas marinas en Isla Natividad revelará la manera en que el abulón y otras especies comerciales importantes se recuperan dentro de las reservas y producen un efecto de desbordamiento hacia las zonas pesqueras contiguas, aumentando la biomasa y fortaleciendo la redundancia ecológica como señal de resistencia del ecosistema.

Figura 2. Isla Natividad con sus respectivas zonas y bloque de pesca



Fuente: Cooperativa Buzos y Pescadores Isla Natividad, 2010.
 Bloques rojos son las actuales reservas marinas cerradas desde el año 2006.
 Bloques verdes son áreas que sirven de control para estudiar la evolución de las reservas marinas.

4. Respuesta a las preguntas de investigación

El siguiente paso consiste en presentar las respuestas a las preguntas que se planteó anteriormente. En este apartado, debido a que se utiliza diferentes formas de dar respuesta a las diferentes preguntas, cada sección tendrá un marco teórico o las bases en las cuales se sustenta. El primer punto que se realiza es una revisión de la historia de la captura de abulón en la vida de los bajacalifornianos desde el siglo XVI hasta la fecha, para tener una idea de la importancia que jugó, juega y jugará el abulón en la economía y sociedad de la zona.

4.1. Historia ecológica y aproximación a la línea base de abundancia de abulón en Baja California, México

4.1.1. Introducción

Los recursos marinos en la región de Baja California siempre han sido importantes en su historia y en su desarrollo, empezando desde los inicios con la llegada de los primeros habitantes cazadores recolectores a la península, que poco a poco incorporaron los frutos del mar como un alimento muy importante en su dieta, en especial los mariscos como fuente de proteína (Erlandson, 1988). Según reportes y diarios de los principales cronistas y exploradores que llegaron a Baja California durante los siglos XVI y XVII como son Francisco de Ulloa, Sebastián Vizcaíno, Francisco Javier Clavijero, Miguel Venegas, Eusebio Francisco Kino entre otros, comprueban y dan la noticia a la Corona Española de la gran diversidad y abundancia de animales, en especial los marinos como ballenas, tiburones, nutrias, pargos, mantas, meros, lenguados, langostas y tortugas (Cita 1, 2 y 3 en Anexo 1)

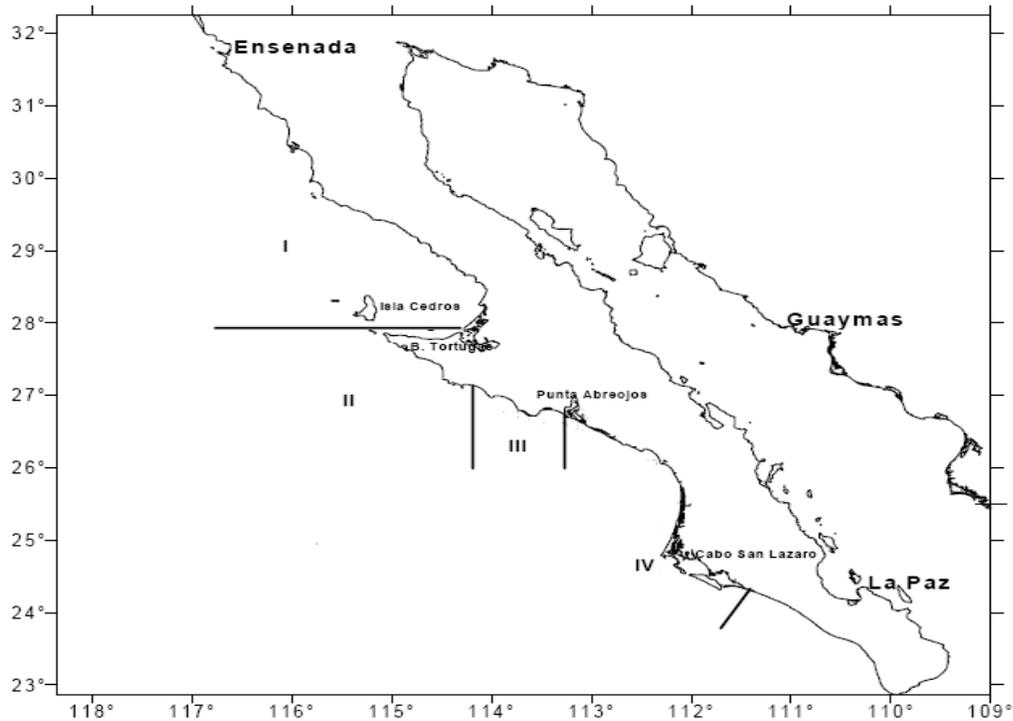
La necesidad de los Reyes de España de conquistar y expandir sus dominios, y al mismo tiempo el interés de navegantes en buscar el deseado estrecho de Anián, llevó a explotar y comerciar con los recursos naturales de Baja California. En un principio la pesca de moluscos como el abulón se realizaba principalmente por aborígenes destinada para un autoconsumo. Fue recién a mitades del siglo XIX, que esta pesca se convierte en un lucrativo negocio debido a su gran demanda a nivel internacional (Ponce Díaz, 2008). Los primeros en explotar industrialmente abulones en costas bajacalifornianas fueron los chinos, seguidos por los japoneses y finalmente los mexicanos.

En la actualidad, la pesca de abulón al tener un alto valor comercial es considerada una actividad en la cual muchas familias o regiones basan tanto su actividad económica como social. Existen 22 Sociedades Cooperativas de Producción Pesquera y dos empresas dedicadas al cultivo de abulón que se distribuyen a lo largo de la costa occidental de la península, que en total reúnen a 1.350 socios (INP, 2006). La pesquería se encuentra dividida en cuatro zonas, que en su totalidad abarca desde la línea divisoria internacional con los Estados Unidos hasta Cabo San Lucas en Baja California Sur (INP, 2006) (Figura 3).

Según la Federación Regional de Sociedades Cooperativas de la Industria Pesquera (FEDECOOP), se genera más de 20.000 empleos directos e indirectos y hasta el año de

1996 ocupaba el cuarto lugar en generación de divisas por pesca en México. Para el año de 2001, el valor de captura fue de aproximadamente 18 millones de dólares americanos (SAGARPA, 2003).

Figura 3. Zonas geográficas reglamentadas para la captura de abulón en la península de Baja California, México



Fuente: Instituto Nacional de Pesca, 2006.

Las capturas reportadas en los últimos años, son aproximadamente un poco menos del diez por ciento de las reportadas en los años de 1950. Las hipótesis acerca de las causas de esa disminución están asociadas a una fuerte presión de pesca, cambios en el clima marino, pesca ilegal, pesca no registrada o la combinación de éstas (Ponce Díaz, 2008). Sin embargo, otra hipótesis indica que la baja de la captura se debe a la estrategia de manejo que se viene aplicando con la reducción de las cuotas de captura y no a una disminución proporcional de la biomasa (INP, 2006). Las especies abulón azul (*Haliotis fulgens*) y abulón amarillo (*Haliotis corrugata*) son prácticamente una fracción de lo que fueron históricamente; mientras que el abulón chino (*Haliotis sorenseni*) y el abulón negro (*Haliotis cracherodii*), están casi extirpados de las costas de Baja California (Sáenz-Arroyo, 2008).

Debido a que el uso de recursos marinos es una actividad fundamental de una zona rodeada en un lado por el Océano Pacífico y por el otro por el Mar de Cortés o Golfo de California, es necesario estudiar la trayectoria histórica de la pesca. En tal sentido, es necesario estudiar la trayectoria de impacto en las poblaciones marinas, hacia dónde se quiere llegar y determinar los objetivos de restauración a los que se quiere aspirar (Rogers et al., 2002).

Sin embargo, estas estimaciones son difíciles debido a la no existencia o confiabilidad de la información expresada a través de series de tiempo (Jackson et al., 2001) (Pitcher, 2001). El establecer esas líneas de tendencia de los ecosistemas, dependerá de una buena descripción del escenario base contra el cual se mide los cambios y de la distinción entre los cambios naturales y antropogénicos (Dayton et al., 1998).

Esta sección de la investigación realiza una revisión de la historia de Baja California desde la prehistoria hasta la época actual basada en la explotación del recurso abulón, pasando por las migraciones chinas, japonesas y la consolidación de las Cooperativas Pesqueras integradas por ciudadanos mexicanos. De igual forma, se esboza la línea de abundancia de dicho recurso a través de historia oral de pescadores de la zona.

4.1.2. Primeras evidencias del uso del abulón en el mundo y en Baja California

El abulón (*haliotis*) es un molusco bentónico univalvo de simetría bilateral primitiva con un pie aplanado con el cual se movilizan en los fondos marinos rocosos, viviendo íntimamente ligado al bosque de sargazo (Cox, 1962; Guzmán del Proo, 1989). Su existencia se remonta a fósiles encontrados que datan de la era del Cretácico, 120 a 125 millones de años, con pocas variaciones en su forma y estructura actual (Cox, 1962). La importancia y conocimiento de dicho molusco se remonta a tiempos históricos, mencionado por primera vez en el siglo IV A.C. por Aristóteles (D'arcy Wentworth Thomson, 1910) (Cita 4 en Anexo1).

El abulón ha sido un recurso de importancia global. El Emperador Japonés Suinin (29 A.C.-70 D.C.) decidió construir un gran santuario en Ise (4 A.C.), donde se celebrarían las ceremonias a Amateratsu (diosa del Sol en el Sintoísmo) y a los diferentes kamis (espíritus sagrados y nobles). Dicho santuario, dispone de lugares donde se producen diferentes ofrendas, entre las cuales se tiene el arroz, sal, vegetales, abulón, frutas, seda, entre otros (Religious Corporation Jingu Copyright, 2002). Entre las primeras pesquerías de abulón reportadas en el mundo, se tiene las realizadas por japoneses en el año 425, un buzo llamado Osahi en el norte de Shikodu, pierde la vida al tratar de pescar awabi (abulón) para ofrecerlas al Emperador Inkyo (412-453) (Cox, 1962).

En la Isla de Santa Rosa, próximo al estado de Baja California, se encuentra una gran variedad de sitios arqueológicos que demuestran la presencia de seres humanos desde hace 10 a 13.000 años (Ponce Aguilar, 2002). En el caso del hallazgo arqueológico de la Hierba Buena ubicada a 20 km. al sureste de Ensenada, se encontraron restos de actividades humanas donde se identifican conchas de abulón y ostión. De igual forma, en toda Baja California sobresalen pinturas rupestres con antigüedades de 6.000 años, donde se representa tanto a personas, como animales terrestres y acuáticos, por ejemplo venados, conejos, borregos cimarrones, coyotes, ballenas, mantas y moluscos, entre otros (Ponce Aguilar, 2002).

Existía un orden de preferencias en la explotación y el consumo de los recursos marinos, comenzando por moluscos, peces, tortugas y mamíferos marinos, evidenciando una gran cantidad de concheros a lo largo de toda la península. Además, es importante indicar que los aborígenes consumían los moluscos como una fuente de proteínas (Erlandson, 1988).

4.1.3. Descubrimientos y exploraciones en las costas de Baja California

Desde comienzos del siglo XVI surge gran interés por varios pueblos de Europa por encontrar nuevas tierras para expandir sus territorios y explotar recursos naturales. Por ejemplo, España buscaba nuevas rutas marinas para proteger de piratas y hacer más corto el viaje que realiza el Galeón de Manila, buscando el ansiado estrecho de Anián y reinos fantásticos como Totontec, Quivira, Tiguez y Cíbola repletos de riquezas (León Portilla, 2001).

En el caso del descubrimiento de la península de Baja California, se caracterizó por ser azarosa y plagada de complicaciones, “... para lograrlo se padecieron hambres y naufragios, se hizo política de la buena y de la mala, hubo ambiciones manifiestas, se fraguaron combates, e incluso aconteció un motín y se cometió un asesinato” (Bonifaz de Novelo, 1982, pág. 5).

La primera expedición sobre el Mar del Sur fue el 30 de junio de 1532 realizada por Diego Hurtado de Mendoza encomendada por Hernán Cortes sin ningún resultado. En una segunda exploración, en diciembre de 1533, el navegante y segundo en el mando del navío Concepción, Fortún Jiménez, decide asesinar al Capitán Diego Becerra. Fortún Jiménez y la tripulación, navegando por el Océano Pacífico llegan a una bahía habitada por nativos, pensando que se trataba de una isla descienden para investigar, algunos son asesinados incluyendo Jiménez y los sobrevivientes logran escapar regresando a las costas de Michoacán. Dicha isla, hoy es la ciudad y puerto de La Paz, la tripulación nunca se enteró de su arribo a lo que en un futuro llamarían península de Baja California (Del Portillo, 1982). Las expediciones continuaron por muchos años, por ejemplo las realizadas por Cabeza de Vaca (1528-1536), Ulloa (1539-1540), Vásquez de Coronado (1540-1542) y Rodríguez Cabrillo (1542-1543). La expedición de Francisco de Ulloa llegó hasta Isla de Cedros o llamada Amalgua que significa Isla de Neblinas y la de Juan Rodríguez Cabrillo hasta el Cabo Mendocino pasando por Isla Natividad, llamada por los aborígenes Afegua o Isla de Aves como se evidencia en la descripción que realiza el Padre Jesuita Miguel Venegas en el año de 1739. En estas primeras expediciones se hace referencia a la presencia de abulón en las Costas de las Isla de Cedros y Natividad (Cita 5 y 6 en Anexo 1).

La característica de esas primeras exploraciones era identificar rutas en el Océano Pacífico, por tal razón, las siguientes exploraciones encabezadas por Sebastián Vizcaíno (1596 y 1602), seguidas por Nicolás de Cardona (1615), Juan de Iturbe (1616), Francisco de Ortega (1632-1635) y Pedro Porter Cassanate (1648-1649, 1649-1650) tienen como objetivo realizar con mucho detalle un análisis geográfico de las costas para aplicar una política expansiva de los gobernantes de Nueva España y realizar una explotación de los recursos naturales, principalmente moluscos y perlas con una quinta parte en beneficio de la corona (Del Portillo, 1982). En los lugares donde el abulón o concha azul se encontrara en abundancia, era la base alimentaria de los aborígenes y en algunos casos empleaban su concha como adorno y/o moneda (Cox, 1962). En la relación descriptiva que realiza el Fray Antonio de la Ascensión para la Real Corona, el 12 de octubre de 1620, con respecto al viaje de exploración que acompañó como cosmógrafo en el segundo viaje de Vizcaíno,

hace mención de la presencia de unas conchas galanas, claramente refiriéndose al abulón (Cita 7 en Anexo 1).

En el año 1677, el Rey Felipe II dispone enviar una nueva expedición a California, donde decide mandar a Isidro Atondo y Antillón mediante un contrato para la colonización y explotación de perlas. Los jesuitas Eusebio Francisco Kino, Matías Goñi y Juan Bautista Copart acompañan a Atondo y tienen como principal tarea, organizar una misión. El 6 de octubre de 1683, llegaron a unos 20 km. al norte de Loreto, lugar que bautizaron como San Bruno y donde se implementó la primera misión, aunque por su corta vida y escasos logros se considera a Loreto como la primera (Bonifaz de Novelo, 1982). Desde San Bruno se realizó varias exploraciones hasta llegar al Océano Pacífico a una latitud de 26 grados y siete minutos, a la cual bautizaron como Bahía de Año Nuevo por haber arribado el primero de enero de 1.685, encontrando osamentas de ballena y unas conchas que se asemejan a los colores del arcoíris (Bolton et al., 2001) (Cita 8 en Anexo 1).

El padre Kino y el alférez Juan Mateo Mange, al realizar exploraciones terrestres en California, constataron sobre la existencia de comercio y comunicación entre los indios de la costa y habitantes de tierra adentro. Situación que constataron al observar adornos y recibir regalos hechos de conchas de abulón (León, 2001 y Mange, 1792) (Cita 9, 10 y 11 Anexo 1). La concha de abulón, además de ser considerada como adorno o regalo, servía como dinero entre los aborígenes, seguramente debido a la alta estima que tenía, fuese por su propia belleza o por la escasez de ellas en algunos sitios, lo cual las investía de cierto valor (Suárez, 2007). La moneda utilizada se llamaba Uhl-lo o Ül-lo, cuyo valor dependía del brillo y tamaño de la pieza, la forma era circular de 2 a 5 cm. de diámetro, perforada para ser atravesada por un cordel de cuero y poder ser llevada en el cuello (Stearns, 1887).

Al llegar los españoles, introdujeron los primeros caballos en las llanuras de California, los indios del interior llegaron a intercambiar con los indios de la costa un caballo por una concha de abulón debido a su exotividad y belleza (Crocker, 1929). En el caso de la alimentación, los indígenas consumían grandes cantidades de molusco en las mismas playas, para lo cual las arrojaban a la lumbre para que se cocinen, y de igual forma las transportaban a la serranía a través de largas sartas (Del Barco et al., 1988) (Cita 12, 13 y 14 en Anexo 1).

Los aborígenes que realizan la captura de abulón al cual llamaban salyak o xalyak (García Cota, 2009), la hacían de dos maneras. Buceando cuando era en marea alta o utilizando un palo de aproximadamente un metro de largo, que en uno de sus extremos se encontraba aplanado a manera de espátula, con el que separaban al molusco de la roca en caso de estar en marea baja (Cox, 1962). Hasta fines de 1690, no se tenía precisión si California era una isla o una península, una infinidad de mapas de la época la muestran de las dos formas. Si bien, viajes como los realizados por Francisco de Ulloa (1537) o Hernando de Alarcón (1539) comprobaron la peninsularidad a través de sus travesías marítimas. Otros como el pirata Francisco Drake, tras recorrer el mar de Cortes y robar el Galeón de Filipinas llamado Santa Ana, informó a toda Europa que California era una isla, situación que originó mucha confusión entre cosmógrafos y geógrafos de Italia, Alemania y Francia, lo que incentivó siempre en la búsqueda del tan anhelado estrecho de Anián (Kino, 1985).

El padre Eusebio Kino, al fundar varias misiones por todo el norte del estado mexicano de Sonora y sur del estado de Arizona en los Estados Unidos, realizó un sinnúmero de incursiones terrestres donde le llamaba la atención aquellas conchas azules que portaban los indígenas y que las había visto por primera vez en Bahía de Año Nuevo, en su primer contacto con el Océano Pacífico. Curiosidad que le sirvió para averiguar la procedencia de dichas conchas e hipotetizar que California no era una isla, situación que pudo comprobar el nueve de octubre de 1698 (Eusebio Francisco Kino, 1985) (Cita 15 y 16 en Anexo 1). Esta visión confirmó las presunciones del Padre Kino con respecto al paso por tierra a California, que son reforzadas a través de siete razones que expone para su hallazgo ante la Corona Española, donde una de ellas hace referencia a la existencia de las conchas de abulón (Eusebio Francisco Kino, 1985) (Cita 17 en Anexo 1).

4.1.4. Arribo de ciudadanos japoneses, chinos y posteriormente mexicanos dedicados a la pesca de abulón

Tuvieron que pasar muchos años para que la pesquería de abulón se convirtiera en una de las principales actividades del país. Los registros indican que los primeros en explotar este recurso tanto en California como en Baja California fueron los chinos, comenzando incursiones en las décadas de 1840-1860, teniendo como base de operaciones San Diego California, Estados (Cox, 1962) (Bonnot, 1948). En el caso de la pesca de abulón en Baja California, los registros indican que se la practicaba desde Ensenada hasta la Isla de Cedros (McEvoy, 1990) (Cita 18 en Anexo 1).

Los principales motivos que tuvieron los chinos para emigrar de su país y arribar a diferentes tierras como las mexicanas, es el inicio de la Guerra del Opio (1839-1842) y la construcción de vías férreas y trabajos en las minas en los Estados Unidos (Cox, 1962). A consecuencia de esta medida tomada por el emperador Manchú de hacer efectiva la prohibición de traficar con opio en la China, afectó los intereses de comerciantes británicos. Esta guerra, ocasionó que muchos poblados fueran destrozados, quemados, hambrunas, un mayor consumo de opio entre los chinos y principalmente el tráfico de culis hacia el continente americano por parte de los ingleses a sus diferentes colonias en tierras americanas.⁵

En el año de 1883, el Presidente de México Manuel González y el secretario de Colonización, Industria y Comercio Carlos Pacheco realizaron inspecciones a las costas de Baja California con la finalidad de identificar el potencial pesquero. Al observar que la captura de abulón se llevaba a cabo sin orden alguno, deciden ampliar la Ley de 1875 que favorecía a compañías que llegaran, otorgándoles concesiones que abarcaban lo que hoy es casi todo el Estado de Baja California Norte, considerando que de lo contrario la pesca ocasionaría la extinción de por ejemplo el abulón (Cita 19 y 20 en Anexo 1). Es así, que el 21 de julio de 1884, los señores George Sisson y Luis Hüller obtuvieron una concesión que abarcaba desde el paralelo 29 hasta la frontera, incluyendo isla Cedros y Ensenada (Ponce Aguilar, 2002). Estas concesiones terrestres, estuvieron acompañadas por concesiones marinas. El 31 de marzo de 1886, se celebra el contrato entre el Ejecutivo de la Unión y el

⁵ Según el Diccionario de la Lengua Española, en el Oriente se le dice Coolie o Koo'le a la mano de obra no calificada, criado o trabajador doméstico; también designada a las personas que realizan trabajos pesados con bajo salario y con muchas horas de trabajo.

señor Luis Hüller para realizar todo tipo de pesca, explotación de guano y otras sustancias en todo el Océano Pacífico, así como en el Golfo de California (Secretaría de Fomento, 31 de marzo de 1886).

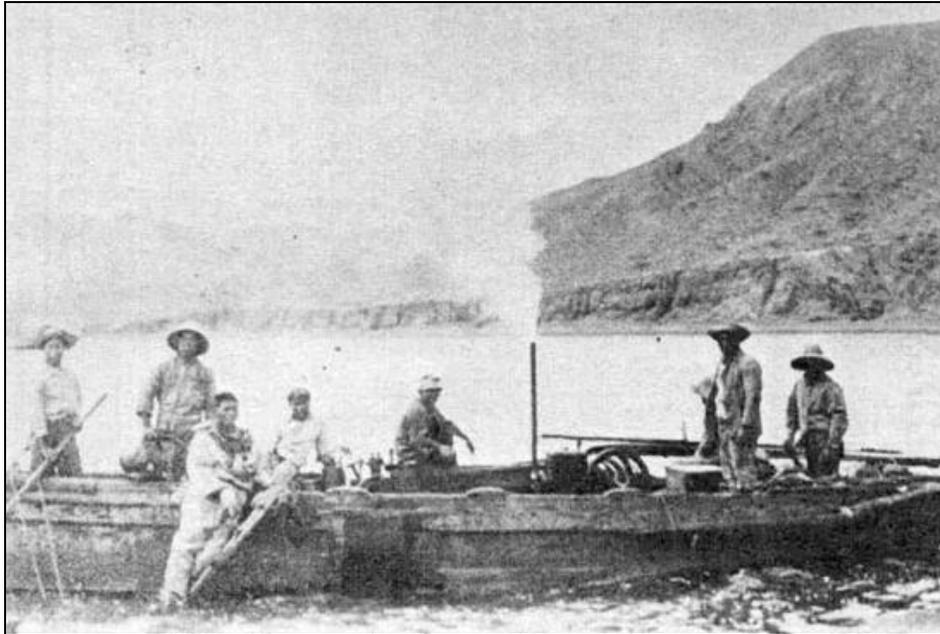
El 14 de diciembre de 1899, se firmó el Tratado de Amistad, Comercio y Navegación entre México y China, que otorgaba a ciudadanos de ambos países el permiso de poder viajar y residir libremente en cualquiera de los dos países, para realizar actividades familiares o de negocios, siempre y cuando se tuviera una buena conducta, sin violar leyes y/o reglamentos del país donde se radique (Velázquez-Morales, 2001-2004). Lugares como Baja California fueron los escogidos por los chinos para su establecimiento debido a la cercanía con los Estados Unidos con una posible emigración a dicho país (la guerra civil y la emancipación crearon una creciente demanda laboral) y con la finalidad de cubrir las áreas de trabajo que no contaban con una oferta de mano de obra suficiente, aunque sobreexplotados. Se dedicaron principalmente al cultivo de algodón, tendido de vías férreas y a la pesca de abulón, que en muchas veces era practicada de forma ilegal.

Según Velázquez-Morales (2001-2004), la primera información que se tiene vinculada a la pesca de abulón en la región, es aquella que reportó el Subprefecto del Partido del Centro del Territorio de la Baja California en marzo de 1879, denunciando la presencia de una compañía de chinos pescando abulón en la Isla de Cedros. Sin embargo, se tiene conocimiento que las exportaciones de carne y conchas de abulón desde San Francisco a China y Europa empezó desde mucho años atrás, donde se puede argumentar que la gran cantidad que se exportaba también podría tener procedencia de costas de Baja California (Stearns, 1869). La pesca la realizaban cerca de las rocas durante los periodos de bajamar, a bordo de pequeñas embarcaciones o juncos, llamadas así por la combinación de pesca de abulón y pescado (Cox, 1962). Utilizaban un remo largo para desplazarse, y para la captura empleaban pértigas de madera con una cuña en un extremo, con la cual desprendían el abulón de las rocas, tirando hacia arriba para engancharlo con un botador (Ortíz y León, 1992).

Los abulones pescados por los chinos eran recolectados entre la Isla de Cedros y San Diego. Toda las capturas de Baja California, eran transportadas semanalmente a San Francisco, vía San Diego, en los barcos del Pacific Coast Steamship, y de ahí exportados a China y otros países asiáticos (McEvoy, 1990). El gobierno mexicano, tras los constantes reclamos de ciudadanos mexicanos acerca de la sobreexplotación que venían desarrollando los chinos, aproximadamente 127 toneladas de abulón seco y 636 de concha en 1879, decide establecer un consulado en San Diego California, con la finalidad de controlar la explotación, establecer un sistema de permisos que consistía en cobrar 60 dólares por embarcación al año y prohibir la explotación de abulón en bajamar (Croker, 1929).

Esta reglamentación, acompañada de la baja capacidad técnica que desarrollaban los chinos y la política adoptada por Estados Unidos, que consistía en la abrogación del Tratado de Burlingame por el Congreso (1882) y la aprobación de una ley que prohibió el ingreso de trabajadores chinos en un lapso de diez años, originó el abandono de la pesquería por parte de este grupo en toda la costa pacífica (McEvoy, 1990).

Figura 4. Buzos japoneses usando escafandra que fue introducido por Kondo Masaharu. Isla de Cedros, Baja California (1910-1930)



Fuente: Estes, 1977.

Posteriormente, el lugar de los pescadores chinos de abulón fue ocupado por pescadores japoneses. Presumiblemente a consecuencia de la llamada Restauración del Emperador Meiji (1867-1912), donde se abolió el Shogunato Tokugawa (gobierno militar) y se proclamó la conversión del Japón a un gobierno democrático con derechos, libertades y obligaciones para los ciudadanos, con lo cual Japón decidió abrirse al mundo. Esta medida originó que parte de la población rural migrara al interior o al exterior del país llegando en este caso a Estados Unidos o como paso a México. De igual forma como se hizo con los chinos, el gobierno mexicano firmó un tratado de Amistad y Comercio con el país asiático en el año de 1880.

Entre los primeros arribos de japoneses a la península de Baja California, se menciona el caso de trece naufragos que fueron recogidos por un barco pirata y llevados a costas para su establecimiento (Toledo, Daniel y Tanaka, 1991). De igual forma, en uno de sus relatos, el capitán ballenero Charles M. Scammon en 1853, descubrió en uno de sus viajes en el Mar de Cortez o de Bermejo un naufragio de japoneses en la Isla de Cedros (Velázquez-Morales, 2007). Entre una de las actividades que realizaban era la pesca de abulón, siendo conocidos como “*buzos de los barriles de sake*”, aprovechando la flotación de dichos barriles como artefacto de explotación, logrando con esto trabajar en lugares no cercanos a la orilla prohibidos por el gobierno. Fueron estos pescadores lo que introdujeron mayores avances tecnológicos para la pesca de abulón, con la introducción del buceo con escafandras que fue utilizado desde 1920 hasta fines de la Segunda Guerra Mundial, lo cual les permitió llegar a mayores profundidades, controlando la captura, industrialización y mercado del producto (Ortiz y León, 1992).

En 1908, los señores Próspero y Aurelio Sandoval obtienen la concesión para el comercio de abulón para su procesado en el puerto de San Diego. Esta concesión, llevó a Aurelio Sandoval a través de La Compañía Internacional de Pesquerías, conocer e invitar al técnico japonés Kondo Masaharu a realizar unas visitas a las costas de San Roque, isla Cedros y Bahía Tortugas, con el propósito de interesarlo en la explotación de la riqueza marina de las aguas bajacalifornianas (Velázquez, 2007) (García Cota, 2009) (Estes, 1977). Kondo Masaharu, experto pescador, nació en Kyoto en el año de 1877, estudió en la Universidad Imperial de Tokyo donde se graduó de Ciencias Agrícolas con énfasis en pesca y oceanografía. Después de graduarse, Kondo trabajó en el Instituto de la Universidad y realizó varios viajes y estudios a diferentes partes del mundo para el estudio de pesquerías, es así que llegó a Los Ángeles en 1908 para realizar un estudio del potencial pesquero en California (Niiya, 1993).

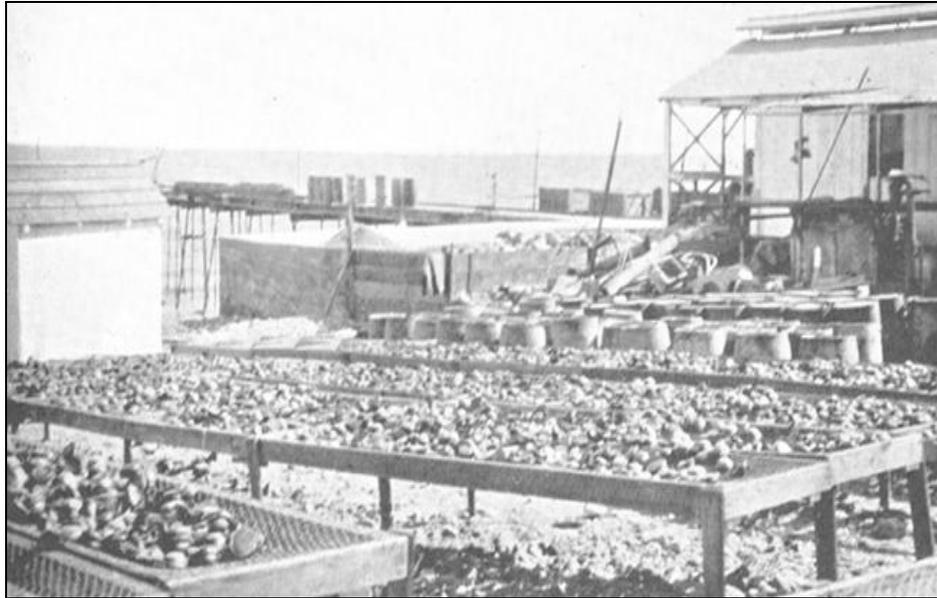
Luego de la reunión, Kondo Masaharu regresa a Japón para obtener financiamiento para llevar a cabo la aventura pesquera en Baja California. Se reúne con profesionales del Instituto Imperial de Pesquería de la Universidad Imperial de Tokio y con el señor Mizukami Sakesaburo, Prefecto de Iwate. En 1912, Masaharu regresa a México y el 4 de diciembre de dicho año firma contrato con Luis H. del Río, Presidente de la Compañía La Pescadora S.A. de Ensenada, formando una sociedad para la explotación de productos marinos y derivados desde Punta Banda hasta Cabo San Lucas. La Sociedad consistía en que Aurelio Sandoval y E. González aportarían sus derechos de pesca y Kondo Masaharu conocimiento, financiamiento y trabajo (Velázquez-Morales, 2007).

Kondo decide contratar catorce pescadores mexicanos y 43 especialistas en buceo, conservación e industrialización de las provincias de Iwate, Ibaragi, Ichikawa, Chiba y Mié de Japón, quienes llegan a bordo del Chitose Maru. Uno de los contratados es Inouye Yahachiro o Luis Inouye, japonés que vivía en Hermosillo, que tenía como tarea ser el traductor de Masaharu. En 1913, Kondo arriba a Bahía de Magdalena junto a su capitán Yamasaki y su asistente Watanabe, utilizando un traje de buceo y una escafandra logran recolectar grandes cantidades de abulón en muy poco tiempo. Después de trabajar como ocho meses en dicha Bahía, toda la tripulación decidió trasladarse a Cabo San Roque, estableciendo un nuevo campamento. La abundancia de abulón, permitió emprender otros campamentos en la Isla de Cedros y Bahía Tortugas. Para el envío de carne a países asiáticos a través de puertos de Estados Unidos, se seguía una metodología para su secado a través de sales marinas (Cita 21 en Anexo 1). De igual forma, Kondo Masaharu logró abrir mercados en Europa para las conchas de abulón a precios superiores a los que obtenía por la carne (Estes, 1977) (Cita 22 y 23 en Anexo 1).

Con el inicio de la Primera Guerra Mundial (1914 - 1918), Estados Unidos decide participar en el grupo de los países aliados. Situación que originó un cambio en la dieta de los ciudadanos americanos, debido a que la carne secada y salada era enviada a los soldados, incrementando en mayor forma el consumo de atún. Este cambio en la dieta, abre un nuevo mercado muy lucrativo para la pesca que realiza Kondo Masaharu en las concesiones que tiene a su disposición, iniciando la pesca de atún y el aumento en la pesca de abulón (Estes, 1977).

Debido al incremento en la explotación y envío de conchas a Europa, carne de abulón fresca a Estados Unidos con destino a Japón, agallas y tripas (tsukudani) a japoneses en Hawaii, el gobierno mexicano promueve el establecimiento en Baja California de plantas enlatadoras con la finalidad de incentivar fuentes de trabajo. Es así que en 1920, varios empresarios de Ensenada adquirieron concesiones para procesar y exportar abulón (Secretaría de Agricultura y Fomento, 1920). En el mismo año, Carlos, Luis y Enrique Bernstein Riveroll instalaron la primera planta enlatadora en San Quintín Baja California, registrada con la marca Calmex. Después de unos meses, abrieron otra planta en Cabo San Lucas y en el año de 1922 abrieron una en la Isla de Cedros (Velázquez-Morales, 2007).

Figura 5. Bastidores usados para el secado de abulón en el campamento de la planta Bernstein en Isla Cedros B.C., México



Fuente: Croker, 1929. Fotografía de Roger Chute, 1926.

Luego del paso de la Primera Guerra Mundial, Kondo continuó con la pesca de atún, abulón, camarones y algas marinas. En 1924, Kondo solicita y se le autoriza otra concesión con la cual puede dedicarse a la explotación de peces y algas marinas en el mar de Cortés y en las Costas del Pacífico (Velázquez, 2007. Periódico Oficial del Estado de Baja California Norte, 1924). Realiza una serie de acuerdos con empresarios japoneses y adquiere dos nuevos buques refrigeradores de ochocientas toneladas llamados el Chichibu y la Haruma Maru Maru (siendo los primeros en su tipo en el sur de California), con lo cual se envía directamente a Japón una gran parte de las capturas para su procesamiento (Estes, 1977). Ya para el año de 1928, Masaharu decide construir una planta enlatadora de abulón, atún y de satsuma-ace (pastel de pescado japonés), convirtiéndose en el primer empresario japonés que exportó abulón seco en grandes cantidades, amparado en la concesión de la Compañía Internacional de Pesquerías, representada por Próspero Sandoval (Velázquez-Morales, 2007).

La captura y exportación de abulón atribuida a los japoneses fue realizada con gran nivel tecnológico (buceo con escafandras) y casi un misterio para otros pescadores, constituyendo un verdadero monopolio. La cantidad de abulón exportado desde México a San Diego, aumentó de 1.729 toneladas en 1923 a 3.400 toneladas en 1929 (Crocker, 1931). La pesquería se realizó principalmente en la Isla de Todos Santos, Punta Banda, Punta de San Eugenia, Isla Cedros, Isla Natividad, Bahía Tortugas (Puerto de San Bartolomé), Cabo San Roque, Bahía Asunción, Bahía Magdalena, Isla Santa Margarita y Cabo San Lucas (Estes, 1977). La pesca era tan abundante y eficiente, cuyo record por día de buceo era de 2.080 kilogramos por el japonés Ogawa y de 2.061 kilogramos por Antonio de la Peña (Ponce Díaz, 2008).

La gran actividad económica que tenían las empresas de Kondo Masaharu, sufrieron un gran golpe con el inicio de la crisis mundial iniciada en octubre de 1929 y que se prolongó hasta fines de 1934. La crisis provocó una reducción en el acceso a crédito, disminución de la demanda de productos pesqueros y una disminución de los precios internacionales. Lo que originó grandes pérdidas financieras a Kondo, llegando a un momento de insostenibilidad de la empresa, declarando la quiebra y regresando a Japón para no volver a estas tierras (Rivas, 1999) (Cita 24 en Anexo 1).

Es en los inicios de la década de los años treinta, donde varios pescadores mexicanos incursionan en la captura y comercialización de recursos marinos como el abulón, entre ellos David y Francisco Espinoza, Donaciano Villalva, Noé Domínguez, Salomé León. Vicente y Teodoro Lucero, Bartolo Jordán, Miguel y Vicente Rodríguez, los hermanos José, Julio, Juan y Tacho Moreno, José “Chepo” Matus y Gilberto Martínez “Limantour” (García-Cota, 2009) En 1932, el Gobierno Mexicano a través de la Secretaría de Agricultura y Fomento establece un acuerdo para una veda de cinco años y prohíbe exportar abulón natural, seco u otra forma con exclusión del beneficiado por las empacadoras residentes en la República, el argumento es que la explotación excesiva del abulón ha tenido como consecuencia el agotamiento de la especie (Secretaría de Agricultura y Fomento, 28 de junio de 1932). Posteriormente, entre 1933 y 1936 se fija la talla mínima y las primeras zonas de explotación para su captura (Velázquez-Morales, 2007. Departamento Forestal y de Caza y Pesca, 24 de julio de 1936).

El Departamento Forestal y de Caza y de Pesca, en el año de 1938 decide levantar la veda para que las Sociedades de Cooperativas de pescadores capturen abulón negro para su venta y consumo en el país debido a que no es aprovechado por su baja demanda en los mercados (Departamento Forestal y de Caza y Pesca, 1938) (Cita 25 en Anexo 1). Con el paso de los años, autoridades nacionales recibieron un sinnúmero de reclamos acerca de la técnica de pesca que practicaban las embarcaciones japonesas (Taboada. Primero de noviembre de 1938) (Cita 26 en Anexo 1). Después de la salida de Kondo Masaharu, japoneses como Tokunosuke Abe, Aizumi Kyuji y Koshiro Miura absorben las empresas de Masaharu para continuar con la captura y comercialización de recursos marinos hasta el comienzo de la Segunda Guerra Mundial (1939 - 1945). El estallido de dicha Guerra, originó una serie de leyes discriminatorias aprobadas por el Gobierno de Estados Unidos; y en México, aliado de Norte América, el impedimento de regresar a Japón y el traslado de todos los inmigrantes japoneses radicados en fronteras o puertos al Distrito Federal y/o a los estados

o las ciudades del centro del país, con un embargo de sus bienes y la adquisición de los equipos de buceo por parte de pescadores mexicanos (Cox, 1962).

Estas medidas y la experiencia que ganaron algunos buzos mexicanos que trabajaron con pescadores japoneses, fortaleció el movimiento cooperativo que iniciaron ciudadanos oriundos del país, creando cooperativas dedicadas a la pesca de abulón como “California de San Ignacio” (1939), “Ensenada” (1940) y “Pescadores Nacionales de Abulón” (1943). Durante los años que duró la Segunda Guerra Mundial, la producción de abulón se mantuvo alrededor de 1.000 toneladas y al escaso número de equipos de buceo y al confinamiento de las capturas en contadas zonas de la costa (León y Muciño, 1995).

En 1946 y 1947, el Gobierno mexicano emite una serie de lineamiento para regular el buceo de abulón y autoriza a las cooperativas de pescadores de dicho molusco a destinar parte de su producto al interior del territorio norte de Baja California (Secretaría de Marina, 1944). Es a finales de esta década, cuando se produce los mayores niveles de captura de este molusco en aguas bajacalifornianas, llegando a su punto máximo en el año de 1950, con casi 6.000 toneladas. La mayoría de la producción, es empacada en la nueva planta implementada por el señor Ernesto Ruffo Sandoval, ubicada en la Bahía Asunción llamada “Baja California” (Lelevier et al., 1989). Para 1958 la Cooperativa California de San Ignacio se instaló en Bahía Asunción B.C.S. (Ortíz, León y Muciño, 1988).

En el periodo de 1956 hasta 1972, las capturas de las cooperativas presentan un descenso estabilizándose en 3.000 toneladas por año. Es en este periodo, donde: i) se presenta un ingreso de nuevas cooperativas pesqueras, llegando para el año de 1958 a 14 cooperativas y 17 plantas empacadoras, ii) el Gobierno Nacional decreta medidas para la regulación de captura como tallas mínimas, veda de dos meses entre el 16 de enero al 15 de marzo y que de manera obligatoria el abulón debe ser transportado vivo a la planta procesadora (León y Muciño, 1995). En el año de 1957, las cooperativas tienen acceso a un nuevo método de captura al implementarse el buceo semiautónomo, con lo cual los buzos presentan mayor desplazamiento y eficiencia productiva (Cox, 1962).

En el año de 1972, el Gobierno General decide cambiar los meses de veda a los meses de julio - agosto y recomienda como medida para mejorar la captura aplicar técnicas de cultivo, programas de explotación rotativa de bancos y prospección de nuevas áreas. En los años de 1974 hasta 1984, las capturas presentan mayores disminuciones, situadas por encima de 400 toneladas por año, debido al no control de tallas mínimas, meses de veda, mayor esfuerzo aplicado por los pescadores debido a una mayor demanda internacional, pesca informal y la presencia del Fenómeno del Niño que ocasionó variaciones en las poblaciones de abulón (1976-1977 y 1982-1983) (León y Muciño, 1995).

A mediados de la década de los años 80, el Gobierno de México firma convenios para implementar laboratorios productores de semillas de abulón en Eréndira B.C. y Bahía Tortugas B.C.S. que son operados por la Secretaría de Pesca y la Federación Regional de Sociedades Cooperativas “Baja California” F.C.L. Dichos laboratorios producen juveniles de abulón con la intención de repoblar bancos abuloneros en Baja California. En los años de 1984 hasta 1994, la captura presentó un incremento, hasta llegar a 1.000 toneladas aproximadamente. Fue hasta 1990, cuando se aplicaron las primeras cuotas de captura con

la finalidad de poner un límite máximo en las capturas e indirectamente controlar el esfuerzo empleado por los pescadores (León y Muciño, 1995).

En 1992, las cooperativas que están ubicadas en la parte central de Baja California obtuvieron una concesión por 20 años para explotar el recurso, que según la Ley de Pesca de 1992, permitiría recuperar los costos de la inversión realizada. En el año de 1993, se emite la Norma Oficial Mexicana NOM-005-PESC-1993 (Diario Oficial de la Federación, 31.12.93) que reglamenta el aprovechamiento de las distintas especies de abulón en aguas de jurisdicción de la península de Baja California y la Norma NOM-009-PESC-1993 (Diario Oficial de la Federación, 4.04.94) donde se define el procedimiento para determinar las épocas y zonas de veda para diferentes especies de flora y fauna acuáticas. Con ambas Normas, además de formalizar las vedas, zonas de pesca y tallas mínimas, señala que la autoridad “*previos los estudios necesarios, establecerá los límites y cuotas de captura y esfuerzo pesquero permisibles*” (Punto 3.8 de la Norma).

Para los años de 1994 a 2001, las capturas descienden hasta situarse en 410 toneladas por año, esto puede ser el reflejo en la disminución en el número de cuotas que se reparten a partir de 1996 como medida para incrementar la biomasa del recurso y nuevos criterios para su asignación (basados en existencias de reclutamiento por especie, zonas de captura y densidad promedio). De igual forma, en septiembre de 1997 la región de Baja California fue azotada por el huracán Nora que afectó negativamente los bancos de abulón, en especial los situados en Isla Natividad (Lavaniegos et. al, 2000). Se tienen registradas 22 sociedades cooperativas dedicadas al aprovechamiento del abulón, con 705 socios que operan en total 235 equipos abuloneros repartidas en cuatro zonas. Actualmente, operan ocho plantas industrializadoras de abulón localizadas en Isla Cedros (1), Isla Natividad (1), Bahía Tortugas (1), Bahía Asunción (2), La Bocana (1), Punta Abreojos (1) y Puerto San Carlos (1).

Actualmente, casi el 100% de la producción abulonera se destina a la exportación de manera directa o a través de la compañía Ocean Garden Products Inc., la cual la vende y distribuye a Estados Unidos y a países asiáticos (INP, 2006). En los últimos años, aproximadamente el 85 - 90% de las capturas de abulón en México son hechas en la región central de Baja California, que corresponde a Isla de Cedros, Isla Natividad, Punta Eugenia, Bahía Tortugas, Bahía Asunción, Punta Prieta, La Bocana y Punta Abreojos (Ponce Díaz et al., 1998). Es importante mencionar, que su gran demanda internacional hace que sea un producto de alto valor comercial y sea un importante recurso pesquero para la generación de desarrollo económico y social en la región Noreste del país (Ramade et al., 1998).

4.1.5. Aproximación de línea base de abundancia de abulón en Baja California a través de historia oral

Desde hace unas décadas, la restauración de ecosistemas se ha convertido en un tema importante en la ciencia, debido al avanzado deterioro del ambiente o la extinción de algunos especímenes (Pauly, 1995), y la definición de líneas bases de abundancia es bien recibida por grandes investigadores (Dayton et al, 1998. Myers & Worm, 2003. Robert, 2003. Baum & Myers, 2004). Una especie es de suma importancia en la economía y que con el paso del tiempo su importancia desaparece sin dejar rastro de lo que la sociedad

realizó para tratar de dar respuesta a esa “extraña” ausencia. Tal es el caso de pesquerías como las ostras perleras, los tiburones, las garropas, abulón negro y el abulón chino en la península de Baja California que quedaron al olvido en el siglo pasado (Sáenz-Arroyo, 2008).

Estudios sobre estimaciones de línea base de la pesquería de abulón o alguna especie relacionada son pocos, por no decir nulos. Rogers-Bennett et al. (2002) a través de capturas históricas logran reconstruir líneas bases de abundancia para diversas especies de abulón en California y las constatan con las cantidades de biomasa que existen en la época, indicando que entre las principales causas de la desaparición de algunas especies como el abulón chino o el negro son a consecuencia de las grandes capturas pasadas y fenómenos naturales. Sugieren y se sustentan en otros estudios como una medida de restauración, la implementación de reservas marinas o áreas de no pesca. Por otro lado, Dayton et al. (1998) indica que para estimar líneas base de abundancia es necesario tener una buena descripción de la información o la metodología para estimarla y comprender la distinción entre cambios naturales y antropogénicos. Indican que entre los principales fenómenos que influyen en la escases de bosque de sargazo en costas de California está la presencia y grado del fenómeno del Niño. Al ser dichas algas alimento y hábitat de muchas especies como el abulón, juega un papel importante en la sobrevivencia de dicho molusco.

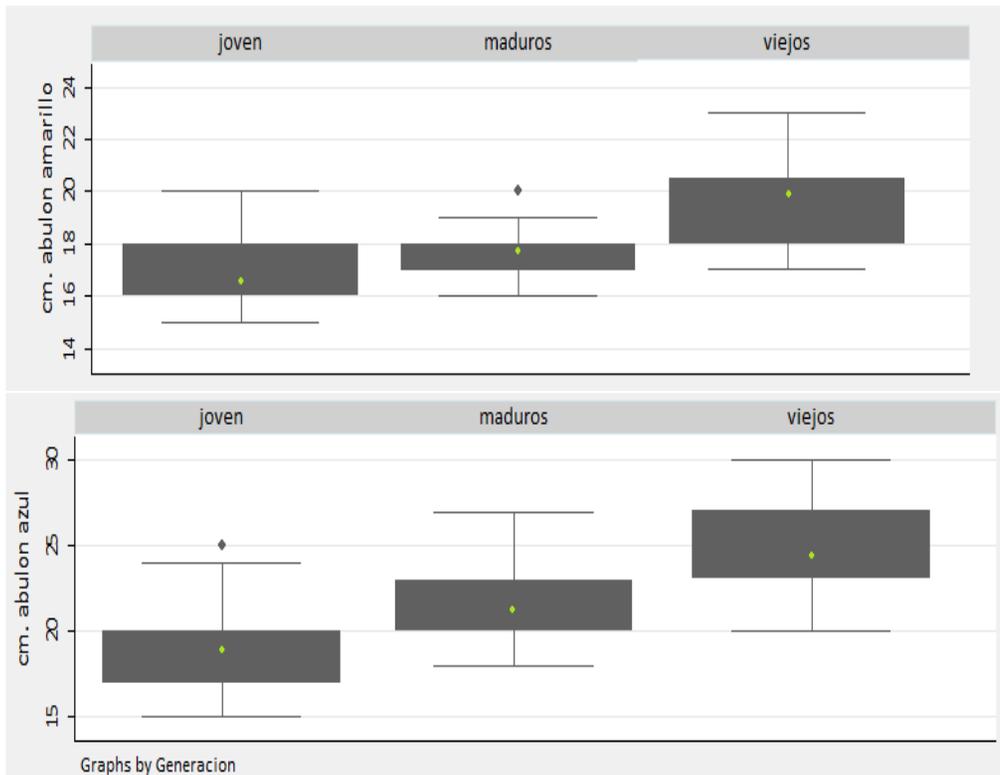
A principios del siglo pasado todavía se pensaba que el abulón nunca llegaría a desaparecer, siempre y cuando tenga alimento disponible. Como relata Heath en 1925: “... *la vida del abulón depende principalmente de la cantidad de algas, y como ésta es prácticamente inagotable, no existe ni la más remota posibilidad de que esta concha se llegue a extinguir*”. Para alcanzar objetivos precisos, la restauración ecológica ha planteado una serie de pasos para su estudio, que entre uno de los más principales esta el definir una “línea base” o “línea de abundancia”, entendido como aquel valor de referencia con el cual se van a contrastar los valores después de la implementación de determinada política (García, 2005).

En el entendido que el abulón es un recursos importante desde hace varios siglos en la historia de Baja California, es necesario tratar de aproximarse a esa línea de abundancia para poder generar en un futuro políticas encaminadas a su restauración. Durante el verano del 2009 y la primavera del 2010 se realizaron entrevistas a 127 buzos de abulón activos o retirados de tres generaciones de cinco comunidades pesqueras del Centro de Baja California: i) Isla Natividad, ii) Isla Cedros, iii) Bahía Tortugas, iv) Bahía Asunción y v) Punta Abreojos. Las tres generaciones que se definieron fueron: i) jóvenes (menores de 30 años, N = 37), ii) maduros (entre 31 y 44 años, N = 46) y iii) viejos (mayores de 45 años, N = 44). El cuestionario iba dirigido a conocer su percepción sobre la situación de la pesquería de abulón (Anexo 2). En la entrevista se les pregunto sobre su mejor día de pesca, el mayor número de abulones capturados y el abulón más grande capturado en la historia de su ejercicio profesional de acuerdo al método propuesto por Sáenz-Arroyo et al. 2005.

Del total de los buzos entrevistados, se observa en la Figura 6 que cuando se considera sólo a la generación de buzos jóvenes, cuentan en promedio que su mayor captura para abulón amarillo es de aproximadamente 17,01 cm.; mientras que en el caso de los buzos viejos, dicha captura promedio aproximadamente es igual a 19,38 cm. En tal sentido, a través de la

historia oral, se evidencia una reducción en la talla promedio de abulón amarillo de aproximadamente un 14%.

Figura 6. Mejor captura en tamaño (cm.) que contaron haber realizado en todos los años que llevan como buzos para abulón amarillo (ANOVA, test, $F=31,73$, $p<0.001$) y azul (ANOVA, test, $F=61,88$, $p<0.001$) respectivamente para cada generación



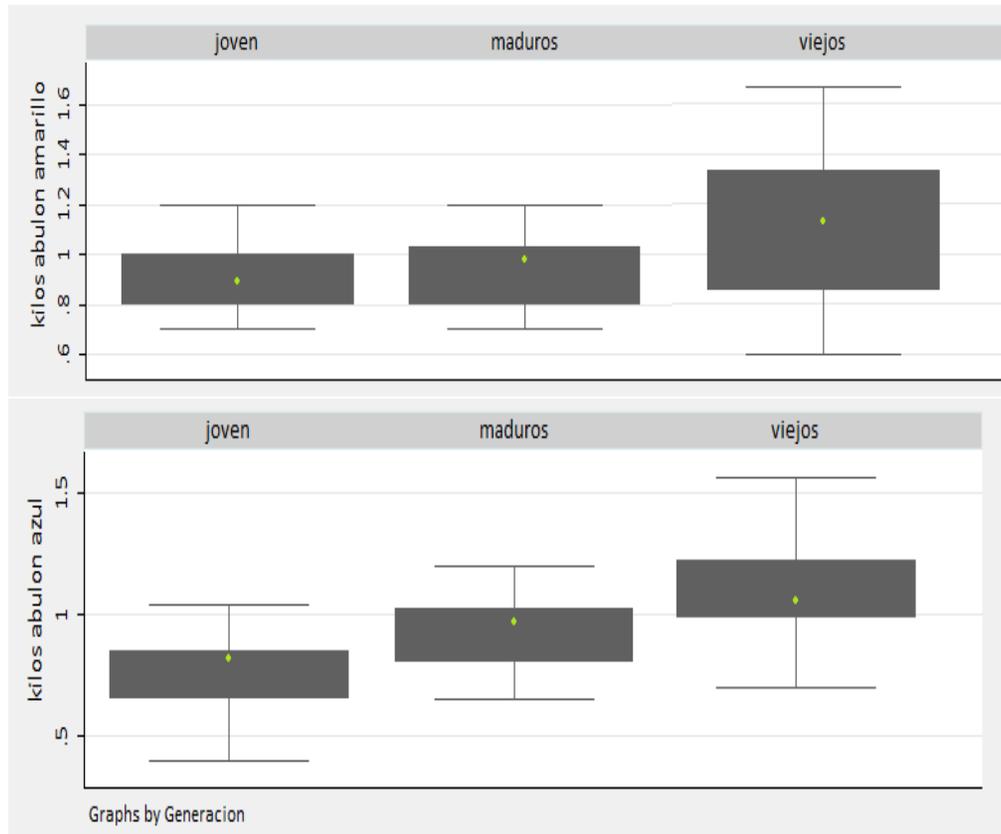
Fuente: Elaboración Propia, 2011.

Para el caso del abulón azul, dicha reducción es mucho mayor. Los buzos viejos reportan en sus relatos, que la mejor captura en promedio que lograron en todos sus años de trabajo para abulón azul, es de aproximadamente 24,9 cm.; mientras que en el caso de los buzos jóvenes, la talla promedio de su mejor captura es de 18,8 cm., con una reducción de casi el 32%. Por lo visto, con el paso de los años y de las generaciones de buzos, los relatos evidencian que cada vez se capturan en promedio abulones amarillos y azules de menor medida.

Así como se evidencia una reducción a nivel de tallas tanto para capturas de abulón amarillo y azul con el paso de los años para las diferentes generaciones, sucede algo muy similar cuando se analiza las mejores capturas pero a nivel de peso (Figura 7). Los diversos relatos de los buzos viejos, indican que la mejor captura de abulón amarillo en promedio en toda su vida es de 1,1 kilos; mientras que en el caso de un buzo joven, la mejor captura promedio reporta un peso de 0,9 kilos. En aproximadamente 30 o 40 años, los relatos indican que en promedio el peso de una captura de un individuo se redujo en un 23%. Al analizar esto para el abulón azul, la reducción es mucho mayor, aproximadamente un 46%.

Para un buzo joven, la mejor captura promedio de abulón azul es de 0,75 kilos; mientras que un buzo viejo, su mejor captura fue abulones de 1,1 kilos.

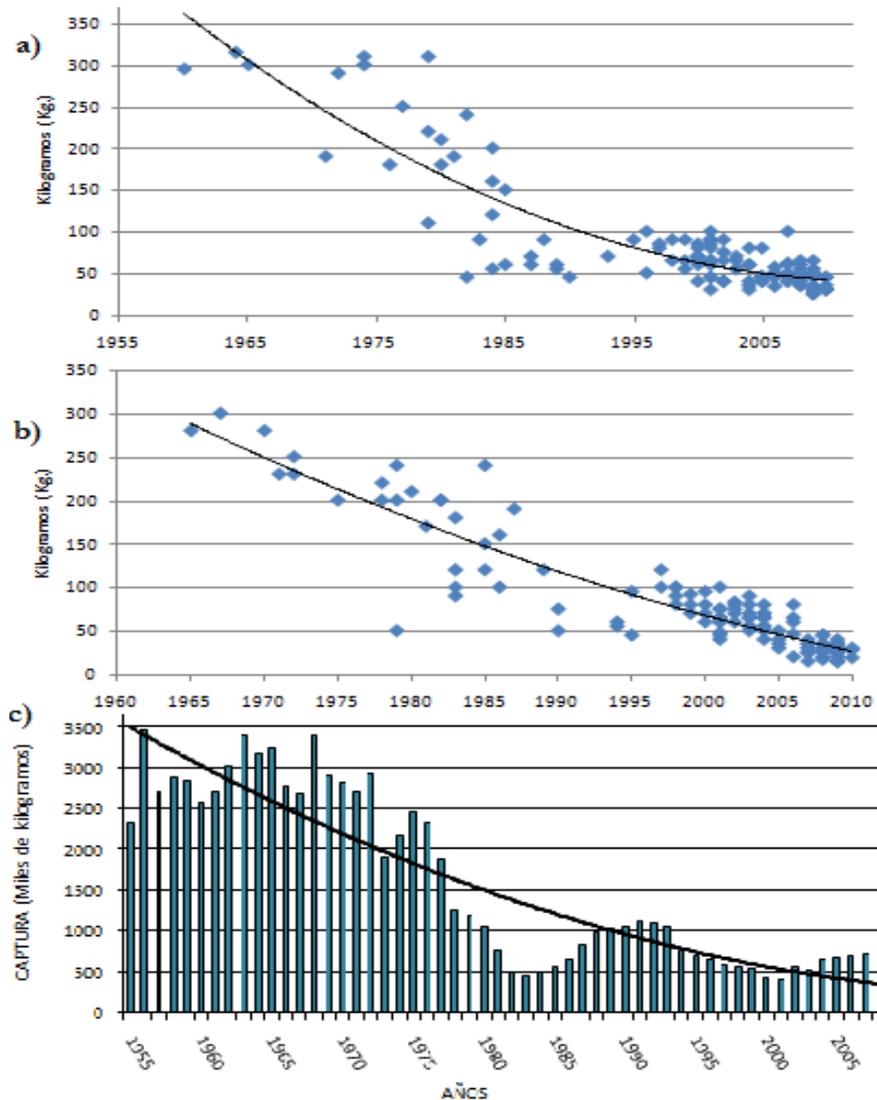
Figura 7. Mejor captura en peso (kilogramos) que contaron haber realizado en todos los años que llevan como buzos para abulón amarillo (ANOVA, test, F=13,56, p<0.001) y azul (ANOVA, test, F=47,20, p<0.001) respectivamente para cada generación



Fuente: Elaboración Propia, 2011.

El hecho de que los buzos de mayor edad hayan capturado abulones amarillos y azules más grandes y pesados, refleja que cada periodo que pasa, se capturan en promedio abulones de menor talla, trayendo como consecuencia una disminución en la cantidad posible de descendencia. Por ejemplo, un pargo gris de 60 cm. de largo, produce diez veces más descendencia que uno de 30 cm. (Pisco, 2008). En el caso del abulón azul, el número de huevos producidos se incrementa con el tamaño del cuerpo, como indica la siguiente fórmula (Shepherd et al., 1991): $f = 0,0026 w - 0,61$; donde f es el número de huevos (millones) y w es el peso (g.). Por lo tanto, en el caso de los buzos jóvenes, el abulón promedio genera aproximadamente 1.3 millones de huevos; mientras que en la época de los buzos viejos, un abulón promedio generaba aproximadamente 2.2 millones. Es decir, con el paso del tiempo, a través del relato de los buzos, se evidencia que la descendencia que un abulón azul puede generar se redujo en casi un 70%.

Figura 8. Mayor marea realizada durante su vida activa de buzo.
 El gráfico a) presenta información para abulón amarillo, donde se evidencia un ajuste de los datos del 78%. El gráfico b) presenta información para abulón azul, con ajuste de los datos del 84%. El gráfico c) reporta las capturas que se han generado en Baja California. Se observa que la disminución de las mejores capturas reportadas por los buzos sigue una tendencia parecida a la disminución del nivel de las capturas.



Fuente: Elaboración Propia, 2011.

De igual forma, la Figura 8 construida a través de relatos de los buzos, muestra como con el pasar de los años, la tendencia de la mejor marea que sacó en su vida productiva se reduce tanto para abulón amarillo como azul, siendo las tendencias de dichas reducciones muy similares a las que reporta las disminuciones en los niveles de captura. El promedio de capturas en un año para la generación de buzos viejos es de aproximadamente 2.9 millones de toneladas de abulón (comprende los años 1955-1970); mientras que las capturas

promedio para la generación de buzos jóvenes en un año es de aproximadamente 600 toneladas (comprende los años 1985-2008). Si se toma como referencia la producción pesquera como un indicador del tamaño de la población, se podría estimar que la captura promedio de un pescador por año, implicaba la remoción de un potencial reproductivo de 6 billones de huevos al año; mientras que las capturas de buzos jóvenes implican la remoción de 950 mil millones de huevos en un año. Es decir, el potencial reproductivo de abulón que se pierde en esta época en la zona de Isla de Cedros a Punta abreojos, es del 16% aproximadamente con respecto a la generación de buzos viejos. Dicho de otra manera, se requerirían miles de laboratorios de acuicultura capaces de recuperar este potencial reproductivo en la región.

Respecto al abulón negro (*Haliotis cracherodii*), casi ya extirpado de las costas bajacalifornianas, el relato de los buzos indica que en un época fue abundante y que de un momento a otro desapareció, como se denomina a un sistema pesquero de prosperidad y colapso (boom and boost).

“Antes había mucho abulón negro en la orilla, más que el azul. Ahí en el arroyo Vargas (I. Cedros), ahí nos tocó a nosotros, en aquel entonces ir a traer abulón, donde varábamos las pangas arriba de los abulones, se veía como tepetate, estaba tapizado de abulones, tapizado de abulón negro las piedras... las conchas ya estaba blancas de lo que les pegaba el sol yo creo.....se usaba para las trampas de la langosta ya que no se usaba para nada” (Entrevista realizada a un pescador con 42 años de buzo en I. Cedros).

“El abulón negro se daba en racimos ahí en la orilla. Bajaba la marea y los mirabas ahí, en las cuevas veías cuatro a cinco encimados, partes donde había mucho..... en los canales, como estaban angostos, los abulones tenían que encimarse” (Entrevista realizada a un pescador con 35 años de buzo en I. Cedros).

“Había mucho (abulón) negro, pegado a la orilla, bajaba el agua y se miraba en todo lado.... en aquellos años todavía me tocó encarnar con abulón negro, nosotros mismo lo sacábamos para la langosta.....inclusive con abulón azul y amarillo” (Entrevista realizada a un pescador con 34 años de buzo en Bahía Tortugas).

La desaparición de dicho abulón es un misterio. La investigación no pudo estimar la abundancia relativa a través de la historia oral porque según los relatos era utilizado como carnada para langosta o secado y reducido a tiras destinado para consumo familiar, sin llevar un registro ya que no era muy apetecido por el mercado internacional por tener un mal aspecto visual. No obtenían dinero de estas capturas y las personas no recuerdan sistemáticamente cual pudo haber sido el mejor día de pesca. Sin embargo, este trabajo maneja como hipótesis que la casi extirpación de dicho abulón se debe a consecuencia de la facilidad de realizar las capturas por los pescadores a comparación con otras especies de abulones, ya que vive en lugares con arrecifes rocosos en la zona intermareal de fácil acceso, sumado al aumento en la intensidad de fenómenos naturales o enfermedades como la aparición del síndrome de deshidratación que generó una alta mortandad en abulones negros en costas de norte América (Friedman et al.,2000) (Haaker et al., 1992) (Richards & Davis, 1993). La elevación de la temperatura del agua incrementa la proporción de mortalidad en abulones negros, especialmente con síndrome de deshidratación (Lafferty &

Kuris, 1993) (Moore et al., 2002). La elevación de la temperatura del agua a consecuencia del calentamiento global a través del fenómeno de El Niño, originó una gran mortandad en los bancos abulones de California, hecho que pudo suceder en Baja California (Raimondi et al., 2002).

De igual forma, es necesario indicar que la elevación de la temperatura del clima causa una reducción de la disponibilidad de alimentos para los abulones (*Macrocystis*, *Pelvetia*, *Eisenia*, *Egrefia* y *Gigartina*). Esta disminución de alimentos puede ser estresante para las poblaciones que sufren de enfermedades u otras amenazas (Shepherd et al., 1998). Entre una de las amenazas esta el competir por comida y espacio contra erizos rojos y morados, siendo estos últimos más resistentes y desplazando al abulón (California Department of Fish and Games, 2005). A través de las conversaciones con los buzos, se menciona muy seguido, especialmente en I. Natividad e I. Cedros, que el erizo es una de las especies que fue escasa en el pasado pero que ahora es más abundante.

Las entrevistas realizadas también trataron de averiguar sobre la presencia y abundancia de abulón chino (*Haliotis sorenseni*) en la zona. Se evidenció que sólo un 4% de los buzos, en su totalidad pertenecientes a la generación de los viejos, dicen haber capturado algunas piezas o haber visto alguna vez su captura. La mayoría de las capturas se las destinaba a abulón azul y/o amarillo por su gran demanda. En tal sentido, y ante el casi total desconocimiento de su presencia, dicha clase de abulón en las costas bajacalifornianas posiblemente siempre fue escasa.

4.1.6. Conclusiones historia ecológica y aproximación a la línea base de abundancia de abulón en Baja California, México

La explotación de los recursos marinos en la península de Baja California empezó desde la llegada de los primeros humanos a esas tierras. Empezando sus actividades de sobrevivencia a través de la recolección de frutos y la caza de animales, para finalmente incorporar la pesca de grandes mamíferos, tortugas, peces y una gran variedad de moluscos. Al alcanzar cierto grado de especialización en la pesca, lo que los aborígenes buscaban era generar el menor gasto físico posible, en tal sentido el consumo de moluscos les reportaba una gran cantidad de calorías y al mismo tiempo un menor gasto de energías.

Entre los principales moluscos que recolectaban los aborígenes estaban las madres perlas y los abulones para autoconsumo, en ambos casos eran arrojados a fogatas con la finalidad de cocinarlos entre sus conchas, dejando a un lado las hermosas perlas. Situación que fue observada por los españoles que llegaron a las costas bajacalifornianas en busca de tierras, riquezas y aventuras. Buscando reinos fantásticos como Totonteac, Quivira, Tiguez y Cíbola que se originaron alrededor del año de 1150 cuando los moros conquistaron España, con la leyenda que estaban repletos de oro y piedras preciosas.

Una gran parte de la histórica en California se caracteriza por la explotación de los recursos naturales que ofrece y que en la mayoría de casos fueron saqueados casi llegando a su extinción. Es el caso de la ballena, ostras perleras, tiburones, garropas, nutrias, abulones entre otras. El abulón siempre jugó un papel importante en la economía y en la sociedad de Baja California, desde sus inicios como fuente de alimento, regalo exclusivo, ofrenda en los

entierros de los muertos, medio de pago como moneda o para realizar trueques y reconocido por los diversos conquistadores que llegaron a las costas por su inmensurable belleza. De igual forma, sirvió al Padre Jesuita Eusebio Francisco Kino como una pieza para desenredar la confusión de que si California era una isla o una península y así poder encontrar un camino por tierra que facilitara el comercio, reduciendo el abandono de la zona y el descubriendo de nuevos mundos.

Posteriormente la llegada de chinos y japoneses a las costas de Baja California, generó el establecimiento de las primeras pesquerías a nivel industrial con grandes exportaciones de abulón y otros recursos marinos a tierras asiáticas y europeas, generando un gran impacto negativo en la cantidad y calidad de biomasa de la especie y un gran daño al ecosistema por las técnicas utilizadas, sin dejar mayores beneficios a la zona. Luego de la salida de japoneses y chinos por protestas de ciudadanos mexicanos y principalmente por el establecimiento de la Segunda Guerra Mundial, son pescadores mexicanos que se hacen cargo de la explotación del recurso, incrementando el nivel de captura. Toda estas capturas sin control por varios años y fenómenos naturales, llevó a la extirpación por completo del abulón negro (*Haliotis cracherodi*) de las costas y una reducción considerable del abulón amarillo (*Haliotis corrugata*) y del abulón azul (*Haliotis fulgens*).

Esta pérdida de especies y el deterioro de ecosistemas, genera la necesidad de realizar estudios sobre historia ecológica y estimación de líneas base de abundancia como un primer paso para tratar de hacer una restauración o como para tener un punto de referencia y así poder diseñar políticas óptimas no solo para el manejo de recursos marinos, sino todo tipo de recursos naturales.

En el caso del abulón en Baja California, se constató a través de encuestas a buzos, que generaciones pasadas obtenían mejores capturas tanto en peso (kilogramos) y medida (centímetros) en comparación con las que se obtienen hoy. Esta reducción tanto en tamaño y peso de abulones genera que con el paso del tiempo se vea afectada la capacidad de descendencia, expresada en la cantidad de huevos que se deja de producir. En el caso del abulón azul, se evidencia que a través de la descripción de los buzos de diferentes generaciones, la descendencia que un abulón puede generar se redujo en casi un 70%. En tal sentido, se podría pensar que además de tener medidas mínimas para la captura, se debería implementar medidas máximas para conservar a aquellos especímenes que puedan generar mayores descendencias. La gran reducción del potencial reproductivo de estos organismos indica que es urgente establecer adicionalmente una medida que proteja los bancos reproductivos a través de una red de reservas completamente protegidas. Esto permitirá mantener las poblaciones y recuperarlas ante un ambiente cada día más variable. Esta primera aproximación es importante en el sentido que puede servir como punto de referencia de comparación para ver la situación actual de la población y determinar que acciones se deben seguir para preservar el recurso.

Finalmente indicar, que aquellos reinos fabulosos llenos de oro y piedras preciosas, tan codiciados por aventureros, si fueron descubiertos a través de la explotación de los recursos naturales en tierras bajacalifornianas. Estamos viviendo en esos reinos y es tarea de todos cuidarlos para que futuras generaciones puedan disfrutarlos y que no se conviertan en una leyenda fantástica.

4.2. Economía experimental para medir variables sociales que influyen las decisiones de extracción

El objetivo de esta sección es indagar acerca de las variables económicas y sociales dentro de sus preferencias sociales que influyen las decisiones de extracción que toman los agentes económicos respecto a sus recursos de uso común (RUC). Para esto, se utiliza datos experimentales extraídos en una primera etapa de alumnos de diversas facultades de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y de los pobladores de Isla Natividad, Baja California, México. La idea de realizar juegos económicos experimentales en ambos grupos, es poder comparar las acciones en cada uno de ellos e identificar qué grupo presenta mayor inclinación o tiene mayor valor a la presencia de preferencias sociales.

Para analizar esto, se plantearon los siguientes dos experimentos:

- a) *“Estrategias participativas para el manejo de un recurso de uso común”*: En este experimento se simuló un escenario en el cual los agentes económicos (alumnos y pobladores de la Isla) deben decidir sus niveles de extracción de pesca ante diferentes escenarios. Un primer escenario considerado de línea base (sin ningún tratamiento), un escenario con llamada de atención y un tercer escenario con castigo económico o multa. En los dos últimos escenarios, la autoridad pesquera recomendaba a los agentes económicos capturar sólo una unidad para poder lograr un equilibrio social.
- b) *“Reserva marina: ¿Un seguro contra el cambio climático?”*: El objetivo de este experimento es tratar de medir las decisiones que tomen los agentes económicos ante la presencia de un fenómeno climático (baja de oxígeno) con respecto a sus niveles de captura y la decisión de implementar o no una reserva marina como un seguro contra fenómenos climáticos.

A continuación, se explicará en mayor detalle cada experimento con los respectivos resultados tanto para el grupo de alumnos que simulan ser pescadores como para los habitantes de Isla Natividad.

4.2.1. Estrategias participativas para el manejo de un recurso de uso común (RUC)

El manejo de los recursos de uso común (RUC) está en gran medida asociado a las actitudes, percepciones, redes y capital social que presenta un grupo de individuos que tienen el acceso a ellos y del cual obtienen beneficios económicos o de bienestar (Ostrom 1998, Olson 1965). Debido a sus características de no excluibilidad a algún individuo de su extracción (la exclusión puede ser difícil o costosa) y de la rivalidad en su consumo (la extracción del recurso por un individuo precluye la opción que otro individuo lo pueda extraer), hace que el comportamiento racional de los agentes económicos los lleve a tratar de consumir o extraer lo más que puedan para obtener ganancias. Sin embargo, los costos de consumir mayores unidades del recurso son distribuidos entre todos y la sociedad en su conjunto (Hanna & Jentoft, 1996). Este comportamiento individualista de los individuos

conduce a la sobreexplotación de los recursos naturales o más conocida en la literatura económica como la tragedia de los comunes (Hardin 1968).

La tragedia de los comunes se puede originar debido a la presencia de información incompleta y/o asimétrica ante un desconocimiento de algún agente económico o incertidumbre de lo que le pueda pasar al recurso en un futuro, por ejemplo ante la presencia de variaciones en variables ambientales, precios de los recursos en los mercados o los costos para su uso o conservación. Otra fuente es que los derechos de propiedad estén incompletos o no establecidos con claridad del agente o el grupo de agentes económicos que puedan tener acceso a ellos. O el hecho de que los derechos de propiedad sean inconsistentes, es decir, no reflejen los verdaderos objetivos sociales o de la comunidad. O finalmente que dichos derechos sean imposibles de ejecutar o hacer cumplir debido a problemas de vigilancia, legalidad, corrupción entre otros.

Según Hardin (1968), la mejor solución es la definición clara y ejecutable de los derechos de propiedad. Sin embargo, el manejo de dichos recursos va más allá de la definición de tales derechos, como el tema de la acción colectiva para llegar a un objetivo común. Ostrom (1998), Castillo y Saysel (2005) entre otros indican que existen otros factores que influyen las decisiones económicas en torno al manejo eficiente de un recurso de uso común como la reciprocidad, el altruismo, la reputación y la confianza. En la medida en que estos factores estén presentes en cierta comunidad, a un agente económico le será más fácil comprometerse con ella para tener objetivos comunes.

En primer lugar, se realizó un experimento en laboratorio con alumnos de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) con la finalidad de identificar o tratar de medir esas variables o factores. Además de encontrar qué medida de manejo es la más eficiente tanto para lograr un objetivo ambiental como es la conservación, como para un beneficio económico de los agentes por sus capturas. A los alumnos se les presentó un escenario parecido al que viven pescadores de las costas de Baja California, específicamente pescadores de Isla Natividad, con la finalidad de aplicar un experimento similar en la Isla y poder contrastarlos para obtener conclusiones y recomendaciones.

Isla Natividad es una isla mexicana ubicada en el Océano Pacífico y forma parte de la Reserva de la Biosfera del Vizcaíno. Considerada zona núcleo de la Biósfera al ser una zona de alta protección ambiental y con una gran variedad en biodiversidad (Arriaga Cabrera et al, 1998) (Morgan et al, 2005). Actualmente existe una comunidad de 80 familias las cuales en su gran mayoría están vinculadas directa o indirectamente a la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera “Buzos y Pescadores de la Baja California”. Dicha Cooperativa tienen concesión por parte del Gobierno para explotar los recursos marinos de la zona, entre los cuales están el abulón, langosta, caracol, pepino de mar, erizo y pescado. Los habitantes de la Isla y por ende de la Cooperativa están consientes que los recursos marinos son su fuente de ingreso en la actualidad y que deben ser para futuras generaciones. En tal sentido, vienen desarrollando medidas internas (además de las que les recomienda el Gobierno) como programas de captura (cuotas y esfuerzo), control de la captura por zonas de pesca con el registro de actividades en bitácoras, programas de cultivo y repoblamiento de abulón, y desde el 2003 conjuntamente con la ONG COBI (Comunidad y Biodiversidad) se está buscando mejorar el manejo de las pesquerías a través del

establecimiento de un proyecto piloto de reservas marinas (Comunidad y Biodiversidad, 2006).

Se escogió esta Isla gracias a que es un lugar de alta importancia para la biodiversidad en la Reserva de la Biósfera del Vizcaíno y para México (INE, 2000), además que el uso de sus recursos de uso común es el principal motor para los agentes económicos que viven en ella. El manejo de los RUC viene siendo de manera responsable, por ejemplo todavía se puede encontrar uno de los bosques de sargazo más densos en el límite sur de la Corriente de California (Comunidad y Biodiversidad, 2006). Otros recursos como el abulón se encuentra relativamente mermado (no sólo en la Isla, sino en toda la región de las costas de Baja California) en comparación con sus registros históricos debido a la fuerte presión de pesca, cambios en el clima marino, pesca ilegal o una combinación de éstas (Ponce Díaz, 2008). Sin embargo, otro motivo que se esgrime es debido a la estrategia de manejo que se viene aplicando con una reducción de las cuotas de captura (INP, 2006). Por lo tanto, las medidas ya iniciadas intentan entender y revertir, detener o estar preparados para este proceso.

Dentro las medidas iniciadas se encuentra involucrada toda la comunidad, por lo tanto es necesario estudiar y entender los determinantes de la explotación que hacen los pescadores para que así sean aplicadas a propuestas futuras y poder ser replicadas en zonas adyacentes. En tal sentido, se debe identificar si el capital social y la acción colectiva influyen en la toma de decisiones ambientales para la conservación y el manejo de los recursos de uso común en la población que habita Isla Natividad. Además, se debe buscar o identificar aquella(s) estrategia(s) que incentive(n) a los pescadores a disminuir sus niveles de extracción o a tener una pesca responsable a través de medidas no coercitivas donde los pescadores se sientan involucrados respetando sus normas internas, pero que al mismo tiempo obtengan mayores beneficios económicos y sociales.

4.2.1.1. Marco experimental

Este experimento pretende analizar la conducta que siguen los pescadores hacia diferentes estrategias participativas que aplica la autoridad ambiental para el manejo de un recurso de uso común (RUC). Para tal propósito, los datos a utilizar son tomados de la información recolectada por la aplicación de un juego de recursos de uso común, implementado con alumnos de diferentes carreras de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y posteriormente con habitantes de Isla Natividad. Se escogió estos dos grupos, ya que se quiere constatar que la conducta de comunidades como de pescadores, variables como la cooperación, altruismo u otras variables sociales son importantes al momento de tomar la decisión de extraer un recurso de uso común.

El experimento realizado con estudiantes empleó 17 grupos de cinco personas cada uno. A lo largo de diez rondas, los agentes económicos debían decidir de forma individual su nivel de captura de un RUC, máximo se podía extraer ocho (8) unidades y mínimo una (1) unidad del recurso. Al concluir el experimento, los participantes llenaron una constancia de que participaron del juego y que lo comprendieron, además de responder una encuesta que brindó información estadística acerca del género, edad, entre otros.

El diseño experimental implementado a los alumnos, permitía a los cinco jugadores de cada grupo participar de un juego que recreaba una situación parecida a la que resuelve un grupo de pescadores en isla Natividad, ubicada en la península de Baja California, México. Cada pescador debía tratar de maximizar sus beneficios individuales a través de su nivel de capturas y de las decisiones que realizan sus compañeros de grupo, calculados a través de una función de pagos, típico problema de un recurso de uso común. Al finalizar el experimento, el jugador de todos los grupos que alcanzará el mayor nivel de beneficios recibía como ganancia \$us. 40 americanos, motivando de esta manera a que los alumnos actuaran de manera racional a través de incentivos económicos.

La función de beneficios o puntos que cada pescador enfrenta en las diez rondas del juego es la siguiente (Maldonado y Moreno, 2007 y 2009):

$$\pi_{it} = f(X_{it}, S_t) + g\left(\sum_{i=1}^n X_{it}\right) = (\alpha * X_{it}) - \frac{(\beta * X_{it}^2)}{2 * S_t} + \gamma \sum_{i=1}^n (e - X_{it})$$

$$f_X \geq 0; f_{XX} \leq 0; f_S \geq 0; f_{SS} \leq 0; g_X \leq 0;$$

$$g_{XX} \geq 0; \alpha > 0; \beta \geq 0; S > 0; \gamma \geq 0$$

Donde:

- X: Cantidad capturada,
- S: Stock del recurso,
- α : Precio del producto,
- β : Parámetro técnico asociado a los costos,
- γ : Parámetro asociado a la conservación y
- e: Cantidad máxima que puede capturar el grupo.

El stock del RUC presenta la siguiente función de evolución en el tiempo:

$$S_{t+1} = S_t - \sum_{i=1}^n X_{it} + F(S_t) = S_t - \sum_{i=1}^n X_{it} + \left[\theta * S_t * \left(1 - \frac{S_t}{k}\right) \right]$$

Donde:

- θ : Tasa intrínseca de crecimiento y
- k: Capacidad de carga.

Por tal motivo, los pescadores deben maximizar la función de beneficios sujeta a la función de evolución del recurso:

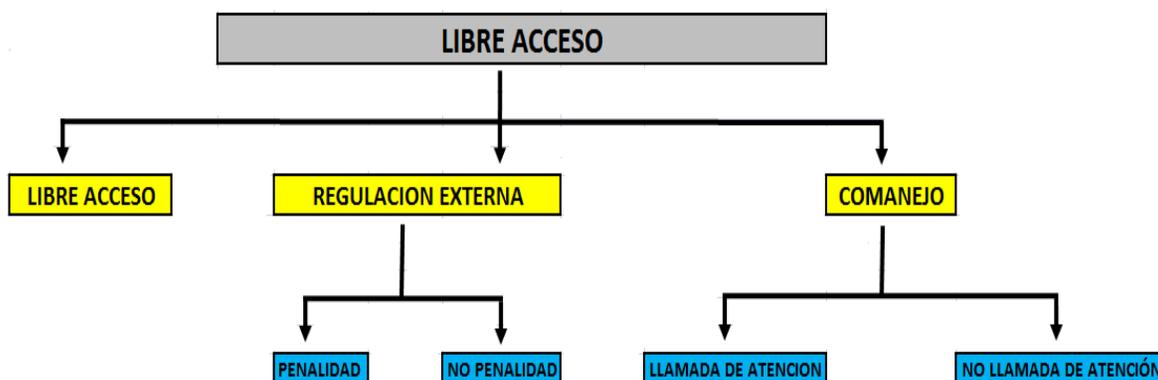
$$\text{Max}_{X_{it}} \sum_{t=0}^T \delta^t \pi_{it} = \sum_{t=0}^T \delta^t \left\{ (\alpha * X_{it}) - \left[\frac{(\beta * X_{it}^2)}{(2 * S_t)} \right] + (\gamma * n * e) - \left(\gamma * \sum_{i=1}^n X_{it} \right) \right\}$$

$$\text{Sujeto a: } S_{t+1} = S_t - \sum_{i=1}^n X_{it} + F(S_t) = S_t - \sum_{i=1}^n X_{it} + \left[\theta * S_t * \left(1 - \frac{S_t}{k}\right) \right]$$

De las diez rondas que se realizó el experimento, las primeras cinco fueron desarrolladas sin ningún tipo de tratamiento. Es decir, se les indicaba que decidieran su nivel de capturas individual entre una y ocho unidades. En las cinco rondas siguientes, se les informó a los estudiantes que la autoridad pesquera a través de estudios científicos recomendaba que la decisión más conveniente para todos, fuera que cada uno de los jugadores capturara sólo una unidad. Este cambio de regla se aplicó a un 65% de los grupos, dejando el resto como de línea base para su comparación.

De los grupos a los cuales se les aplicó el cambio de regla, a una mitad de ellos se les aplicó un impuesto y al resto una llamada de atención. Se escogió en cada ronda al azar un jugador al que se le revisaba su decisión tomada. En caso en que el estudiante seleccionado al azar esté capturando más de una unidad, en caso de ser de los grupos del impuesto, se le sancionaba con la pérdida de beneficios o puntos que él ganaba por sus capturas, pero seguía recibiendo los beneficios que obtenía el resto del grupo.

Figura 9. Esquema del juego económico experimental aplicado a estudiantes



Fuente: Elaboración Propia, 2011.

En este punto es necesario aclarar, que sólo sabía la persona si era sancionada y no los miembros del grupo. En caso de ser del grupo a los cuales se les llamó la atención, no perdía ningún punto o ganancia de sus capturas, pero se avisaba al resto de jugadores del grupo que dicha persona estaba capturando por encima de lo sugerido por la autoridad pesquera. Acá lo que se quería ver es si es más eficiente aplicar una política comando y control a través de un impuesto, una política de comanejo donde interactúa tanto la autoridad pesquera como los miembros del grupo o no aplicar ningún tipo de política (grupos de línea base).

Con la función de beneficios o puntos ya definida anteriormente, y teniendo en cuenta que dichas ganancias depende de las capturas individuales y de las capturas del resto de los compañeros del grupo, se elabora las siguientes tablas de pagos, donde se resume todos los posibles pagos que se pueden presentar en el juego. Para introducir el tema de escases o abundancia del recurso, el juego presenta dos tablas de beneficios, una tabla donde el stock es alto y una tabla donde el stock es bajo. Los agentes económicos usarán cierta tabla dependiendo si las capturas de todo el grupo en una ronda anterior son mayores o menores

a 20. En caso que las capturas sean menores o iguales a 20, usan la tabla de stock alto; si las capturas son mayores a 20, usan la tabla de stock bajo.

Tabla 1. Tabla de beneficios o puntos para el escenario con stock alto y bajo

		TABLA DE PUNTOS (GANANCIAS POR EXTRACCIÓN + CONSERVACIÓN DE ABULONES)							
		Mi nivel de extracción (abulones que yo saco)							
		1	2	3	4	5	6	7	8
El nivel de extracción de ellos (abulones que sacan ellos)	4	795	860	915	960	995	1020	1035	1040
	5	775	840	895	940	975	1000	1015	1020
	6	755	820	875	920	955	980	995	1000
	7	735	800	855	900	935	960	975	980
	8	715	780	835	880	915	940	955	960
	9	695	760	815	860	895	920	935	940
	10	675	740	795	840	875	900	915	920
	11	655	720	775	820	855	880	895	900
	12	635	700	755	800	835	860	875	880
	13	615	680	735	780	815	840	855	860
	14	595	660	715	760	795	820	835	840
	15	575	640	695	740	775	800	815	820
	16	555	620	675	720	755	780	795	800
	17	535	600	655	700	735	760	775	780
	18	515	580	635	680	715	740	755	760
	19	495	560	615	660	695	720	735	740
	20	475	540	595	640	675	700	715	720
	21	455	520	575	620	655	680	695	700
	22	435	500	555	600	635	660	675	680
	23	415	480	535	580	615	640	655	660
	24	395	460	515	560	595	620	635	640
	25	375	440	495	540	575	600	615	620
	26	355	420	475	520	555	580	595	600
	27	335	400	455	500	535	560	575	580
	28	315	380	435	480	515	540	555	560
	29	295	360	415	460	495	520	535	540
	30	275	340	395	440	475	500	515	520
	31	255	320	375	420	455	480	495	500
	32	235	300	355	400	435	460	475	480

		TABLA DE PUNTOS (GANANCIAS POR EXTRACCIÓN + CONSERVACIÓN DE ABULONES)							
		Mi nivel de extracción (abulones que yo saco)							
		1	2	3	4	5	6	7	8
El nivel de extracción de ellos (abulones que sacan ellos)	4	790	840	870	880	870	840	790	720
	5	770	820	850	860	850	820	770	700
	6	750	800	830	840	830	800	750	680
	7	730	780	810	820	810	780	730	660
	8	710	760	790	800	790	760	710	640
	9	690	740	770	780	770	740	690	620
	10	670	720	750	760	750	720	670	600
	11	650	700	730	740	730	700	650	580
	12	630	680	710	720	710	680	630	560
	13	610	660	690	700	690	660	610	540
	14	590	640	670	680	670	640	590	520
	15	570	620	650	660	650	620	570	500
	16	550	600	630	640	630	600	550	480
	17	530	580	610	620	610	580	530	460
	18	510	560	590	600	590	560	510	440
	19	490	540	570	580	570	540	490	420
	20	470	520	550	560	550	520	470	400
	21	450	500	530	540	530	500	450	380
	22	430	480	510	520	510	480	430	360
	23	410	460	490	500	490	460	410	340
	24	390	440	470	480	470	440	390	320
	25	370	420	450	460	450	420	370	300
	26	350	400	430	440	430	400	350	280
	27	330	380	410	420	410	380	330	260
	28	310	360	390	400	390	360	310	240
	29	290	340	370	380	370	340	290	220
	30	270	320	350	360	350	320	270	200
	31	250	300	330	340	330	300	250	180
	32	230	280	310	320	310	280	230	160

Fuente: Elaboración Propia, 2011.

Para ambos escenarios, el óptimo social es igual a que cada agente económico capture una (1) unidad. Si todos toman esa decisión, a nivel individual obtendrían menores ganancias pero a nivel de grupo o sociedad las ganancias serían las mayores. Para el caso de la tabla de stock alto, el óptimo de Nash se obtiene cuando el agente económico saca ocho (8) unidades y en el caso de estar jugando con stock bajo se logra dicho óptimo con capturas iguales a cuatro (4). Por lo tanto, si una persona decide capturar con una estrategia de Nash puede obtener altos beneficios o puntos, pero a nivel de grupo o sociedad obtener bajos beneficios.

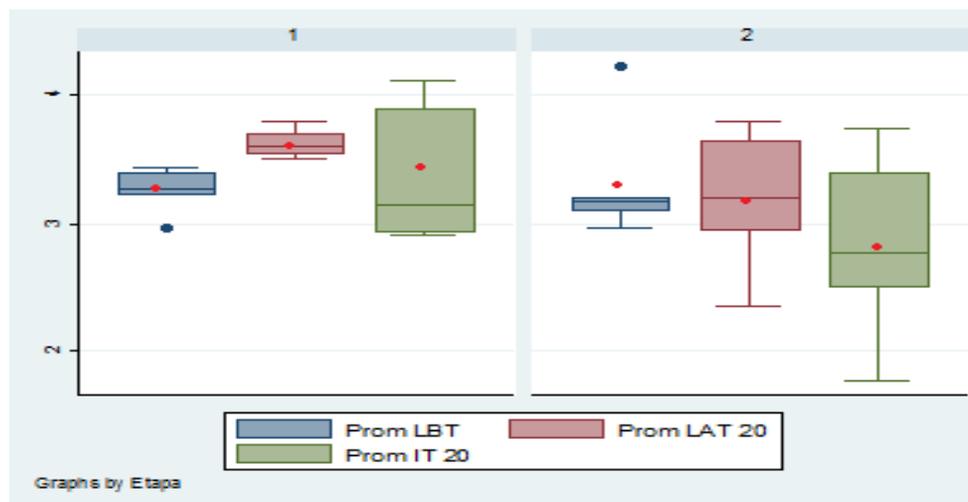
Por lo tanto, el punto de quiebre de usar la tabla de stock alto o bajo lo determina si las capturas a nivel del grupo son mayores o menores al óptimo de Nash en un escenario de stock bajo.

4.2.1.2. Experimentos con estudiantes

4.2.1.2.1. Resultados

El gráfico siguiente presenta información sobre las capturas separadas en dos etapas que realizaron los estudiantes. La primera etapa donde las capturas se las realizó sin tener ninguna regla o alguna política de manejo de los recursos de uso común por parte de la autoridad pesquera, y la segunda etapa donde los estudiantes se enfrentan a la sugerencia de la autoridad ambiental de capturar una unidad, la cual se controla a través de una llamada de atención o un impuesto. Es necesario indicar, que en el caso del grupo de estudiantes que son considerados línea base, ambas etapas presentan las mismas características de juego.

Gráfico 1. Capturas promedio antes y después de la aplicación de la regla para los estudiantes



Fuente: Elaboración Propia, 2011.

LBT = Línea Base (hombres y mujeres)

LAT20 = Llamada de Atención al 20% del grupo (hombres y mujeres)

IT20 = Impuesto al 20% del grupo (hombres y mujeres)

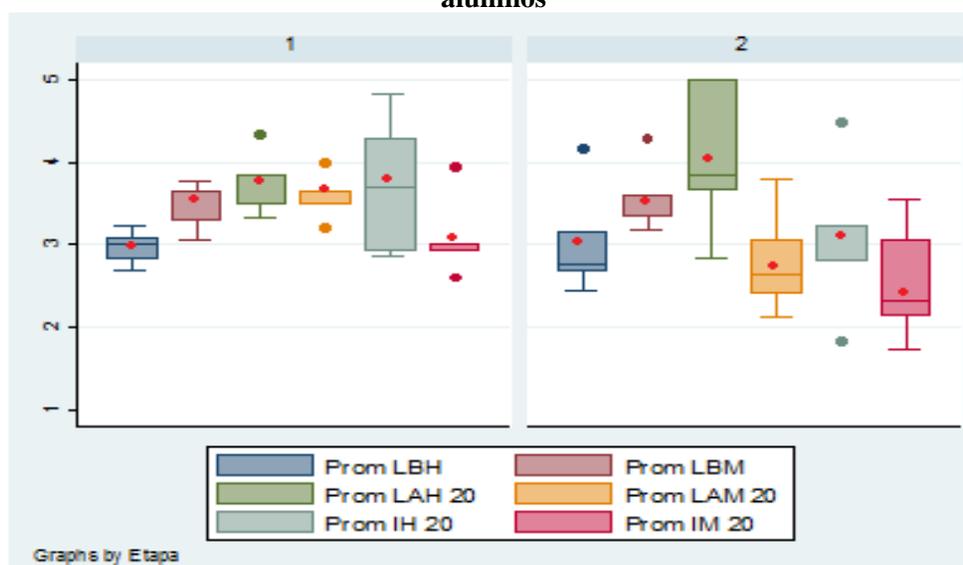
Los puntos rojos son las medias de las capturas del tipo de política aplicada.

Se observa que las capturas en la primera etapa del juego son superiores a las de la segunda etapa, con lo cual la aplicación de alguna política motiva u obliga a que los agentes

económicos reduzcan sus niveles de captura. La primera etapa tiene en promedio un nivel de capturas igual a 3,4 unidades del recurso, en la segunda etapa en promedio las capturas se reducen a 3 unidades aproximadamente. Para el caso del grupo de línea base, las capturas en ambas etapas son estadísticamente iguales. Ya al analizar las capturas entre la aplicación de un impuesto o el comanejo, ambas políticas son efectivas para reducir los niveles de captura promedio. La aplicación del impuesto origina una reducción en las capturas de una etapa a la otra en un 16,6%; mientras que la aplicación de una política de llamada de atención reduce las capturas en un 12%. El promedio de las capturas con un impuesto en la segunda etapa es de 2,8; mientras que en el caso de la llamada de atención es de 3,2 unidades del recurso pesquero.

De igual forma, al analizar el cambio de las capturas de una etapa a otra a nivel de género (Gráfico 2), se observa que tanto para hombres como para mujeres del grupo de línea base, las capturas no presentan grandes diferencias (en ambos casos aumentan en menos del dos por ciento). Cuando ya se analiza la variación de las capturas entre ambas etapas, se observa que en el caso del impuesto, tanto hombres como mujeres reducen sus niveles de captura significativamente (los hombres reducen en un 16% y las mujeres en un 17%). La aplicación de una llamada de atención, influye de gran manera entre las mujeres, y no así entre los hombres. Para el caso de las mujeres, las capturas se ven reducidas en un 21%, mayor reducción que cuando se aplica un impuesto. Sin embargo, la aplicación de esta política entre los hombres genera que las capturas se incrementen en un 7%. Una explicación para esto es que las mujeres pueden estar más susceptibles a la imagen que pueden generar o mostrar ante el resto del grupo, no así para el caso de los hombres. Esta investigación plantea que esta actitud de los hombres puede cambiar cuando se trata de un grupo de individuos en el cual los lazos o el capital social es mayor, como puede suceder en sociedades de pescadores donde las reglas sociales son más importantes que reglas impuestas por terceros (pescadores de cooperativas de Baja California).

Gráfico 2. Capturas promedio por género antes y después de la aplicación de la regla para los alumnos



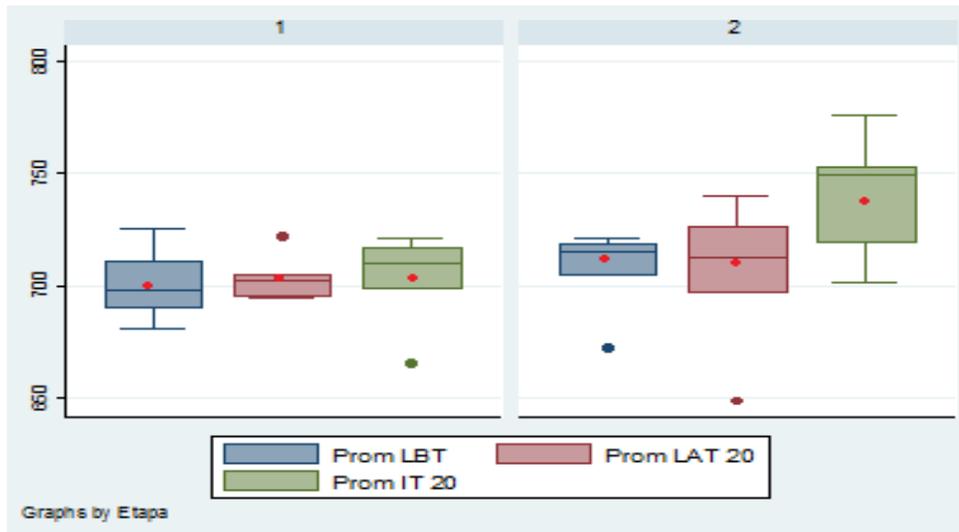
Fuente: Elaboración Propia, 2011.

LBH = Línea Base Hombres
 LBM = Línea Base Mujeres
 LAH20 = Llamada de Atención al 20% Hombres
 LAM20 = Llamada de Atención al 20% Mujeres
 IH20 = Impuesto al 20% Hombres
 IM20 = Impuesto al 20% Mujeres
 Los puntos rojos son las medias de las capturas del tipo de política aplicada.

Esa reducción de las capturas que se originan tras la implementación de cierta política pesquera, genera cierta mejora en los puntos o beneficios que reciben los agentes económicos. Para el caso del comanejo, los puntos o beneficios se incrementan en un 0,15%, para el caso del los grupos de línea base no existen cambios estadísticamente entre ambas etapas. Mientras que en el caso de la aplicación del impuesto, la reducción de un 16% de las capturas va acompañada en un aumento en los niveles de puntos en un 5,3% (Ver Gráfico 3). Es necesario indicar que la aplicación de cierta política pesquera (llamada de atención o impuesto) busca incentivar u obligar a los pescadores a actuar o aproximarse a una conducta en el óptimo social, y no que cada uno trate de llegar al óptimo de Nash. Es decir, mejor respuesta dependiendo de la acción del resto del grupo, en este caso lo mejor será tratar de capturar lo máximo posible, tratando de obtener el mejor beneficio individual en contra del beneficio social.

Debido a que los recursos de uso común no presentan derechos de propiedad bien definidos y que el consumo de una unidad reduce el stock al que pueden acceder los otros agentes económicos, cada pescador tratará de capturar las mayores unidades posibles. En tal medida, la implementación de un impuesto para el caso de los estudiantes incentiva a buscar el beneficio social y de esta forma conservar el recurso para un futuro.

Gráfico 3. Puntos promedio antes y después de la aplicación de la regla para estudiantes



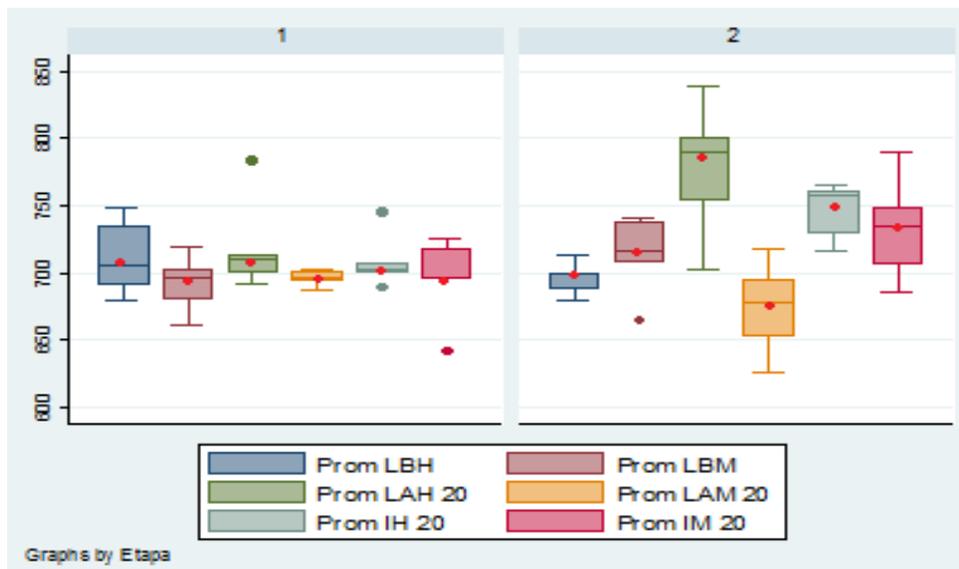
Fuente: Elaboración Propia, 2011.

LBT = Línea Base a todo el grupo (hombres y mujeres)
 LAT20 = Llamada de Atención al 20% del grupo (hombres y mujeres)
 IT20 = impuesto al 20% del grupo
 Los puntos rojos son las medias de las capturas del tipo de política aplicada.

Se Observa que las capturas a nivel de género tras la aplicación de un impuesto origina un descenso en el nivel de capturas (similar en ambos sexos). Mientras que en el caso de la llamada de atención, las capturas se reducían en un 21% para las mujeres y que los hombres aumentaban en 8% aproximadamente. A nivel de puntos o ganancias, origina que en caso del impuesto, esa reducción del nivel de capturas, produce un aumento en 5,5% para ambos sexos (Gráfico 4).

Por el lado de la llamada de atención o comanejo, los beneficios van en sentido contrario, las mujeres por la reducción de sus capturas obtienen una reducción de sus ganancias en un 3,3%. Los hombres al aumentar sus capturas, aumentan sus beneficios económicos en 8% aproximadamente. En el caso de la llamada de atención, origina que ganancias que obtenían las mujeres son traspasadas a los hombres a través de las capturas que cada género realiza, situación que no sucede con la implementación de un impuesto.

Gráfico 4. Puntos promedio por género antes y después de la aplicación de la regla para los alumnos



Fuente: Elaboración Propia, 2011.

LBH = Línea Base Hombres
 LBM = Línea Base Mujeres
 LAH20 = Llamada de Atención al 20% Hombres
 LAM20 = Llamada de Atención al 20% Mujeres
 IH20 = Impuesto al 20% Hombres
 IM20 = Impuesto al 20% Mujeres
 Los puntos rojos son las medias de las capturas del tipo de política aplicada.

En tal sentido, se puede concluir que ambas políticas pesqueras aplicadas son eficientes en tratar de reducir los niveles de capturas y dirigirlos a un equilibrio social. En un caso a través de medidas disuasivas con penalidades sociales, y en el otro a través de medidas tipo comando y control. Al analizarlas a nivel de género, se identifica que políticas tipo comando y control son más equitativas ya que ambos sexos reducen sus niveles de captura, obteniendo beneficio o puntos promedios mayores y conservando el recurso. Totalmente

diferente para el caso de política disuasiva o con penalidades sociales, donde los hombres no las consideran importantes (para este experimento con alumnos), no así las mujeres.

Por lo tanto, el sacrificio que hacen las mujeres por reducir sus niveles de captura promedio no se ven recompensadas en mayores beneficios, sino que son trasladadas a los hombres. Se argumenta que este es un caso particular para este grupo de estudio, en comunidades donde los lazos o reglas sociales son más importantes, se esperaría que políticas de tipo comanejo sean más importantes o eficientes que las de tipo comando y control.

Además de identificar que política es más eficiente para que las capturas sean lo más próximas al óptimo social, es necesario identificar que variables son importantes para los pescadores (en este caso los estudiantes) al momento de tomar su decisión. Para esto, se plantea el siguiente modelo econométrico:

$$Capturas_{(i,t+1)} = f(Capturas_{(i,t)}; Capturas_{(j,t)}; Puntos_{(i,t)}; Puntos_{(j,t)}; Z; W)$$

Donde las capturas del pescador (i) en el periodo (t+1) está en función de:

- a) Capturas del mismo pescador en un periodo anterior (t),
- b) Capturas promedio del resto de pescadores de su grupo en un periodo anterior (t),
- c) Puntos que haya obtenido el pescador en un periodo anterior (t),
- d) Puntos promedio del resto de pescadores de su grupo en un periodo anterior (t),
- e) Variables del juego (Z) y
- f) Variables socioeconómicas (W).

La combinación de estas variables permite cuantificar el comportamiento de los alumnos (pescadores) con referencia a aspectos de cooperación y aversión a la desigualdad, elementos importantes de capital social que pueden determinar los niveles de extracción de los recursos de uso común.

Para lo cual, la anterior ecuación se modifica a la siguiente:

$$Cap_{(i,t+1)} = f(Cap_{(i,t)} - 1; Cap_{(j,t)} - 1; |Puntos_{(i,t)} - Puntos_{(j,t)}|; Z; W)$$

Donde las capturas del pescador (i) en el periodo (t+1) está en función de:

- a) Desviación de las capturas del óptimo social en un periodo anterior (variable que mide la propensión a no cooperar del pescador),
- b) Desviación de las capturas promedio del resto de pescadores en un periodo anterior (variable que mide la propensión a no cooperar del resto de pescadores),

- c) Diferencia en valor absoluto de los puntos del pescador con respecto al resto de pescadores del grupo en un periodo anterior (variable que mide la aversión que siente el pescador por la desigualdad). Esta última variable es una adaptación del trabajo de Falk et al (2002),
- d) Dentro las variables del juego (Z), se considera las variables:
 - i) Etapa del juego, que toma el valor de cero (0) si el juego está en las primeras cinco rondas y uno (1) si el juego está en las segundas cinco rondas,
 - ii) Tratamiento, es una variable de conteo que toma el valor de uno (1) si el grupo presenta un tratamiento de línea base, un valor de dos (2) si presenta un tratamiento de llamada de atención o comanejo y un valor de tres (3) si presenta un tratamiento de impuesto.
- e) Las variables socioeconómicas consideradas son:
 - i) Edad,
 - ii) Sexo.

El modelo econométrico considerado es un datos panel balanceado, aprovechando tanto la información de corte transversal (decisiones de los pescadores en un periodo) y de series de tiempo (decisiones de los pescadores en las diez rondas). Se optó por utilizar un panel de efectos variables debido a que la especificación del modelo considera variables que no cambian entre el mismo individuo y que cambian entre individuos (sexo y edad), además de realizar una prueba de Breusch y Pagan, una prueba F de significancia y una prueba de Hausman. De igual forma, se realizó una prueba de autocorrelación, heteroscedasticidad y correlación contemporánea para obtener la mejor especificación del modelo. Los resultados se muestran en la Tabla 2.

Los signos de los parámetros estimados para el modelo econométricos para los estudiantes son los esperados. El intercepto presenta signo positivo y significativo, esto indica que en ausencia del resto de variables del modelo, los estudiantes eligen niveles de captura del recurso pesquero de 4,5 unidades aproximadamente. Esta variable engloba aquellos efectos no observados como historia, enseñanzas del hogar o valores culturales que cada agente económico trae al juego.

El parámetro de la variable que mide la proporción a la no cooperación por parte del estudiante es positivo y significativo (propncm). Lo cual indica que si el estudiante se desvía más de las capturas socialmente óptimas en un periodo anterior (no coopera con el manejo sostenible del recurso), las capturas en el siguiente periodo serán mayores. Si un periodo anterior se aleja en una unidad del óptimo social (una unidad), en el siguiente periodo capturará 0,37 unidades más del recurso. Esta variable es importante para medir el grado de cooperación por parte del individuo ante el grupo y para realizar un buen manejo del recurso pesquero.

La variable propnco refleja que si las capturas promedio del resto de los integrantes del grupo se desvían en una unidad del óptimo social, el estudiante decidirá reducir sus capturas en 0,2 unidades. Mostrando con esta variable que los estudiantes a pesar de que el resto aumenta sus capturas, deciden capturar en menor medida, tratando de mejorar el bienestar de toda la sociedad. Esta variable de alguna manera refleja una autoregulación que hacen los individuos en la medida en que si el resto capturó muchas unidades en un periodo anterior, trataré de capturar menos en el periodo siguiente con la finalidad de que el recurso no se agote y sea sostenible en el tiempo.

Tabla 2. Resultados modelo econométrico con estudiantes: Estrategias participativas para el manejo de un recurso de uso común

```

Prais-Winsten regression, heteroskedastic panels corrected standard errors
Group variable:   jugador           Number of obs   =       765
Time variable:   ronda             Number of groups =       85
Panels:          heteroskedastic (balanced)  Obs per group: min =       9
Autocorrelation: common AR(1)              avg =       9
                                                max =       9

Estimated covariances =       85           R-squared       =    0.1668
Estimated autocorrelations =       1       Wald chi2(7)    =    127.99
Estimated coefficients =       8           Prob > chi2     =    0.0000
-----

```

Cap (t+1)	Het-corrected		z	P> z	[95% Conf. Interval]	
	Coef.	Std. Err.				
propncm	.3711191	.0411434	9.02	0.000	.2904795	.4517587
propnco	-.198115	.0644332	-3.07	0.002	-.3244017	-.0718283
propdes	.0017891	.0009208	1.94	0.052	-.0000156	.0035938
etapa	-.1925853	.1520821	-1.27	0.205	-.4906607	.10549
sexo	.0941802	.1483766	0.63	0.526	-.1966326	.3849929
edad	-.0633543	.0250511	-2.53	0.011	-.1124536	-.0142549
tratamiento	-.1358234	.0846562	-1.60	0.109	-.3017466	.0300997
_cons	4.498184	.6932418	6.49	0.000	3.139455	5.856913
rho	.0358549					

Fuente: Elaboración Propia, 2011.

Respecto a la variable que mide la aversión a la desigualdad (propdes) reflejada en los niveles de ganancias o puntos que cada uno obtiene con respecto a las ganancias del resto de integrantes del grupo, el signo es positivo y significativo. Esta variable indica que si observo que las ganancias promedio del resto de mis compañeros aumentan un periodo anterior, el siguiente periodo trataré que mis ganancias sean mayores.

La magnitud del parámetro de esta variable al ser tan pequeña (0,0017), indica que los estudiantes son casi indiferentes frente a situaciones de desigualdad en los puntos que obtienen. Es decir, se podría indicar que las personas no presentan una sanción o regulación interna, en la medida que se esperaría que si integrantes de mi grupo obtienen mayores beneficios, trataré de obtener mayores beneficios el siguiente periodo o en el caso contrario, situación que se esperaría en aquellos grupos en los cuales las redes sociales y el capital humano es más fuerte o más desarrollado.

De igual forma, el modelo econométrico permite observar que la implementación de alguna medida de gestión pesquera incentiva (comanejo) u obliga (impuesto) a la reducción de los

niveles de captura que realizan los estudiantes. Es decir, el pasar de una etapa sin regulación a una etapa con regulación, reduce los niveles de captura en aproximadamente 0,2 unidades, con lo cual se aproximaría al óptimo social que se busca en beneficio de todos los agentes económicos.

La variable sexo (variable dicotómica, toma el valor de uno si es hombre y cero en caso contrario) presenta un signo coherente aunque no estadísticamente significativo. El hecho de ser hombre, origina que capture una unidad adicional con respecto a ser mujer. Esto confirma la teoría que las mujeres son más responsables al momento de decidir el nivel de capturas y el manejo de los recursos naturales, tratando de acercarse más al óptimo social.

Así mismo, se observa que a medida que los agentes económicos tienen mayor edad, las capturas se van reduciendo. Cada año adicional de los pescadores origina una reducción de las capturas en 0,06 unidades del recurso. Con este resultado, se puede plantear que las personas de mayor edad tratan de capturar menos unidades con la finalidad de preservar el recurso para que estén a disposición de futuras generaciones o tratan de acercarse al óptimo social para que todos obtengan mayores beneficios, buscando la igualdad de la comunidad.

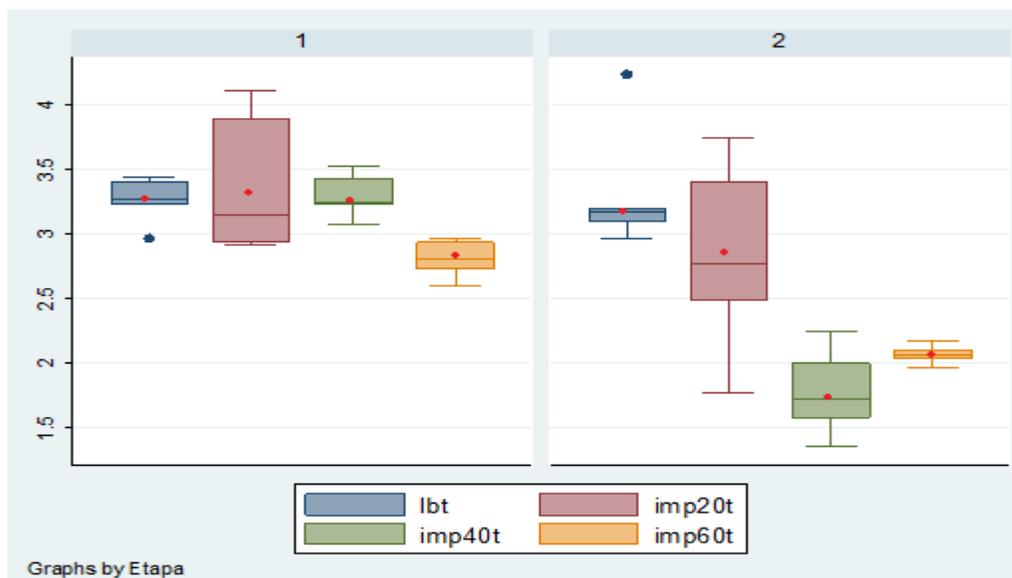
Finalmente, la variable tratamiento (variable de conteo) que establece el tipo de medida pesquera que está implementando la autoridad pesquera, indica que seguir una política de impuestos es más eficiente para tratar de llegar al óptimo social para el caso de los estudiantes de la universidad (aunque la medida de comanejo también logra reducir las capturas). Muy posiblemente, donde el grupo de estudio sea diferente o presente otros valores sociales como las cooperativas pesqueras de Baja California, la política de manejo ambiental sea otra y no necesariamente una política de comando y control como en este caso. Posiblemente en el caso de los pescadores de Baja California, la regulación a través de impuesto o normas de afuera genere reducciones en sus niveles de captura. Sin embargo, se considera que normas como el comanejo donde participe la autoridad pesquera como colaborador y no como autoridad, donde la comunidad presenta normas sociales de comportamiento bien establecidas y donde las sanciones son morales, tenga mejores resultados.

4.2.1.2.2. Aversión al riesgo y al cumplimiento

Una variante que se hizo al experimento anterior con los estudiantes, que tiene como intención medir el grado de aversión al riesgo de los agentes económicos, es presentar diversos tratamientos del grado de impuesto o vigilancia. Es decir, las primeras cinco rondas todos los grupos tenían la misma regla, podía pescar lo que desean de uno a diez unidades del RUC; desde la sexta ronda, se escogió al azar uno, dos o tres jugadores del grupo de cinco dependiendo del nivel de vigilancia (20, 40 o 60 por ciento) al que se le revisaba la decisión tomada. En caso en que el estudiante seleccionado al azar esté capturando más de una unidad, se le sancionaba con la pérdida de beneficios o puntos que él ganaba por sus capturas, pero seguía recibiendo los beneficios que obtenía el resto del grupo. En este punto es necesario aclarar, que sólo sabía la persona si era sancionada y no los miembros del grupo. Los miembros sólo sabían la cantidad de capturas de todo el grupo, pero no las capturas individuales.

El gráfico siguiente presenta información sobre las capturas separadas en dos etapas que realizaron los estudiantes. La primera etapa donde las capturas se las realizó sin tener ninguna regla o algún grado de vigilancia por parte de la autoridad pesquera, y la segunda etapa donde los estudiantes se enfrentan a la imposición de cierto grado de vigilancia (0%, 20%, 40% o 60%) donde se recomienda capturar una unidad del RUC. Es necesario indicar, que en el caso del grupo de estudiantes que son considerados línea base (0% de vigilancia), ambas etapas presentan las mismas condiciones de juego.

Gráfico 5. Capturas promedio de los estudiantes antes y después de la aplicación de la regla



Fuente: Elaboración Propia, 2011.

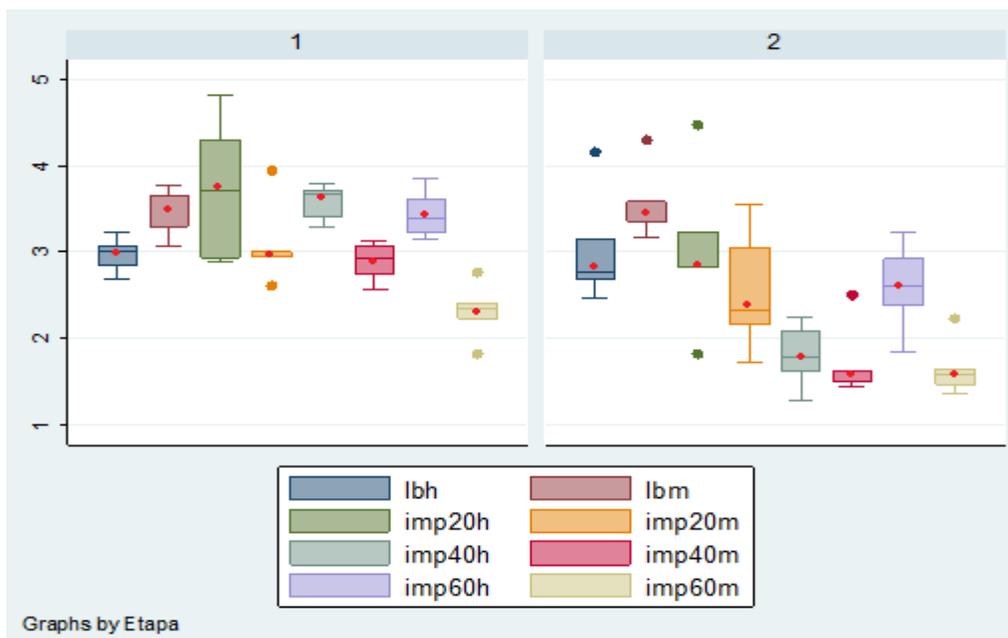
lbt = línea base a todo el grupo (hombres y mujeres)
 imp40t = vigilancia del 40% a todo el grupo (hombres y mujeres)
 imp20t = vigilancia del 20% a todo el grupo (hombres y mujeres)
 imp60t = vigilancia del 60% a todo el grupo (hombres y mujeres)

Se observa que el aplicar cierta política de vigilancia (20%, 40% o 60%) ocasiona una reducción en los niveles de capturas promedio (puntos rojos). En el caso de la aplicación de una vigilancia del 20%, origina una reducción promedio en las capturas del 16%; para un grado de vigilancia del 40%, la reducción en las capturas promedio es del 46%; y finalmente cuando la vigilancia es del 60%, las capturas se reducen en un 26%. Esto también es consistente en la medida en que en el grupo de línea base (0% de vigilancia), existe una variación de las capturas de menos del 1% entre ambas etapas, siendo no estadísticamente significativa. Estas disminuciones en los niveles de capturas entre los agentes económicos a medida que se incrementa el nivel de vigilancia, se debe al mayor o menor riesgo que los estudiantes sienten o identifiquen al momento de decidir su nivel de pesca por encima del óptimo social.

De igual forma, al analizar el cambio de las capturas de una etapa a otra a nivel de género (Gráfico 6), se observa que las mujeres son más susceptibles a reducir las capturas en mayor magnitud que los hombres cuando la vigilancia es del 60%, mientras que los hombres son más susceptibles para el caso de un nivel de vigilancia del 40%. En el caso de

una vigilancia del 20%, tanto hombres como mujeres reducen sus capturas de una etapa a la otra en un 16% aproximadamente. Estos comportamientos en hombres y mujeres, de igual forma dependen de la mayor o menor aversión al riesgo que presenten al momento de decidir pescar una unidad o más de una unidad y ser sancionados por la autoridad pesquera.

Gráfico 6. Capturas promedio por género antes y después de la aplicación de la regla



Fuente: Elaboración Propia, 2011.

lbh = línea base hombres
 imp20h = vigilancia del 20% hombres
 imp40h = vigilancia del 40% hombres
 imp60h = vigilancia del 60% hombres

lbm = línea base mujeres
 imp20m = vigilancia del 20% mujeres
 imp40m = vigilancia del 40% mujeres
 imp60m = vigilancia del 60% mujeres

Luego de constatar que la aplicación de cierto grado de vigilancia origina una reducción en los niveles de captura, es necesario identificar el grado de aversión al riesgo de ser capturado pescando por encima de la norma que establece la autoridad pesquera, tanto a nivel de grupo (conformado por hombres y mujeres) como a nivel de género. Para esto, se propone cuatro medidas para calcular ese grado de aversión al riesgo:

- i) Elasticidad Riesgo de la Captura (ERC),
- ii) Índice de Riesgo (IR),
- iii) Utilidad del Valor Esperado recibido con Certidumbre frente a Utilidad Esperada,
- iv) Medida de Aversión Absoluta de Arrow-Pratt.

4.2.1.2.2.1. Elasticidad riesgo de la captura (ERC)

La elasticidad riesgo de la captura mide el cambio proporcional de la cantidad capturada por los pescadores (estudiantes) ante una variación proporcional del grado de vigilancia de la autoridad pesquera. Dicha elasticidad sirve para tratar de calcular el grado de aversión al riesgo de ser capturado pescando por encima del óptimo social. Se calcula de la siguiente manera:

$$\varepsilon_{Cap}^{vig} = \frac{\Delta Capturas / Capturas}{\Delta Vigilancia / Vigilancia} = \frac{\Delta Capturas}{\Delta Vigilancia} * \frac{Vigilancia}{Capturas}$$

Al calcular las elasticidades, se observa que el incremento del uno por ciento en vigilancia, provoca una reducción del 0,42% en el nivel de capturas de todo el grupo (incluye hombres y mujeres). Es de mucha importancia obtener las elasticidades riesgo de la captura a nivel de género ya que proporciona una idea si los hombres o las mujeres son más sensibles a cambios porcentuales en vigilancia. Es decir, si hombres o mujeres son más adversos o amantes al riesgo. Para el caso de los hombres, el aumento de la vigilancia en uno por ciento, origina una disminución en las capturas de 0,15%. Mientras que un aumento de uno por ciento de vigilancia, provoca una disminución de 0,63% en el nivel de capturas de las mujeres. En tal sentido, se puede concluir que las mujeres son más adversas o menos amantes al riesgo que los hombres.

En la siguiente tabla, se observa como varía porcentualmente el nivel de capturas ante incrementos porcentuales en el grado de vigilancia que aplica la autoridad pesquera:

Tabla 3. Elasticidad Riesgo de la Captura

% Grado Vigilancia	Elasticidad (%)		
	Ambos	Hombres	Mujeres
10	-4.22	-1.49	-6.31
20	-8.44	-2.97	-12.63
30	-12.67	-4.46	-18.94
40	-16.89	-5.95	-25.25
50	-21.11	-7.44	-31.57
60	-25.33	-8.92	-37.88
70	-29.56	-10.41	-44.20
80	-33.78	-11.90	-50.51
90	-38.00	-13.38	-56.82
100	-42.22	-14.87	-63.14

Fuente: Elaboración Propia, 2011.

4.2.1.2.2.2. Índice de riesgo (IR)

El índice de riesgo que se propone, está definido como la relación de aquellos agentes económicos que deciden capturar por encima de la recomendación hecha por la autoridad pesquera (óptimo social) sobre el número potencial de pescadores que pueden capturar más de una unidad (esto se aplica sólo a aquellas capturas realizadas en la segunda etapa del juego, una vez que se estableció el grado de vigilancia para los determinados grupos). Es decir:

$$\text{Índice de Riesgo} = \frac{\text{Pescadores que capturan más de una unidad}}{\text{Potencial de Pescadores que pueden capturar más de una unidad}}$$

$$\text{Índice de Riesgo} = \frac{\text{Cap} > 1}{\text{N}^{\circ} \text{ Jugadores} * \text{N}^{\circ} \text{ de Rondas} * \text{N}^{\circ} \text{ de Grupos}}$$

El índice de riesgo puede tomar valores entre uno y cero ($1 \geq \text{IR} \geq 0$). Valores cercanos a la unidad indican un alto riesgo, es decir, aquellos pescadores potenciales que pueden capturar por encima de una unidad, deciden pescar más de una unidad tomando en cuenta el grado de vigilancia que la autoridad pesquera asigne. Por el contrario, un índice de riesgo cercano a cero, indica que los agentes económicos no son arriesgados ya que no deciden capturar por encima del óptimo social. La siguiente tabla presenta los resultados:

Tabla 4. Índice de Riesgo (IR)

	IR Todos	IR Hombres	IR Mujeres
Vigilancia 20%	0.480	0.506	0.456
Vigilancia 40%	0.185	0.192	0.175
Vigilancia 60%	0.367	0.538	0.235
Promedio	0.344	0.412	0.289

Fuente: Elaboración Propia, 2011.

A través del cálculo del índice de riesgo, se observa que la tendencia es a una disminución tanto para el grupo de todos, hombres y mujeres (ver Gráfico 7); aunque es importante señalar que en el caso de un grado de vigilancia del 60%, los agentes presentaron un aumento con respecto al grado de vigilancia del 40%. Por otro lado, el índice de riesgo ya analizando a nivel de género, presenta que los hombres son más arriesgados o que las mujeres son más adversas al riesgo para todo nivel de vigilancia. Sacando un promedio de todos los niveles de vigilancia, un 34% de todos los agentes económicos decidieron capturar por encima de una unidad.

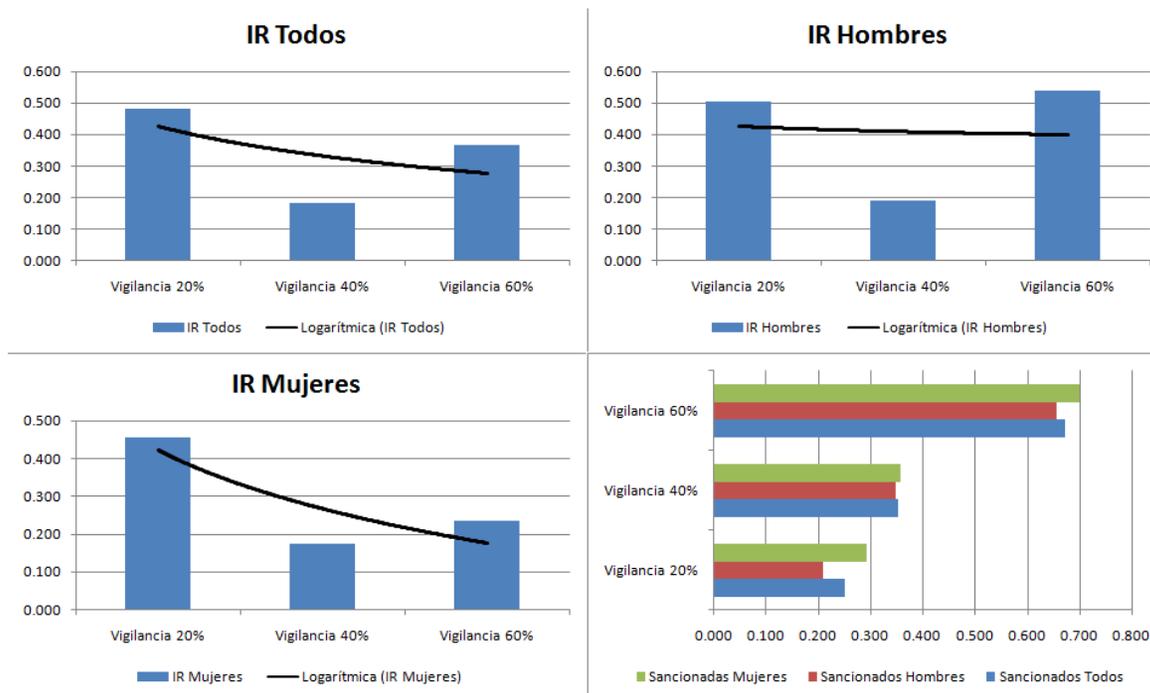
Mientras que en promedio un 41,2% de los hombres decidieron capturar por encima del óptimo social frente a un 28,9% de las mujeres. Es decir, un 12,3% más de hombres fueron más arriesgados que las mujeres, en decidir pescar más de una unidad frente a ser sancionados por la autoridad pesquera.

De igual forma, la figura siete presenta un cuadro que muestra el grado de porcentaje de las personas que fueron descubiertas de manera aleatoria por la autoridad pesquera, pescando

más de una unidad. Se observa que a medida que el grado de vigilancia aumenta, el porcentaje de personas descubiertas se incrementa y que llevaría a que las personas decidan capturar en menor medida, tratando de llevarlos al óptimo social.

También se observa, que las mujeres fueron más susceptibles a ser descubiertas en comparación con los hombres, lo que podría llevar a pensar que también influyó para que las mujeres presenten índices de riesgos menores (aunque dichas diferencias no son estadísticamente significativas).

Gráfico 7. Tendencia del Índice de Riesgo (IR)



Fuente: Elaboración Propia, 2011.

4.2.1.2.2.3. Utilidad del valor esperado recibido con certidumbre frente a la utilidad esperada de la acción a tomar

Un agente económico es adverso al riesgo si la utilidad del valor esperado con certeza es mayor que la utilidad esperada de una situación incierta. En el caso del juego con los estudiantes, cada uno al momento de decidir la cantidad de su captura, toma en cuenta los beneficios o puntos que recibirá (que depende tanto de él como de sus compañeros) y la probabilidad de ser descubierto pescando más del óptimo social. Por lo tanto, se enfrenta a una situación incierta que se define del siguiente modo:

Puntos de su captura y captura de los otros: X_1, X_2, \dots, X_n

Probabilidad de ser descubierto: $\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_n$

El valor esperado se define como:

$$E(X) = X_1 * \pi_1 + X_2 * \pi_2 + X_3 * \pi_3 + \dots + X_n * \pi_n = \sum_{i=1}^n X_i * \pi_i$$

La utilidad esperada se define como:

$$\begin{aligned} EU(X) &= U(X_1) * \pi_1 + U(X_2) * \pi_2 + U(X_3) * \pi_3 + \dots + U(X_n) * \pi_n \\ &= \sum_{i=1}^n U(X_i) * \pi_i \end{aligned}$$

La utilidad del valor esperado se define como:

$$U(E(X)) = U(X_1 * \pi_1 + X_2 * \pi_2 + X_3 * \pi_3 + \dots + X_n * \pi_n) = U(\sum_{i=1}^n X_i * \pi_i)$$

En tal sentido, la aversión al riesgo de los jugadores se presenta cuando la utilidad del valor esperado con certeza es mayor a la utilidad esperada:

$$\begin{aligned} U[E(X)] &> EU(X) \\ U\left(\sum_{i=1}^n X_i * \pi_i\right) &> \sum_{i=1}^n U(X_i) * \pi_i \end{aligned}$$

Se supone que los jugadores presentan una Función de Utilidad de Aversión Relativa al Riesgo Constante (CRRA), que presenta una utilidad marginal positiva y decreciente, además que incorpora un término de aversión al riesgo en las decisiones de captura de los estudiantes (θ = coeficiente de aversión relativa al riesgo). Se expresa de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} U(C_t) &= \frac{C_t^{1-\sigma}}{1-\sigma} \quad \text{donde } \sigma > 0 \\ \frac{\partial U(C_t)}{\partial C_t} &= C_t^{-\sigma} > 0 \quad ; \quad \frac{\partial^2 U(C_t)}{\partial C_t^2} = -\sigma C_t^{-(1+\sigma)} < 0 \end{aligned}$$

Por lo tanto, considerando la función de utilidad CRRA, la aversión se presenta cuando:

$$U(E(X)) = \frac{(X_1 * \pi_1 + X_2 * \pi_2)^{1-\sigma}}{1-\sigma} > \left(\frac{X_1^{1-\sigma}}{1-\sigma} * \pi_1 + \frac{X_2^{1-\sigma}}{1-\sigma} * \pi_2 \right) = EU(X)$$

Por ejemplo, cada integrante del grupo decide capturar ocho unidades, el jugador puede tener dos resultados posibles que dependen si es o no es descubierto pescando por encima del óptimo social. Con una probabilidad del 20% será descubierto y obtendrá unos beneficios o puntos iguales a 160. Mientras que con una probabilidad de 80% no será descubierto y obtendrá unos beneficios o puntos de 640 (en este caso, otro integrante del grupo será el descubierto).

Así como este ejemplo, se puede hacer para todas las combinaciones de capturas y para todos los grados de vigilancia (20%, 40% y 60%). Entonces, el valor que determinará si la utilidad del valor esperado con certeza es mayor o igual que la utilidad esperada es el coeficiente de aversión relativa al riesgo. La tabla siguiente, muestra los resultados para el ejemplo planteado anteriormente y con diferentes valores para el coeficiente de aversión.

Tabla 5. Riesgo con diferentes valores para el coeficiente de aversión

θ	E(X)	EU(X)	U(E(X))	U(E(X)) > EU(X)
0.90	544.000	18.588	18.774	0.186
0.80	544.000	17.324	17.623	0.299
0.70	544.000	21.584	22.058	0.474
0.60	544.000	30.323	31.058	0.735
0.50	544.000	45.537	46.648	1.111
0.40	544.000	71.369	72.981	1.612
0.30	544.000	115.246	117.441	2.195
0.20	544.000	190.265	192.925	2.660

Fuente: Elaboración Propia, 2011.

Con estos resultados, se observa que a medida que el coeficiente de aversión (θ) disminuye, el agente económico es más adverso o menos amante al riesgo. Para esta investigación, se considera que la mejor aproximación a este coeficiente es el hallado a través del índice de riesgo (IR) del punto 4.2.1.2.2.2.

Tabla 6. Aversión al Riesgo a través de la Función de Utilidad CRRA

		$\theta = \text{IR}$	E(X)	EU(X)	U(E(X))	U(E(X)) > EU(X)
Todos	20%	0.48	544	49.674	50.875	1.201
	40%	0.19	544	205.449	208.140	2.691
	60%	0.37	544	83.490	85.293	1.803
	Promedio	0.34	544	93.097	95.034	1.937
Hombres	20%	0.51	544	44.401	45.486	1.085
	40%	0.19	544	198.547	201.227	2.679
	60%	0.54	544	38.711	39.662	0.952
	Promedio	0.41	544	67.502	69.047	1.546
Mujeres	20%	0.46	544	55.361	56.680	1.319
	40%	0.18	544	216.283	218.985	2.703
	60%	0.24	544	159.063	161.597	2.534
	Promedio	0.29	544	121.892	124.153	2.261

Fuente: Elaboración Propia, 2011.

Al considerar el índice de riesgo como mejor aproximación al coeficiente de aversión, se confirma que a medida que el grado de vigilancia aumenta por la autoridad pesquera, una persona promedio se vuelve más adversa al riesgo. En el grupo de todos (considera mujeres y hombres), la diferencia en promedio entre la utilidad del valor esperado con certeza es

mayor en 1,94 con respecto a la utilidad esperada, indicando un cierto grado de aversión al riesgo (un valor igual a cero indica neutralidad frente al riesgo). Al analizar los resultados a nivel de género, a todo nivel de vigilancia (20%, 40% y 60%) las mujeres son más adversas al riesgo o los hombres son más amantes al riesgo. En promedio, la diferencia entre la utilidad del valor esperado con certeza frente a la utilidad esperada de las mujeres es mayor con respecto a los hombres (2,26 y 1,54 respectivamente).

4.2.1.2.2.4. Medida de aversión absoluta de Arrow-Pratt

Otra forma de medir el grado de aversión al riesgo es a través de la medida de aversión de Arrow-Pratt, que estima la curvatura de la función de utilidad, el cual está dado por la siguiente fórmula:

$$\tau = - \frac{U''(X)}{U'(X)}$$

La primera derivada de la función de utilidad se considera siempre positiva, ya que aumentos en los niveles de consumo (capturas) genera aumentos en el nivel de bienestar. En tal sentido, el signo de la medida Arrow-Pratt estará determinado por la segunda derivada y su intensidad dependerá del grado de concavidad o convexidad de la función de utilidad (rendimientos marginales crecientes o decrecientes). Si τ es igual a cero el agente económico será neutral al riesgo, si es menor que cero será amante y finalmente si es mayor que cero será adverso.

Para el caso de la investigación, se consideró una función de utilidad de aversión relativa al riesgo constante (CRRA).

$$U(C_t) = \frac{C_t^{1-\sigma}}{1-\sigma}$$

La medida Arrow-Pratt sería:

$$\tau = - \frac{\frac{\partial^2 U(C_t)}{\partial C_t^2}}{\frac{\partial U(C_t)}{\partial C_t}} = - \left(\frac{-\sigma C_t^{-(1+\sigma)}}{C_t^{-\sigma}} \right)$$

Por lo tanto, el signo final dependerá del valor que tome σ . Como ya se indicó, la mejor aproximación a σ es el índice de riesgo (IR) ya generado. Con lo cual observamos que el grupo en promedio es adverso al riesgo, mientras que las mujeres son más adversas que los hombres (Tabla 7), confirmando los resultados hallados con las otras medidas estudiadas.

Tabla 7. Medida de Aversión al Riesgo Arrow-Pratt

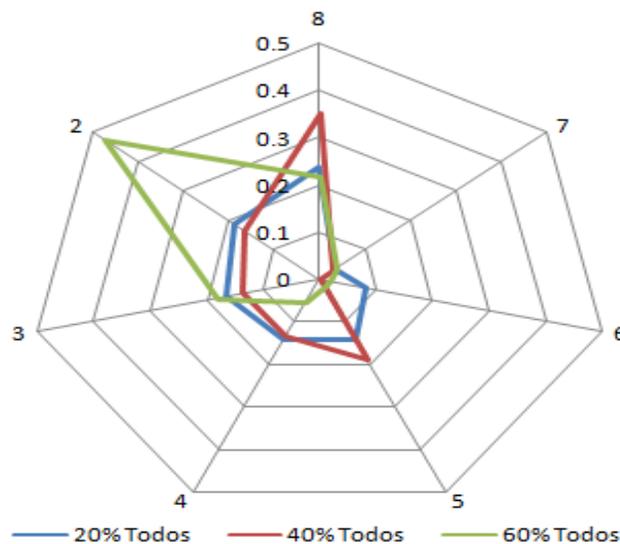
		θ	τ	
Todos	20%	0.48	> 0	Averso
	40%	0.19	> 0	Averso
	60%	0.37	> 0	Averso
	Promedio	0.34	> 0	Averso
Hombres	20%	0.51	> 0	Averso
	40%	0.19	> 0	Averso
	60%	0.54	> 0	Averso
	Promedio	0.41	> 0	Averso
Mujeres	20%	0.46	> 0	Averso
	40%	0.18	> 0	Averso
	60%	0.24	> 0	Averso
	Promedio	0.29	> 0	Averso

Fuente: Elaboración Propia, 2011.

Como se observa, a través de las diferentes medidas de medir el riesgo, todo el grupo de estudiantes son adversos al riesgo o poco amantes al riesgo (muy cercanos a ser neutrales).

Ya al analizar a nivel de género, los hombres son menos adversos o más amantes que las mujeres al momento de tomar su decisión de capturar por encima del óptimo social. Finalmente, es importante estudiar el número de unidades de captura por encima del óptimo social que pescaron los estudiantes. Esto, con la finalidad de identificar si al momento de tomar la decisión de capturar más de una unidad, deciden capturar lo máximo que pueden (ocho unidades) o menos, midiendo con esto el grado de remordimiento de pescar por encima de lo recomendado por la autoridad pesquera.

Gráfico 8. Capturas Promedio en los Diferentes Grados de Vigilancia

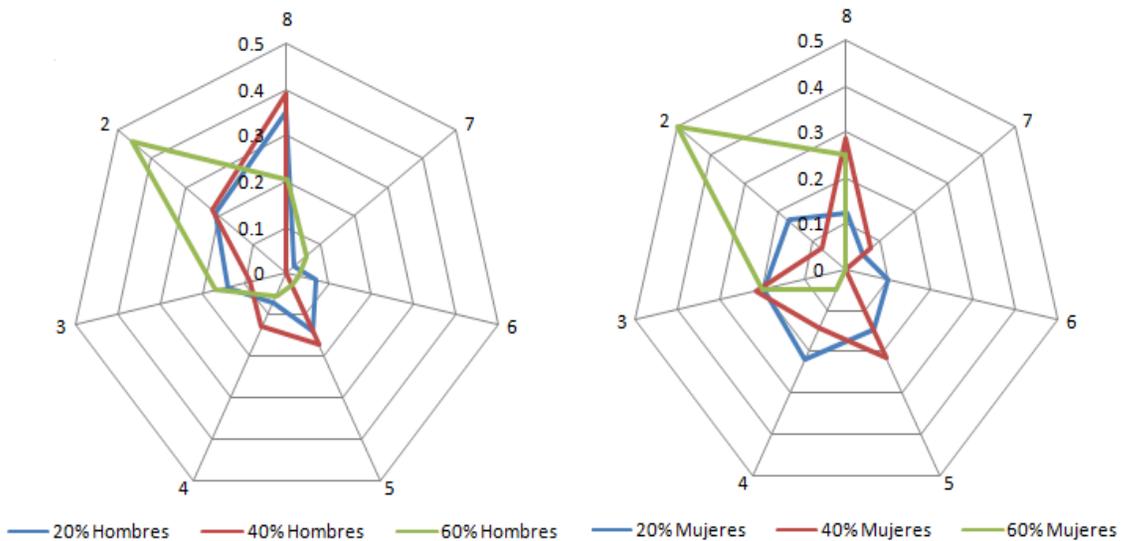


Fuente: Elaboración Propia, 2011.

El gráfico anterior muestra que a medida que el grado de vigilancia aumenta, el número promedio de capturas de las personas que deciden pescar por encima del óptimo social se reduce. Por ejemplo, en el caso de una vigilancia del 20%, aproximadamente un 22% capturan ocho unidades (lo máximo permitido); mientras que cuando la vigilancia es del 60%, aproximadamente un 48% capturan dos unidades.

Al observar esto a nivel de género (Gráfico 9), se identifica que los hombres que deciden capturar por encima del óptimo social, capturan en promedio más peces que las mujeres. Es decir, se puede interpretar como que las mujeres sienten más culpa o remordimiento por infringir la regla, los hombres tratan de sacar el mayor provecho posible. Esto se puede evidenciar por ejemplo en el caso de una vigilancia del 20%, mientras que un 38% de los hombres pescan ocho unidades, sólo un 11% de las mujeres toman esa decisión.

Gráfico 9. Capturas Promedio en los Diferentes Grados de Vigilancia por Género



Fuente: Elaboración Propia, 2011.

La evidencia encontrada a través del juego experimental aplicado a estudiantes universitarios, indica que para este grupo la política más eficiente de gestión pesquera es a través de impuestos o normas tipo comando y control. Esta política, además de generar reducciones significativas en los niveles de captura, genera aumentos en los niveles de beneficios económicos o puntos que reciben, sin discriminar entre género. De igual forma, se puede indicar que una política de llamada de atención si reduce los niveles de captura, sin embargo no evidencia beneficios a todos los grupos a nivel de puntos.

Los resultados presentados demuestran cierto grado de capital social de la población estudiada. Sin embargo, se argumenta que es menor a la que pueden presentar otras comunidades como la que habita Isla Natividad, donde la mayoría de la gente vive exclusivamente de la pesquería y donde se ha generado normas y lazos sociales que son cumplidos.

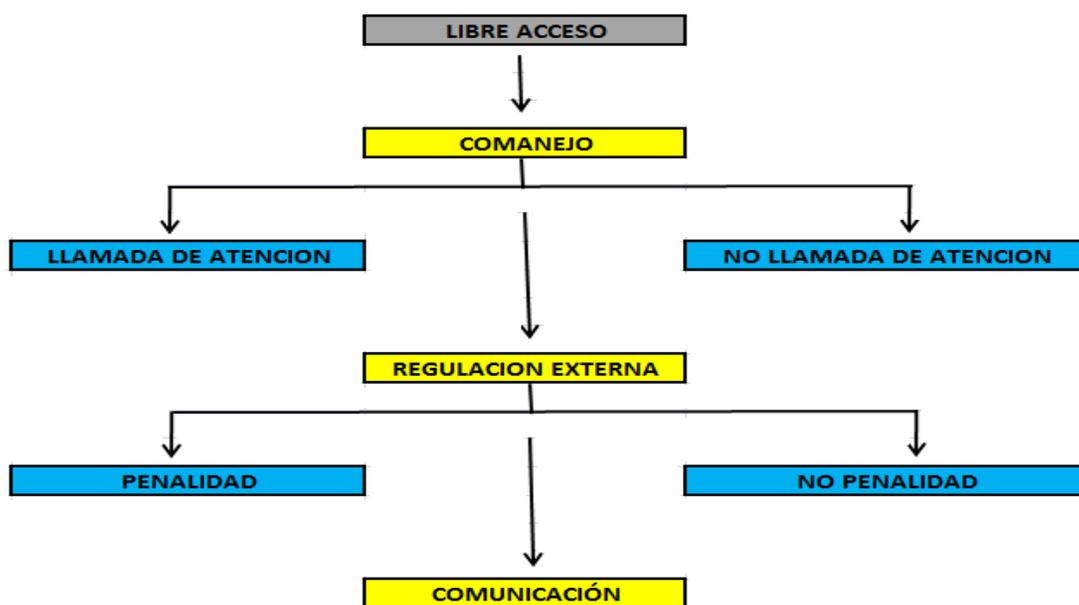
De igual forma, se evidencia que cuando se aplica el experimento con diferentes niveles de impuesto o vigilancia, los hombres son más amantes al riesgo que las mujeres al momento de tomar la decisión de captura por encima de la cuota o recomendación que coloca la autoridad pesquera. También se constata, que si los hombres deciden pasar la norma impuesta (pescar una unidad del recurso) la pasan en gran medida, es decir deciden pescar en promedio seis o más unidades del RUC; mientras que si las mujeres deciden pasar la norma, la hacen en menor medida que los hombres. Por lo tanto, se puede indicar que las mujeres al ser menos arriesgadas tendrían un comportamiento más conservador para manejar los recursos de uso común. Las futuras políticas pesqueras deberían tratar de incorporar u ofrecer un mayor espacio a las mujeres al momento de tomar decisiones que beneficien a toda la comunidad.

4.2.1.3. Resultados con habitantes de Isla Natividad

Los experimentos aplicados en la comunidad de Isla Natividad involucraron tanto a hombres como mujeres mayores de 16 años. Se aplicó el mismo experimento que fue desarrollado con los estudiantes de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), salvo algunas excepciones que se pasan a explicar.

Se formaron ocho (8) grupos de cinco (5) personas, aproximadamente el 16% de las personas mayores que habitan la Isla. A todos los grupos se les aplicó el mismo experimento con los mismos tratamientos. Jugaron veinte (20) rondas, de las cuales las primeras cinco (5) la única decisión era la de capturar de una (1) a ocho (8) unidades del recurso, sabiendo que los puntos o beneficios que obtendría dependería de sus decisiones y del resto de personas que formen su grupo.

Figura 10. Esquema del juego económico experimental aplicado a los habitantes de Isla Natividad



Fuente: Elaboración Propia, 2011.

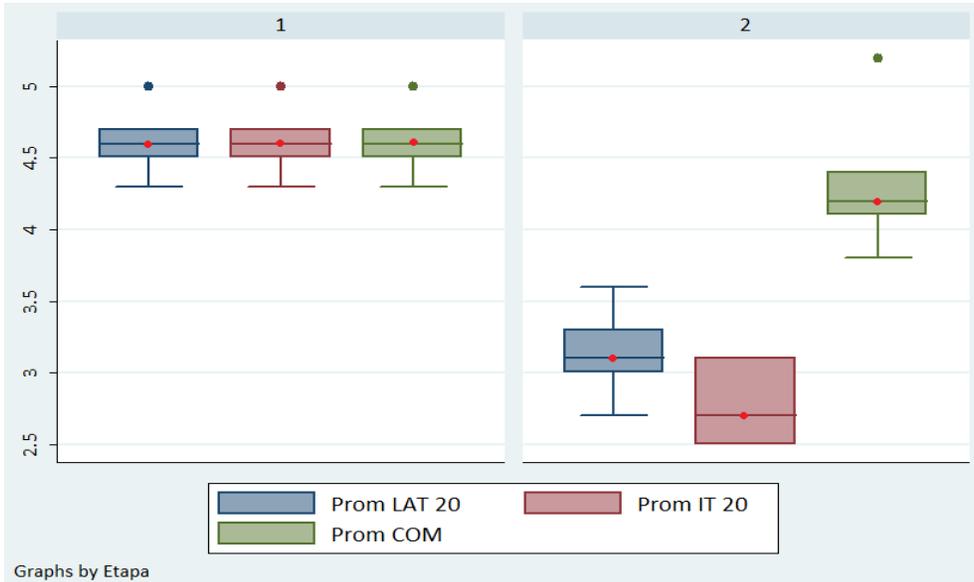
Para las siguientes cinco (5) rondas, se les anunció que deberían seguir decidiendo su nivel de extracción entre una y ocho unidades, pero que se escogería al azar a una persona del grupo para comprobar sus capturas. En caso que a la persona que se le revisara sus capturas hubiera hecho unas por encima de lo recomendado por la autoridad pesquera (una unidad), la sanción sería de llamarle la atención delante de todos

En las siguientes cinco (5) rondas, el procedimiento fue parecido, salvo que en vez de llamar la atención delante de todos, se sancionaba a la personas escogida que se pasara de la unidad de captura del recurso con una multa económica. Dicha multa económica era la pérdida de sus puntos o beneficios económicos que lograba en esa ronda. Al igual que con los estudiantes, solo la persona a cual se le revisaba su nivel de capturas, sabía si era sancionada o no y no el grupo.

Finalmente, en las últimas cinco (5) rondas se permitió que los participantes de cada grupo se comunicaran entre sí, para hablar del tema que más les interese. En estas cinco rondas, también se les recomendó como autoridad pesquera una unidad del recurso como captura, sin que hubiera un control y sanción por parte de terceros como en las anteriores rondas.

Al igual que con los estudiantes, se motivó a las participantes del juego realizado en la Isla con un premio a aquella persona que obtuviera el mayor puntaje en relación con su nivel de capturas. Es decir, ganaba aquella persona que tenía el mayor puntaje de la relación puntos/capturas. El premio para dicha persona fue de una computadora portátil con un valor aproximado de once mil pesos mexicanos (\$ 11.000 = \$us. 840 con TC = 13,1278).

Gráfico 10. Capturas promedio antes y después de la aplicación de la regla para los habitantes de Isla Natividad

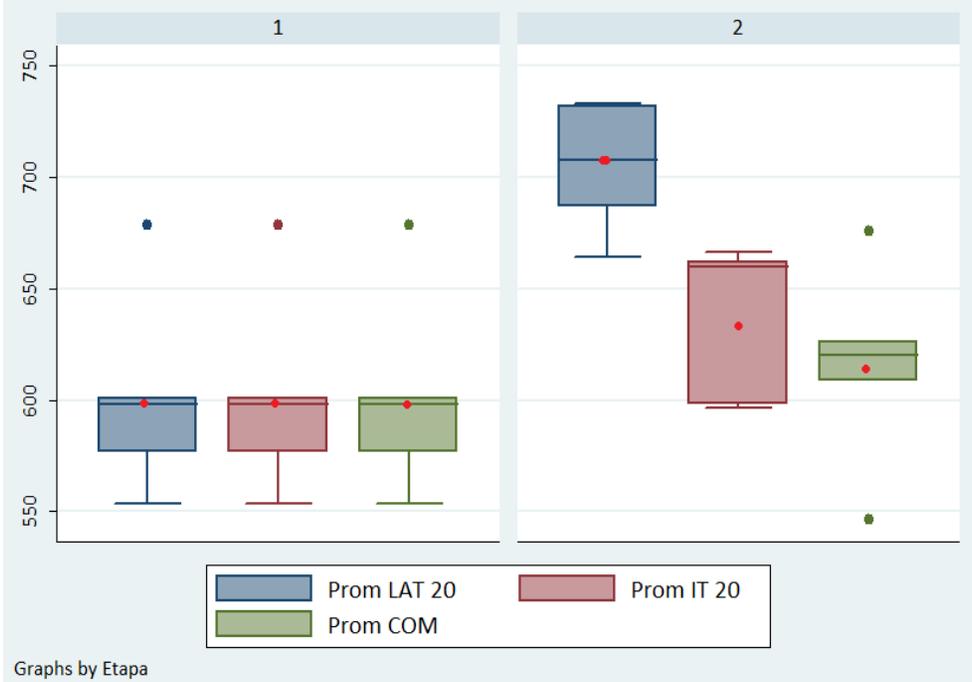


Fuente: Elaboración Propia, 2011.

LAT20 = Llamada de Atención al 20% del grupo (hombres y mujeres)
 IT20 = Impuesto al 20% del grupo (hombres y mujeres)
 COM = Comunicación (hombres y mujeres)
 Los puntos rojos son las medias de las capturas del tipo de política aplicada.

Como se observa en el gráfico anterior, en la primera etapa (línea base) las capturas promedio son iguales a 4,6 unidades del recurso. Ya en la segunda etapa, donde se aplica los diferentes tratamientos se observa que las capturas promedio tienen un descenso. Para el caso donde se permite la comunicación, los habitantes de Isla Natividad reducen sus capturas en un 6%. Cuando se les aplica una llamada de atención la reducción es igual a un 32%. Y finalmente, cuando se les aplica un impuesto, la reducción aproximadamente es de un 39%. Por lo tanto, se puede afirmar que una política monetaria tiene un mayor efecto. Al comparar con los estudiantes, cualquier política dirigida a los habitantes de Isla Natividad sea llamada de atención o tipo impuesto, tiene un mayor efecto en reducir las capturas.

Gráfico 11. Puntos promedio antes y después de la aplicación de la regla para habitantes de Isla Natividad



Fuente: Elaboración Propia, 2011.

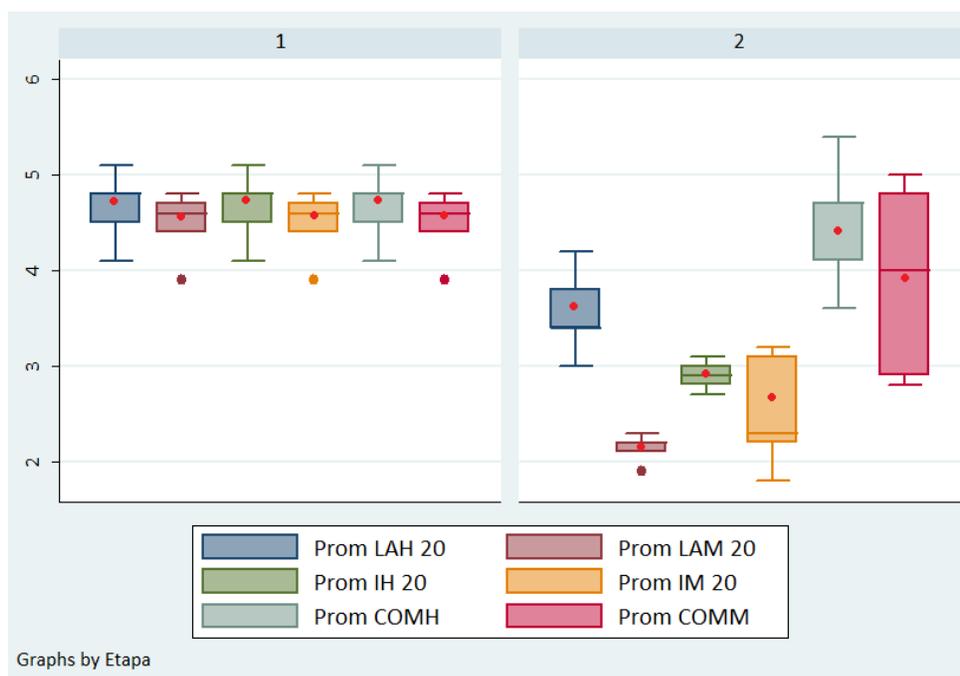
LAT20 = Llamada de Atención al 20% del grupo (hombres y mujeres)
 IT20 = Impuesto al 20% del grupo (hombres y mujeres)
 COM = Comunicación (hombres y mujeres)
 Los puntos rojos son las medias de las capturas del tipo de política aplicada.

Al analizar cómo cambian los puntajes con la introducción de determinado tratamiento (Gráfico 11), se evidencia que la aplicación de una llamada de atención además de reducir las capturas genera una mejor distribución de los puntajes, logrando que un participante promedio de algún grupo logre puntos superiores a los que puede lograr con un impuesto o a través de la comunicación. Situación diferente a lo que sucede con los estudiantes, donde la mejor política es aplicar un impuesto que genera mayores beneficios. La llamada de atención logra que los puntos promedio aumenten en un 17% al pasar de la etapa uno (línea base) a la etapa dos (con tratamiento). En el caso del impuesto, dicho aumento es igual a un 6% y para la comunicación es igual a un 2%. Por lo tanto, la política con mejor resultado

tanto por la reducción de capturas como por lograr el mejor aumento en los puntos promedio es una llamada de atención.

La variación en las capturas promedio a nivel de género tras la aplicación de algún tratamiento genera que las mujeres son más sensibles que los hombres y que reducen en mayor medida sus niveles de captura promedio (Gráfico 12). La llamada de atención tiene un mayor efecto en las mujeres que en los hombres; en el primer caso, se reducen en un 53%, mientras que para los segundos en un 23%. La imposición de un impuesto genera la mayor reducción en las capturas de los hombres de aproximadamente un 37% y en el caso de las mujeres un 44%. El menor impacto es el tratamiento de comunicación. En ambos grupos se reducen las capturas, pero en menor proporción que en los otros tratamientos.

Gráfico 12. Capturas promedio por género antes y después de la aplicación de la regla para los habitantes de Isla Natividad



Fuente: Elaboración Propia, 2011.

LAH20 = Llamada de Atención al 20% Hombres

LAM20 = Llamada de Atención al 20% Mujeres

IH20 = Impuesto al 20% Hombres

IM20 = Impuesto al 20% Mujeres

COMH = Comunicación Hombres

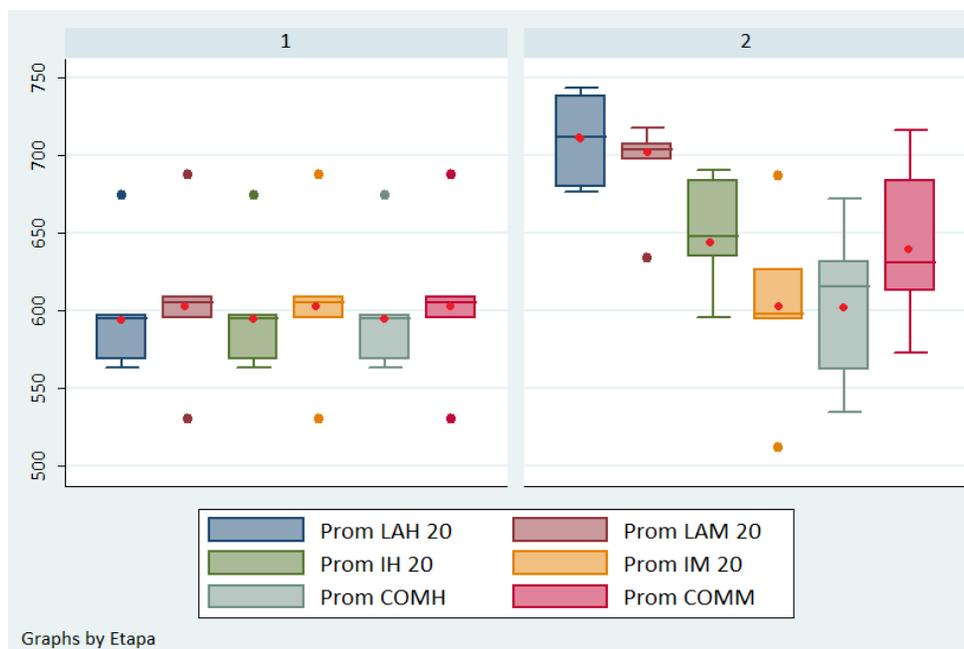
COMM = Comunicación Mujeres

Los puntos rojos son las medias de las capturas del tipo de política aplicada.

Al analizar los puntos ganados por sus decisiones y las decisiones de sus compañeros de grupo, se observa que los mejores puntajes se consiguen después de la aplicación del tratamiento de una llamada de atención, seguido por un impuesto y finalmente la comunicación (Gráfico 13).

La llamada de atención eleva los puntos de los hombres en un 18%, mientras que el grupo de las mujeres se eleva en un 14%. El impuesto eleva los puntos de los hombres en un 8%, mientras que las mujeres ven reducido en un 0,3%. En el caso de la comunicación, el impacto es casi nulo en los hombres (aumento del 0,6%), mientras que en las mujeres el incremento es del 6,3%. En tal sentido, se puede afirmar que una política óptima es una llamada de atención tanto para hombres como para mujeres, logrando con esta una reducción en los niveles de captura del recurso y por otro lado, mejorando los puntos promedio. Contrario a lo que sucede con los estudiantes, donde la política óptima es un impuesto.

Gráfico 13. Puntos promedio por género antes y después de la aplicación de la regla para los habitantes de Isla Natividad



Fuente: Elaboración Propia, 2011.

LAH20 = Llamada de Atención al 20% Hombres

LAM20 = Llamada de Atención al 20% Mujeres

IH20 = Impuesto al 20% Hombres

IM20 = Impuesto al 20% Mujeres

COMH = Comunicación Hombres

COMM = Comunicación Mujeres

Los puntos rojos son las medias de las capturas del tipo de política aplicada.

Al comparar los resultados entre alumnos de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y habitantes de Isla Natividad, se observa que para ambos grupos, políticas de llamada de atención o persuasión moral e impuestos o comando y control tienen buenos efectos en la reducción de los niveles promedio de captura. Pero al analizar como esas reducciones en las capturas originan unas modificaciones en los niveles de puntaje, en el caso de los alumnos es más efectivo una política comando y control con normas que deben ser respetadas a través de que alguna autoridad las haga cumplir. Mientras que para el caso de los habitantes de la Isla, puede ser más efectiva una política sin reglas escritas, pero comprendida y aceptada entre la mayoría, o donde la autoridad sea la misma población a

través del prestigio social. Dicho prestigio social reflejaría que en dicha comunidad existen redes y capital social mayores a los que puede haber entre los estudiantes, que necesariamente juegan un rol importante al momento de tomar decisiones y que deben ser tomadas en cuenta por las autoridades pesqueras al momento de tomar o imponer alguna medida de gestión. Es decir, tratar de que la comunidad sea integrada en el diseño, ejecución y cumplimiento de políticas en el beneficio de todos.

Al igual como se hizo con los estudiantes, una vez establecida la política apropiada para el manejo de este recurso de uso común (RUC) con los pescadores, es necesario identificar si este sector presenta mayor o menor grado de cooperación en el manejo de un RUC. Para este paso, se recurre al planteamiento del modelo econométrico que se usó en el caso de los alumnos y de esta forma se puede comparar los resultados. El modelo econométrico es el siguiente:

$$Cap_{(i,t+1)} = f(Cap_{(i,t)} - 1; Cap_{(j,t)} - 1; |Puntos_{(i,t)} - Puntos_{(j,t)}|; Z; W)$$

Donde las capturas del pescador (i) en el periodo (t+1) está en función de:

- a) Desviación de las capturas del óptimo social en un periodo anterior (variable que mide la propensión a no cooperar del pescador),
- b) Desviación de las capturas promedio del resto de pescadores en un periodo anterior (variable que mide la propensión a no cooperar del resto de pescadores),
- c) Diferencia en valor absoluto de los puntos del pescador con respecto al resto de pescadores del grupo en un periodo anterior (variable que mide la aversión que siente el pescador por la desigualdad). Esta última variable es una adaptación del trabajo de Falk et al (2002),
- d) Dentro las variables del juego (Z), se considera las variables:
 - i) Etapa del juego, toma el valor de cero (0) si el juego está en las primeras cinco rondas y uno (1) si el juego está en las quince rondas siguientes,
 - ii) Tratamiento, es una variable de conteo que toma el valor de uno (1) si el grupo presenta un tratamiento de línea base, un valor de dos (2) si presenta un tratamiento de llamada de atención o comanejo, un valor de tres (3) si presenta un tratamiento de impuesto y toma un valor de cuatro (4) si presenta un tratamiento de comunicación,
 - iii) Efecto, variable de conteo que toma el valor de uno (1) si los pescadores piensan que una llamada de atención es más efectiva para reducir sus niveles de captura, toma el valor de dos (2) si piensan que más efectivo es un impuesto y tres (3) si piensan que ninguna de las dos anteriores. La

diferencia entre tratamiento y efecto, es que la segunda es una pregunta directa, en cambio la primera es una regla del juego,

iv) Confianza, variable de conteo que toma el valor de uno (1) si los pescadores piensan que tienen mayor confianza a una institución pública, dos (2) si es una institución privada y tres (3) ninguna de las anteriores.

e) Las variables socioeconómicas consideras son:

i) Edad,

ii) Sexo,

iii) Ingreso, variable continua,

iv) Dedicación, variable dicotómica que toma el valor de uno (1) si la persona tiene actividades laborales relacionadas con el mar y cero (0) caso contrario,

v) Socio, variable dicotómica que toma el valor de uno (1) si la persona es socia de la Cooperativa Buzos y Pescadores, y cero (0) caso contrario,

vi) Hijos, variable dicotómica que toma el valor de uno (1) si la persona tiene hijos y cero (0) caso contrario.

El modelo econométrico es un datos panel balanceado, aprovechando tanto la información de corte transversal y de series de tiempo. Se optó por utilizar un panel de efectos variables debido a que la especificación del modelo considera variables que no cambian entre el mismo individuo y que cambian entre individuos. Además se realizó una prueba de Breusch y Pagan, una prueba F de significancia y una prueba de Hausman. De igual forma, se realizó una prueba de autocorrelación, heteroscedasticidad y correlación contemporánea para obtener la mejor especificación del modelo. Los resultados se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8. Resultado modelo econométrico con pescadores de Isla Natividad: Estrategias participativas para el manejo de un recurso de uso común

Prais-Winsten regression, heteroskedastic panels corrected standard errors

Group variable:	jugador	Number of obs	=	760	
Time variable:	ronda	Number of groups	=	40	
Panels:	heteroskedastic (balanced)	Obs per group: min	=	19	
Autocorrelation:	common AR(1)	avg	=	19	
		max	=	19	
Estimated covariances	=	40	R-squared	=	0.3191
Estimated autocorrelations	=	1	Wald chi2(13)	=	303.91
Estimated coefficients	=	14	Prob > chi2	=	0.0000

	Het-corrected				
Cap (t+1)	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]

propncm		.3087372	.0425059	7.26	0.000	.2254272	.3920472
propnco		.1469343	.0605548	2.43	0.015	.028249	.2656195
propdes		-.0011657	.0004546	-2.56	0.010	-.0020567	-.0002748
etapa		-1.551385	.2508394	-6.18	0.000	-2.043021	-1.059748
sexo		1.047563	.2952199	3.55	0.000	.4689424	1.626183
edad		-.0078259	.0101279	-0.77	0.440	-.0276763	.0120245
ingreso		.0000319	.0000146	2.18	0.029	3.21e-06	.0000605
efecto		-.6131942	.1149471	-5.33	0.000	-.8384863	-.387902
confianza		.1979174	.1055883	1.87	0.061	-.0090318	.4048666
dedica		-.9996669	.2722997	-3.67	0.000	-1.533364	-.4659694
socio		.3248701	.2318303	1.40	0.161	-.129509	.7792492
hijos		-.2120714	.2090467	-1.01	0.310	-.6217954	.1976526
tratamiento		.4962487	.0883124	5.62	0.000	.3231597	.6693378
_cons		3.057072	.4743634	6.44	0.000	2.127337	3.986808

rho		.0088509					

Fuente: Elaboración Propia, 2011.

La constante del modelo econométrico indica que los pescadores presentan unas capturas promedio igual a 3 unidades. Estas capturas representan otras variables que no son consideradas en el estudio por falta de información o aquellos efectos que no son observados como historia, enseñanzas del hogar o valores culturales que cada individuo trae consigo cuando participa del juego. Es importante comparar con el resultado de los alumnos (Tabla 2), donde se observa que las capturas autónomas son iguales a 3 en los pescadores, los alumnos tienen una captura autónoma igual a 4,5 unidades del recurso. Es decir, las capturas autónomas son menores en el caso de los pescadores debido a que sus decisiones pueden estar influenciadas por el respeto a tratar de conservar el recurso, enseñanzas en los hogares o simplemente valores que se pueden transmitir de generación en generación.

La variable que mide la proporción a no cooperar por parte del pescador (propncm) indica que si la persona se desvía en una unidad en la pasada ronda, en la siguiente ronda se desviará del óptimo social en 0,30 unidades del recurso. Al comparar con el resultado de los alumnos, se observa que los pescadores se desviarán en menor medida. Se puede argumentar que los pescadores pueden tener un mayor grado a no alejarse del óptimo que los alumnos.

El comportamiento de las capturas del pescador también dependerá de las capturas que han hecho el resto de pescadores en un periodo anterior. En ese sentido, la variable propnco indica que por cada unidad que sacó otro pescador en un periodo anterior, el pescador sacará 0,15 unidades del recurso. Es decir, este coeficiente muestra el grado de castigo o retribución que los pescadores aplican por la conducta que haga el resto de pescadores. En el caso de los alumnos, el coeficiente es igual a -0,19; es decir, por cada unidad del recurso adicional que sacó el resto de pescadores, en el siguiente periodo el pescador disminuirá su captura en 0,19. Por lo tanto, se puede observar que los pescadores identifican esta variable como una sanción o castigo por el comportamiento del resto, y no así los alumnos. En tal sentido, se puede concluir que variables sociales de comportamiento son más importantes en este tipo de comunidades.

Al analizar la variable que mide la aversión a la desigualdad desde un punto de vista económico o monetario (propdes), observamos que si los pescadores identifican que en un periodo anterior el resto de pescadores obtienen mayores ganancias, el siguiente periodo disminuirá sus capturas en 0,0012 unidades del recurso. Mientras que en el caso de los alumnos, las capturas aumentarán en 0,0018 unidades (Tabla 2). Con esto se podría concluir que los alumnos son menos aversos a la desigualdad o que los pescadores al momento de tomar sus decisiones consideran más las capturas físicas o el número de unidades que saca el resto y no tanto el monetario. De igual forma, en ambos grupos (pescadores y alumnos) dicha variable es muy pequeña en valor.

La variable etapa que mide como varía las capturas de los pescadores al pasar de una primera etapa sin ningún tipo de tratamiento o regulación (línea base) a una segunda etapa con tratamiento (comanejo, impuesto o comunicación), muestra que la imposición de alguna regla obliga a reducir las capturas. En el caso de los pescadores (Tabla 8), el implementar una medida de regulación pesquera origina una reducción en promedio de 1,5 unidades del recurso; mientras que en el caso de los alumnos, la reducción es 0,19 unidades. Es decir, alguna medida de gestión pesquera es más eficiente en el caso de los pescadores de la Isla.

Al analizar las capturas a nivel de género, se constata que si el individuo es un hombre sacará en promedio una unidad más que si fuera mujer. Es decir, las mujeres tendrían un manejo más responsable o sostenible del recurso. Además es importante observar que dicha variable es significativa estadísticamente. Al comparar con la variable sexo en el caso de los alumnos, los alumnos (hombres) sacan aproximadamente una unidad más que las mujeres. Con lo cual se evidencia que en ambos grupos, los hombres capturan más que las mujeres y casi en la misma proporción.

Tanto en el grupo de pescadores como en el grupo de alumnos (Tabla 2), a medida que las personas se hacen más adultas (variable edad), las capturas se van reduciendo. Por cada año que pasa, los pescadores de la Isla reducen sus capturas en 0,008 unidades del recurso (variable no significativa estadísticamente), mientras que los alumnos reducen en 0,06 unidades. En ambos casos, se constata la teoría que personas de mayor edad, tratan de conservar el recurso para dejar un legado a futuras generaciones o por que la actividad de pesca puede reportar mucho sacrificio.

A través de la variable tratamiento se constata que la mejor política en el caso de los pescadores es aplicar una llamada de atención antes que aplicar un impuesto (a medida que se pasa de sin tratamiento a una llamada de atención y a un impuesto, las capturas aumentan en 0,49 unidades). Mientras que en el caso de los estudiantes, lo más recomendable es aplicar un incentivo económico para tratar de reducir las capturas (a medida que se pasa de línea base a una llamada de atención y después a un impuesto, las capturas disminuyen en 0,13 unidades).

En el caso de la regresión econométrica de los pescadores de Isla Natividad, se empleo además otras variables que pueden explicar la conducta al momento de tomar la decisión del nivel de captura. Por ejemplo la variable ingreso, significativa estadísticamente, demuestra que a medida que los pescadores tienen mayor ingreso, tratarán de realizar

mayores capturas, aunque es necesario observar que el valor del parámetro (0,00003) es muy pequeño en dimensión. Con la variable efecto, se confirma que la mejor política es hacer un comanejo o una llamada de atención.

Una variable importante es confianza, debido a que los pescadores a través de ésta, identifican si están más dispuestos a confiar o no en cierto tipo de institución. En este caso, confianza tiene un valor igual a 0,19 (significativa estadísticamente al 10%), que indica que el pasar de una institución pública a una privada incrementa sus capturas en 0,19 unidades del recurso abulón. Con lo cual, se podría argumentar que tienen mayor confianza o respeto por actividades, reglas o alianzas que se hagan con instituciones privadas que públicas. Esto puede ser el resultado de que la ONG Comunidad y Biodiversidad viene desarrollando desde hace varios años un trabajo conjunto con la Cooperativa con la finalidad de conservar los recursos pesqueros de la comunidad.

La variable dedica, significativa al uno por ciento, demuestra que aquellas personas que se dedican exclusivamente a actividades de pesca, buceo o administrativas de la Cooperativa realizan en promedio una captura menos que aquellas que no se dedican a este tipo de actividades. Es decir, esta variable demuestra el conocimiento que tiene las personas que exclusivamente se dedican a la pesca de conservar el recurso y no explotarlo. Simultáneamente, se observa que si la persona es socia de la Cooperativa, sacaría en promedio 0,32 unidades del recurso adicional a si no es socio. Por lo tanto, se puede pensar que las personas que no son socias pueden tener mayor interés en conservar el recurso para tratar de aprovechar años después cuando ya sean socias.

Otra variable socioeconómica que es importante es si el agente económico tiene o no hijos, y que puede determinar si captura más o menos unidades del recurso marino. En este caso de los habitantes de Isla Natividad, el coeficiente es igual a -0,21. Indicaría que si la persona tiene hijos, disminuiría sus capturas en 0,21 unidades del RUC. Por lo tanto, se puede argumentar que los habitantes de la Isla al tener hijos, quieren dejar un legado para ellos y al mismo tiempo una fuente de ingresos. Se dejó esta variable en el modelo a pesar de no ser significativa estadísticamente, pero se argumenta que es importante social y económica.

Para resumir, se identifica que variables de capital social como la reputación, cooperación o castigo son más importantes en este tipo de sociedades pesqueras versus sociedades que se piensan más desarrolladas donde es más importante el bienestar individual. Se evidenció que al momento de tomar la decisión del nivel de capturas, los pescadores toman en cuenta que tipo de organización los acompaña o les da reglas para su comportamiento. En el caso de la Isla, los datos demuestran que tienen mayor confianza por instituciones privadas, seguramente debe ser al buen acompañamiento y diseño de diversas políticas que adelanta la Cooperativa de Buzos y Pescadores con Comunidad y Biodiversidad (COBI A.C.). Por lo tanto, este experimento demostró que existen otras variables de capital social que si deben ser consideradas por la autoridad pesquera en el diseño de políticas y no solo llegar con ellas. El desarrollar políticas conjuntas como el comanejo, reportaría mejores resultados que dejar por lado a la comunidad.

4.2.2. Reservas marinas: ¿un seguro contra el cambio climático?

Entendemos el Cambio Climático a la modificación del clima con respecto al historial climático a una escala global o regional. Tales cambios se producen a muy diversas escalas de tiempo y sobre todos los parámetros climáticos: temperatura, precipitaciones, nubosidad, etc. En teoría, son debidos tanto a causas naturales (Crowley & North, 1988) como antropogénicas (Oreskes, 2004). El Fenómeno de El Niño y La Niña, así como el Fenómeno del Cambio Climático, están muy relacionados en la actualidad; sin embargo, sus causas tienen diferente origen. Para los primeros dos casos aún se desconocen su origen y en el tercer caso se le atribuye a actividades humanas (actualidad). Se dice que están relacionados porque los procesos de ambos están sujetos a procesos océano-atmosféricos, para los primeros dos casos su cronología aparentemente es cíclica y para el tercer caso es continua. Se piensa que el Cambio Climático exacerbaría o incrementaría los impactos del Fenómeno de El Niño y La Niña.

Durante muchos años, se pensó que el fenómeno de El Niño y La Niña regían la productividad en el Pacífico Norte a través de periodos cíclicos de aguas frías y calientes. Además, la región de Isla Natividad también se regula por las surgencias de aguas ricas en nutrientes que vienen del fondo marino, convirtiendo la Isla en un lugar excepcionalmente rico y biodiverso (Cobi, 2010).

Durante las últimas décadas, ese periodo cíclico del Fenómeno de El Niño y La Niña no se viene cumpliendo. Además de esto, las aguas frías llegan con mayor fuerza a la zona somera. Estas aguas que llegan más frías, vienen con menores niveles de oxígeno y mucho más ácidas, con lo cual se ocasiona mayor mortandad entre las especies que habitan. Este fenómeno se ha venido estudiando y comprobado no solamente en Isla Natividad y en la Bahía del Vizcaíno, también se presenta en otras zonas muy productivas de la corriente de California (Côté & Darling, 2010) (Chan et al., 2008).

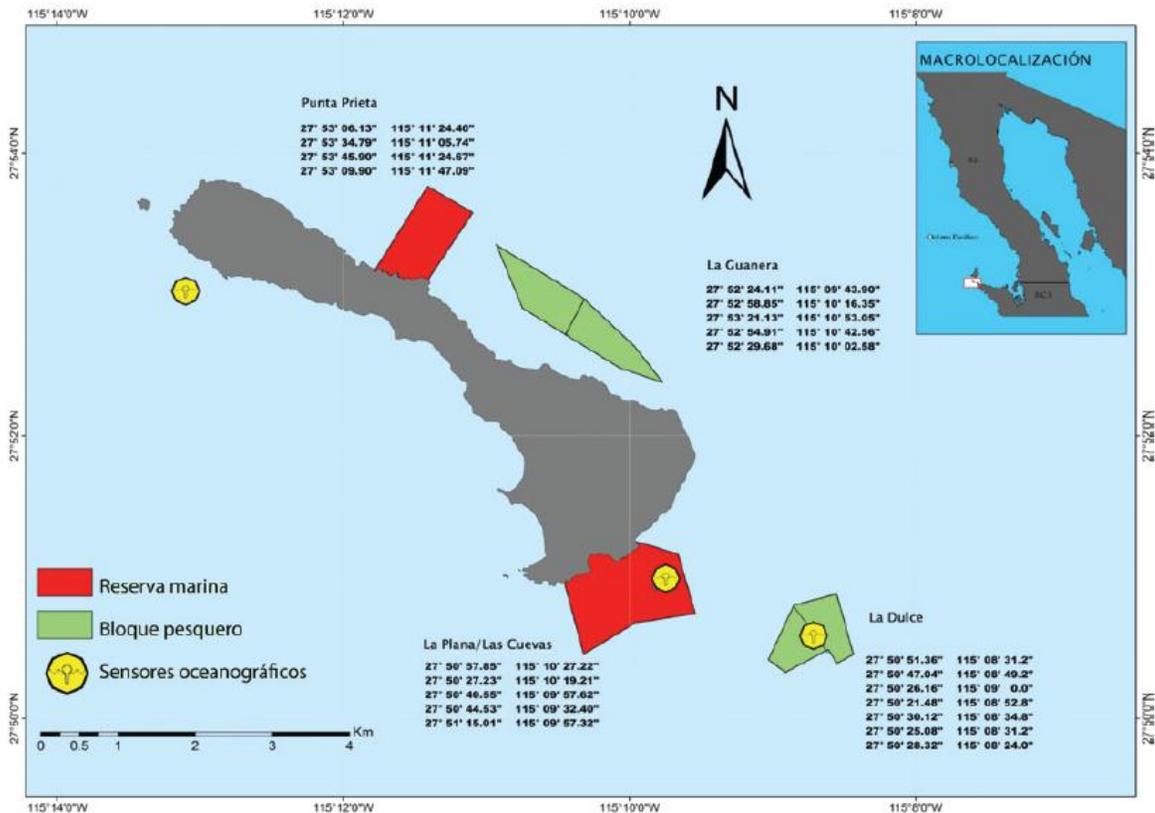
De igual forma, existen estudios tanto en laboratorio como en campo que un aumento de temperatura o reducción de oxígeno de las aguas, origina una mayor mortandad entre los abulones, especialmente aquellos que presentan la enfermedad del síndrome de deshidratación que es causada por la bacteria *Candidatus Xenohalotus Californiensis*, que afecta principalmente el revestimiento del tracto digestivo e impide la producción de enzimas digestivas (Lafferty & Kuris, 1993) (Steinbeck et al., 1992).

Estos cambios en la temperatura del agua se deben a contaminación térmica, calentamiento global o efecto invernadero entre otros que originan un aumento en el CO₂ atmosférico que en su gran mayoría es absorbida por el océano. Estos cambios en la dinámica de los océanos han creado zonas de baja presión e intensificado los vientos que provocan las surgencias. Con esto, las aguas ácidas y bajas de oxígeno, que antes permanecían en profundidades mayores a los 500 metros, ahora llegan a aguas someras con consecuencias drásticas para las pesquerías y para la biodiversidad marina (Feely et al., 2008).

Comunidad y Biodiversidad (COBI) e investigadores de la Universidad de Stanford, desde el año 2009 colocaron sensores de oxígeno y pH (acidez y alcalinidad) en lugares estratégicos de Isla Natividad (puntos amarillos en la Figura 11) con la finalidad de

monitorear estas variables climáticas, con lo cual se pudo comprobar este fenómeno, ya demostrado en otros sitios de la corriente de California. Es decir, en ciertas épocas del año, en particular en la temporada de surgencia, el oxígeno disminuye a niveles tan bajos que resultan letales para algunos organismos sésiles como el abulón, erizos, lapas, mejillones entre otros (COBI, 2010).

Figura 11. Sensores oceanográficos (puntos en amarillo)



Fuente: Comunidad y Biodiversidad, 2010.

En tal sentido, el cambio climático es un fenómeno global y son pocas las acciones a escala local que se pueden hacer para frenar sus efectos. Por encima de todo, se debe concentrar en crear sociedades costeras más robustas que puedan confrontar los embates de un medio ambiente cada día menos predecible. En tal sentido, crear reservas marinas puede mantener e incrementar servicios ambientales como reciclaje de nutrientes y protección de la costa contra la erosión. Una reserva marina origina que el ecosistema marino pueda resistir mejor el cambio climático y otros disturbios ambientales que ecosistemas alterados fuera de sus límites (Pisco, 2008). Sin embargo, las reservas marinas son sólo parte de la solución, deben ir acompañadas de otras herramientas de gestión como cuotas y restricciones de las artes para lograr una pesca sostenible fuera de sus límites (Jaworski et al., 2006).

Como ya se evidenció, cambios en variables ambientales ocasionan variaciones en los niveles de mortandad de los ecosistemas marinos. La idea de crear una reserva marina para tratar de combatir el cambio climático debe ser vista por los pescadores como un seguro para las capturas futuras ante cambios en el clima. En tal sentido, se desarrolló un

experimento económico que trata de medir aquellas variables que determinan los niveles de capturas ante la presencia de un fenómeno climático como el fenómeno de baja de oxígeno (hipoxia) y la posibilidad de implementar una reserva marina como una herramienta para combatir o adaptarse a estos cambios en el medio ambiente.

4.2.2.1. Marco experimental

El diseño experimental aplicado a alumnos y posteriormente a pobladores de Isla Natividad, consiste que a lo largo de diez rondas, los agentes económicos deben decidir de forma individual su nivel de captura de un RUC, máximo se puede extraer diez (10) unidades y mínimo una (1) unidad del recurso. Al concluir el experimento, los participantes llenan una constancia de que participaron del juego y que lo comprendieron, además de responder una encuesta que brinda información estadística acerca de género, edad y algunas preguntas acerca de la aceptación o no de implementar una reserva marina y cuánto sería el porcentaje del área de pesca que destinarían a esta herramienta de gestión pesquera.

Cada agente económico debe tratar de maximizar sus beneficios individuales a través de su nivel de captura y de las decisiones que realizan sus compañeros de grupo, calculados a través de una función de pagos, típico problema de un recurso de uso común. Al finalizar el experimento, el jugador que alcanzó el mayor nivel de beneficios recibió como ganancia \$us. 40 en el caso de los alumnos y una computadora portátil (con un valor aproximado de \$us. 850) en el caso de los habitantes de Isla Natividad, motivando de esta manera a que actuaran de manera racional a través de incentivos económicos. Para alcanzar un óptimo de Nash, se requiere que capturen diez unidades del recurso, y para alcanzar un óptimo social una unidad.

La función de beneficios que enfrentan en las diez rondas del juego es la siguiente (Cárdenas & Ramos, 2006):

$$\pi_{it} = (\text{Precio} * X_i) + \left(\text{Precio} * \frac{1}{N} * \text{Tasa Recuperación} * (\text{Cantidad Máx} - \text{Sum}X_i) \right)$$

Donde:

π = Beneficios que obtiene el agente económico “i” por la pesca en el periodo “t” (cada ronda es un periodo),

X_i = Capturas o variable de decisión del agente económico “i”, toma los valores de uno (1) a diez (10),

N = Es el número de pescadores, en una primera etapa es igual a 20 (primeras cinco rondas) y después dependerá de cuantos deciden implementar o no una reserva marina,

Tasa de Recuperación = Al final de cada periodo, las unidades que queden se reproducen en ese porcentaje adicional, siendo éste el stock del capital natural final. Ese recurso renovado genera beneficios a todos los usuarios por servicios ambientales (beneficios de uso indirecto y de no uso),

Cantidad Máx: Es la cantidad máxima o el stock inicial del RUC que se regenera en cada ronda,

Sum Xi: Es la cantidad de peces que los agentes económicos realmente capturan al final de cada ronda.

Nótese de la función de pagos que las ganancias individuales aumentan con Xi pero disminuyen con la sumatoria de Xi. Es decir, el jugador i ve aumentar sus ganancias si su extracción Xi aumenta, pero ve disminuir sus ganancias si la extracción del grupo, SumXi, aumenta, con lo cual se genera un conflicto entre los intereses individuales y los intereses colectivos.

Tabla 9. Tabla de puntos para las primeras cinco rondas (N = 20)

		TABLA DE PUNTOS (GANANCIAS POR EXTRACCIÓN + CONSERVACIÓN DE ABULONES)									
		Mi nivel de extracción (abulones que yo saco)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	19	1,450	1,543	1,635	1,728	1,820	1,913	2,005	2,098	2,190	2,283
	20	1,443	1,535	1,628	1,720	1,813	1,905	1,998	2,090	2,183	2,275
	21	1,435	1,528	1,620	1,713	1,805	1,898	1,990	2,083	2,175	2,268
El nivel de extracción de ellos	104	813	905	998	1,090	1,183	1,275	1,368	1,460	1,553	1,645
	105	805	898	990	1,083	1,175	1,268	1,360	1,453	1,545	1,638
	106	798	890	983	1,075	1,168	1,260	1,353	1,445	1,538	1,630
	107	790	883	975	1,068	1,160	1,253	1,345	1,438	1,530	1,623
	108	783	875	968	1,060	1,153	1,245	1,338	1,430	1,523	1,615
	109	775	868	960	1,053	1,145	1,238	1,330	1,423	1,515	1,608
	110	768	860	953	1,045	1,138	1,230	1,323	1,415	1,508	1,600
	111	760	853	945	1,038	1,130	1,223	1,315	1,408	1,500	1,593
	112	753	845	938	1,030	1,123	1,215	1,308	1,400	1,493	1,585
	113	745	838	930	1,023	1,115	1,208	1,300	1,393	1,485	1,578
	114	738	830	923	1,015	1,108	1,200	1,293	1,385	1,478	1,570
	115	730	823	915	1,008	1,100	1,193	1,285	1,378	1,470	1,563
	116	723	815	908	1,000	1,093	1,185	1,278	1,370	1,463	1,555
	117	715	808	900	993	1,085	1,178	1,270	1,363	1,455	1,548
	118	708	800	893	985	1,078	1,170	1,263	1,355	1,448	1,540
119	700	793	885	978	1,070	1,163	1,255	1,348	1,440	1,533	
120	693	785	878	970	1,063	1,155	1,248	1,340	1,433	1,525	
	183	220	313	405	498	590	683	775	868	960	1,053
	184	213	305	398	490	583	675	768	860	953	1,045
	185	205	298	390	483	575	668	760	853	945	1,038
	186	198	290	383	475	568	660	753	845	938	1,030
	187	190	283	375	468	560	653	745	838	930	1,023
	188	183	275	368	460	553	645	738	830	923	1,015
	189	175	268	360	453	545	638	730	823	915	1,008
	190	168	260	353	445	538	630	723	815	908	1,000

Fuente: Elaboración Propia, 2011.

Con dicha función de beneficios, se construye una tabla con todos los puntos o beneficios posibles que pueden obtener los agentes económicos dependiendo de sus capturas. La Tabla 9 sólo se utiliza para aquellas rondas jugadas antes de hacer la implementación del tratamiento y donde el número de jugadores del grupo es igual a veinte (N = 20).

Se realizan diez (10) rondas del experimento (los jugadores no saben a ciencia cierta cuántas rondas se emplearán), en las primeras cinco se desarrolla sin ningún tipo de

tratamiento para las 20 personas. Es decir, a los agentes económicos se les indica que decidan su nivel de capturas individual entre una y diez unidades del recurso, teniendo como tasa de recuperación el 50%. Antes de la sexta ronda, se detiene el experimento, se les explica qué es una reserva marina, cuáles son sus ventajas y desventajas, qué es el fenómeno de una baja de oxígeno y cómo afecta esto la tasa de recuperación del recurso. Se les presenta los siguientes escenarios, de los cuales deben escoger uno.

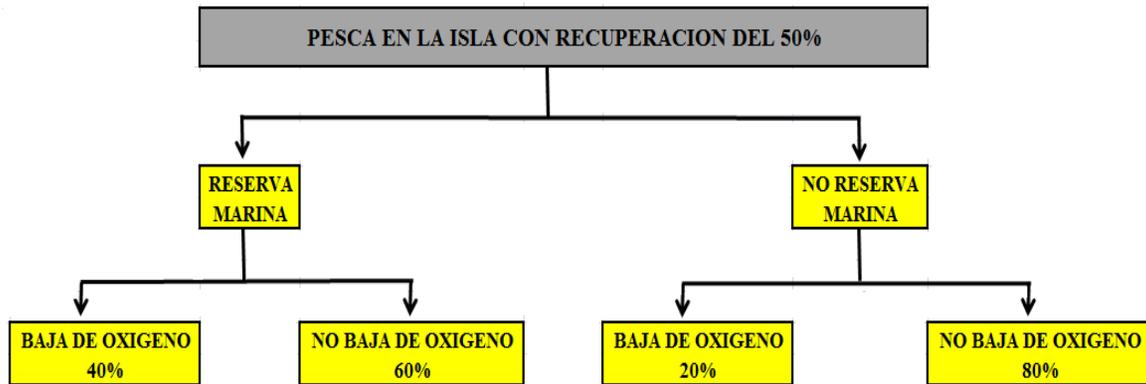
- a) Escenario si escogen implementar una reserva marina: En caso que el agente económico decida implementar una reserva marina en el área que tiene de pesca, tendrá dos posibles tasas de recuperación del recurso, que dependerá si en esa ronda hay o no hay presencia del fenómeno de baja de oxígeno.
 - *Si se presenta el fenómeno:* La tasa de recuperación del recurso será del 40%.
 - *Si no se presenta el fenómeno:* La tasa de recuperación del recurso será del 60%.

- b) Escenario si no escoge implementar una reserva marina: En caso que el agente económico decida no implementar una reserva marina en el área que tiene de pesca, tendrá dos posibles tasas de recuperación el recurso, que dependerá si en esa ronda hay o no hay presencia del fenómeno de baja de oxígeno:
 - *Si se presenta el fenómeno:* La tasa de recuperación del recurso será del 20%.
 - *Si no se presenta el fenómeno:* La tasa de recuperación del recurso será del 80%.

Dependiendo si el agente económico implementa o no reserva marina, si hay o no hay fenómeno de baja de oxígeno y del número de personas que tendrá su nuevo grupo (con reserva o sin reserva), el agente económico tendrá dos tablas de pagos o beneficios diferentes.

Para determinar los porcentajes de las diferentes tasas de recuperación, se consideró en el escenario de no reserva marina una diferencia del 60%, tomando la información que encontró Guzmán del Proo et al. en el año 2003. Realizaron una evaluación de los efectos de El Niño (1997-1998) sobre el reclutamiento de invertebrados bentónicos y macroalgas en Bahía Tortugas, Pacífico Central de la península de Baja California, para lo cual se midieron los cambios en densidad ocurridos antes, durante y después de dicho fenómeno. Para el caso de la reserva marina, se consideró tener un escenario donde las diferencias sean menores en comparación con no tener una reserva marina, en el sentido de representar ese “seguro” contra fenómenos climáticos.

Figura 12. Esquema del juego experimental



Fuente: Elaboración Propia, 2011.

Es necesario aclarar, que la decisión de implementar o no una reserva marina es sólo tomada por los agentes económicos con la información que se les presenta sobre los diferentes escenarios. Luego de que cada agente económico toma su decisión, se organizan dos grupos, aquellos con reserva y aquellos sin reserva. Sigue la misma lógica de las primeras cinco rondas, sólo que las ganancias o los puntos de cada agente dependerá de sus capturas y de las capturas que realice su nuevo grupo. A partir de la sexta ronda, antes que los pescadores tomen su decisión del nivel de capturas, se les informa si en dicha ronda se presenta o no fenómeno de baja de oxígeno, dicho fenómeno será de manera aleatoria desde la ronda sexta hasta que termine el juego, no es determinado de manera a priori por la autoridad pesquera. La decisión que toman los agentes económicos antes de la sexta ronda de implementar o no una reserva marina, ya no puede ser modificada con el paso de las rondas.

4.2.2.2. Resultados con estudiantes

El experimento económico fue aplicado a seis grupos de alumnos de diversas facultades (arquitectura, ciencias, contaduría, economía y dos grupos de trabajo social) que en total fueron 88 personas. De estas 88 personas, un 74% son mujeres y el restante hombres. En promedio los estudiantes presentan 21 años de edad, en su gran mayoría son solteros, están entre cuarto y quinto semestre.

Tabla 10. Estadísticas descriptivas del grupo de estudiantes

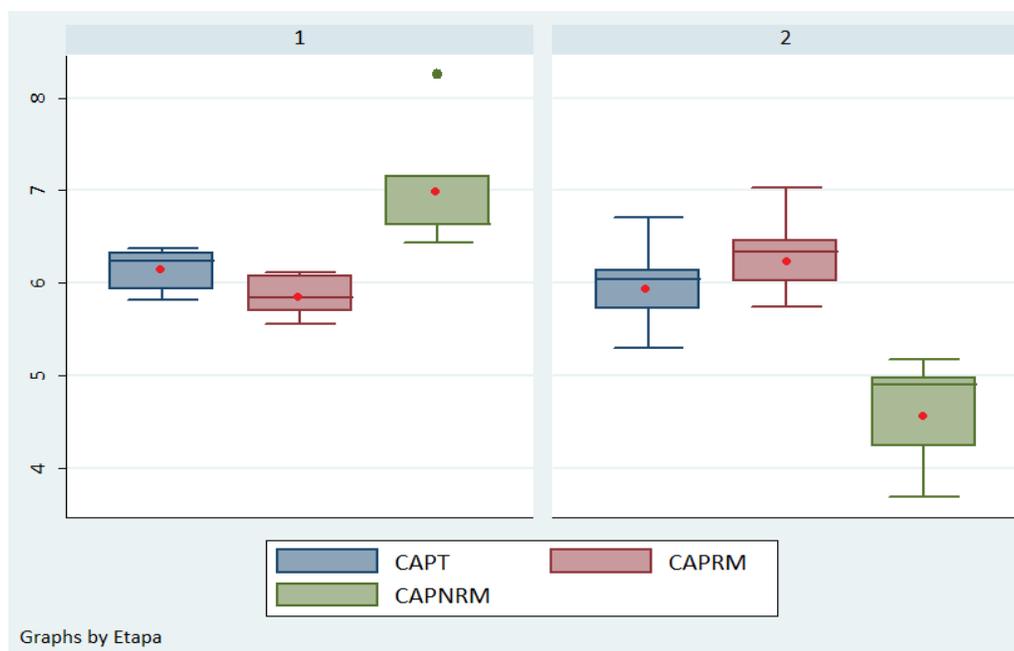
Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
sexo	88	.2613636	.4418956	0	1
edad	88	20.82955	2.364593	17	32
estadocivil	88	1.045455	.4264014	1	5
semestre	88	4.534091	2.53685	1	9
generaciones	88	1.056818	.2778387	1	3
porcentaje	88	3.943182	1.496033	1	8

Fuente: Elaboración Propia, 2011.

A la pregunta si piensan que una reserva marina contribuye a que los recursos marinos son conservados para que sus futuras generaciones gocen de ellos y que por ende estarían dispuestos a aceptarlos, un 96% dijo que sí. De igual forma, se les preguntó acerca del porcentaje de área de pesca que estuvieran de acuerdo en ceder para establecer una reserva marina. Un estudiante promedio, cedería entre un 41 y 50 por ciento de su área de pesca.

Ya al analizar las capturas promedio (Gráfico 14) realizadas por los estudiantes que integran tanto el grupo de reservas marinas como no reservas marinas, se observa que la decisión de implementar dicha herramienta por la posible presencia de un fenómeno de baja de oxígeno, origina una disminución de las capturas en un dos por ciento (pasan de tener una captura promedio de 6,1 a 5,9 unidades del recurso). Es decir, a nivel de todo el grupo no les afecta saber si hay o no presencia de dicho fenómeno ya que las capturas casi permanecen constantes.

Gráfico 14. Capturas promedio antes y después de la aplicación del tratamiento a los estudiantes



Fuente: Elaboración Propia, 2011.

CAPT = Capturas para todo el grupo (reservas marinas + no reservas marinas)

CAPRM = Capturas para el grupo de reservas marinas

CAPNRM = Capturas para el grupo de no reservas marinas

Los puntos rojos son las medias de las capturas del tipo de política aplicada.

Desde la ronda seis hasta la diez, aleatoriamente en cada una de ellas se comunicaba a los alumnos si había o no el fenómeno de la baja de oxígeno y con esa información decidían sus niveles de captura. La tabla 10, presenta las rondas y los casos donde se presenta o no dicho fenómeno. Un 80% de los grupos presentaron el fenómeno en la ronda seis y un 10% en la ronda nueve. Como se observa, por lo general en todas las rondas siempre se presentó baja de oxígeno. Al analizar las capturas a nivel de grupo de alumnos que decidieron optar por reserva y no reserva, en el primer grupo para la segunda etapa sus capturas promedio

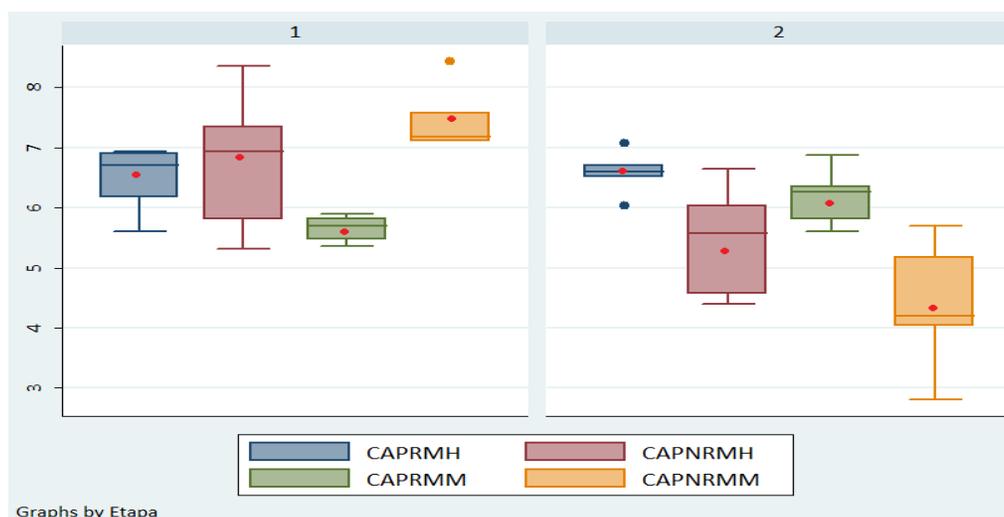
aumentaron en un 9%, mientras que en el otro grupo las capturas se redujeron en un 35%. Con lo cual se puede afirmar que aquellas personas que optaron por implementar las reservas las vieron como un seguro contra la presencia del fenómeno, pero al mismo tiempo decidieron subir sus capturas. Mientras que para los estudiantes de no reservas marinas, la presencia del fenómeno de baja de oxígeno les influencio para reducir sus capturas.

Tabla 11. Presencia o no del fenómeno de baja de oxígeno (aleatorio)

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6	
RONDA	¿SE PRESENTA BAJA DE OXIGENO?						SI (1) - NO (0)
1	0	0	0	0	0	0	0.0
2	0	0	0	0	0	0	0.0
3	0	0	0	0	0	0	0.0
4	0	0	0	0	0	0	0.0
5	0	0	0	0	0	0	0.0
6	0	1	1	1	1	1	0.8
7	0	0	1	0	1	0	0.3
8	0	1	0	0	0	1	0.3
9	1	1	1	1	1	1	1.0
10	1	1	1	1	0	0	0.7

Fuente: Elaboración Propia, 2011.

Gráfico 15. Capturas promedio por género antes y después de la aplicación del tratamiento a los estudiantes



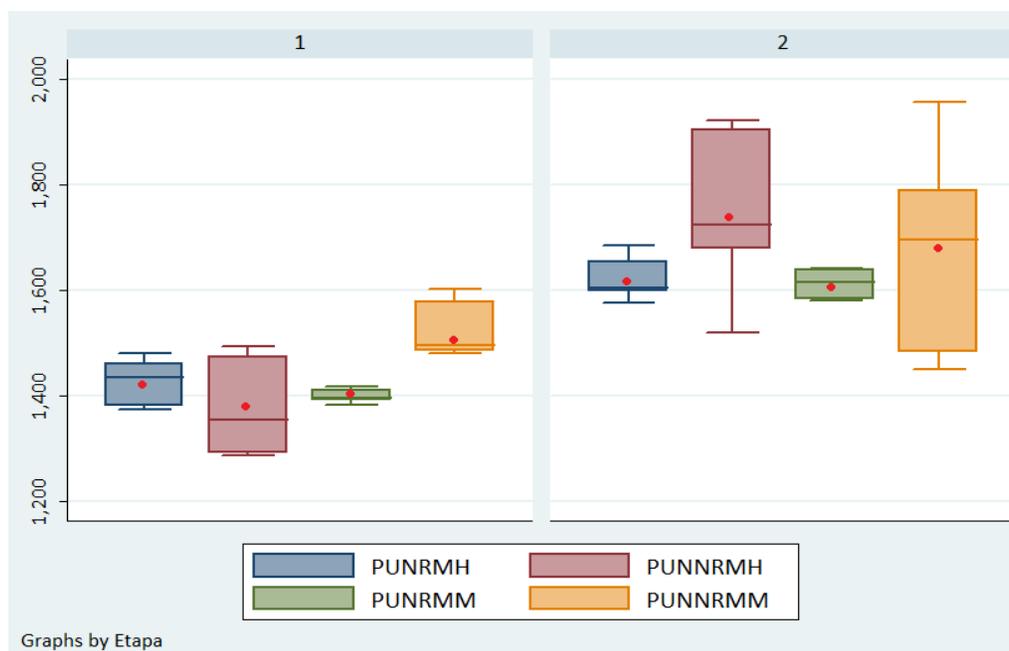
Fuente: Elaboración Propia, 2011.

CAPRMH = Capturas de los hombres del grupo de reservas marinas
 CAPNRMH = Capturas de los hombres del grupo de no reservas marinas
 CAPRMM = Capturas de las mujeres del grupo de reservas marinas
 CAPNRMM = Capturas de las mujeres del grupo de no reservas marinas
 Los puntos rojos son las medias de las capturas del tipo de política aplicada.

Al analizar las decisiones de las capturas a nivel de género a través del grupo de reservas y no reservas (Gráfico 15), se observa que en la mayoría de los grupos el saber de la presencia del fenómeno de baja de oxígeno, origina una reducción en sus capturas. Salvo el

grupo de mujeres que decidieron implementar reserva marina como herramienta de gestión pesquera. Fue el único segmento de un grupo que pensó que el hecho de tener implementada una reserva, les permitía capturar más unidades del recurso. Estos cambios en los niveles de capturas reportados en todos los segmentos de los grupos, originan un aumento en los puntos promedio que obtienen (Gráfico 16). El mayor aumento en los puntos promedio lo reporta el grupo de los hombres de no reservas marinas con un 33%, este aumento es el resultado de realizar menores capturas ante la presencia del fenómeno de baja de oxígeno.

Gráfico 16. Puntos promedio por género antes y después de la aplicación del tratamiento a los estudiantes



Fuente: Elaboración Propia, 2011.

PUNRMH = Puntos de los hombres del grupo de reservas marinas
 PUNNRMH = Puntos de los hombres del grupo de no reservas marinas
 PUNRMM = Puntos de las mujeres del grupo de reservas marinas
 PUNNRMM = Puntos de las mujeres del grupo de no reservas marinas
 Los puntos rojos son las medias de las capturas del tipo de política aplicada.

Finalmente, se utilizó la siguiente fórmula como medida de eficiencia de la cantidad de beneficios que obtiene un agente económico respecto al número de capturas que realiza:

$$Eficiencia (E) = \frac{Puntos\ Promedio\ de\ las\ Capturas}{Número\ de\ Capturas\ Promedio\ Realizadas}$$

Con esta fórmula, se busca estimar que tan eficiente es la persona, ya que uno puede obtener un alto puntaje, pero realizando un alto nivel de capturas, y por ende ejecutando una pesca no sustentable. Lo ideal es obtener un alto puntaje de eficiencia, que indica que hace un alto puntaje pero con la menor cantidad de capturas.

Gráfico 17. Eficiencia promedio antes y después de la aplicación del tratamiento a los estudiantes



Fuente: Elaboración Propia, 2011.

ET = Eficiencia para todo el grupo (reservas marinas + no reservas marinas)
 ERM = Eficiencia para el grupo de reservas marinas
 ENRM = Eficiencia para el grupo de no reservas marinas
 Los puntos rojos son las medias de las capturas del tipo de política aplicada.

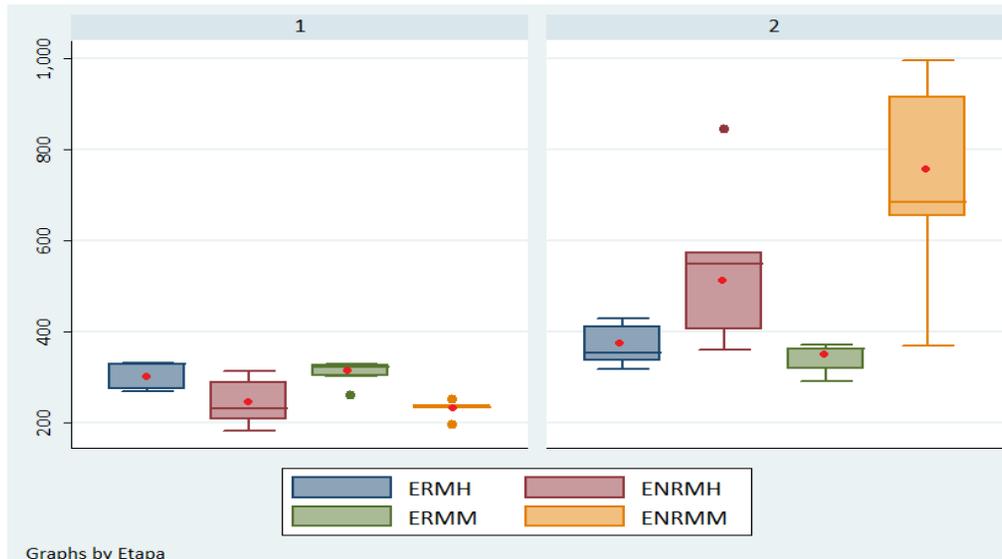
Los datos demuestran que el puntaje de eficiencia para todo el grupo (tanto personas de reservas como no reservas) mejora al pasar de una etapa a la otra, dicha mejoría es aproximadamente del 45%. Al analizar esto a nivel de grupo reservas y no reservas por separado, ambos grupos igualmente mejoran, pero en mayor medida el segundo grupo con un incremento de un 165% (Gráfico 17).

De igual forma, se puede estudiar la evolución de los puntos o beneficios en comparación a la cantidad de capturas que realizaron a nivel de género y de tipo de grupo (reserva o no reserva marina). Para lo cual, el siguiente gráfico demuestra que el grupo que presentó mayor valor de eficiencia fue el de mujeres de no reservas marinas, obtuvo una mejoría en su puntaje de una primera etapa a una segunda en 212%. En el otro extremo se encuentra el grupo de mujeres de reservas marinas, que a pesar de haber aumentado su puntaje de una etapa a la otra (16%), no lo hizo en la magnitud del resto de grupos (Gráfico 18).

Al observar la evolución de una primera etapa sin tratamiento a una segunda con tratamiento (donde podían escoger si implementaban o no una reserva marina tomando en cuenta la probabilidad de un 50% de que se presentara el fenómeno del baja de oxígeno) de las capturas, puntos o beneficios y de la eficiencia (relación puntaje sobre capturas), el grupo de no reservas presenta una conducta menos agresiva para capturar o que el grupo de reservas piensa que al implementar una reserva y vista como un seguro, puede capturar más unidades del recurso si se presenta o no el fenómeno de baja de oxígeno. Estas conductas

serán comparadas con el grupo de los habitantes de Isla Natividad que participaron del experimento y que son desarrolladas en la siguiente sección.

Gráfico 18. Eficiencia promedio por género antes y después de la aplicación del tratamiento a los estudiantes



Fuente: Elaboración Propia, 2011.

ERMH = Capturas de los hombres del grupo de reservas marinas
 ENRMH = Capturas de los hombres del grupo de no reservas marinas
 ERMM = Capturas de las mujeres del grupo de reservas marinas
 ENRMM = Capturas de las mujeres del grupo de no reservas marinas
 Los puntos rojos son las medias de las capturas del tipo de política aplicada.

Toda esta información gráfica, puede ser planteada a través de un modelo econométrico que identifique que variables socioeconómicas y de capital natural son consideradas por los estudiantes al momento de tomar su decisión de implementar o no una reserva marina y al mismo tiempo decidir su nivel de extracción del recurso. Para esto, se plantea el siguiente modelo econométrico:

$$Cap_{(i,t+1)} = f \left[\left(Cap_{(i,t)} - 1 \right); \left(Cap_{(j,t)} - 1 \right); \left(|Puntos_{(i,t)} - Puntos_{(j,t)}| \right); \left(Ox_{(t+1)} \right); \left(Tratamiento \right); \left(Sexo \right); \left(Edad \right); \left(Porcentaje \right) \right]$$

Donde las capturas del pescador (i) en el periodo (t+1) está en función de:

- Desviación de las capturas del pescador (i) del óptimo social en un periodo anterior (variable que mide la propensión a no cooperar del pescador).
- Desviación de las capturas promedio del resto de pescadores (j) del óptimo social en un periodo anterior (variable que mide la propensión a no cooperar del resto de pescadores).

- c) Diferencia en valor absoluto de los puntos del pescador (i) con respecto al resto de pescadores del grupo (j) en un periodo anterior (variable que mide la aversión que siente el pescador por la desigualdad). Esta última variable es una adaptación del trabajo de Falk et al (2002).
- d) Oxígeno es una variable dicótoma que toma el valor de uno (1) si en esa ronda se presentó el fenómeno de baja de oxígeno y cero (0) en caso contrario.
- e) Tratamiento es una variable de conteo que toma el valor de uno (1) si el tratamiento aplicado es de línea base (primeras cinco rondas del juego a todos los participantes), toma el valor de dos (2) si decidieron no implementar una reserva marina y toma el valor de tres (3) si decidieron implementar una reserva marina (los dos últimos tratamientos son aplicados en las cinco rondas finales y dependerá si el jugador escoge implementar o no esta herramienta de gestión y conservación pesquera).
- f) Sexo es una variable dicotómica que toma el valor de uno (1) si la persona es hombre y cero (0) si es mujer.
- g) Edad es una variable continua.
- h) Porcentaje es una variable de conteo que representa el área de pesca que estarían dispuestos a ceder para establecer una reserva marina (0-10% = 1, 11-20% = 2, 21-30% = 3, 31-40% = 4, 41-50% = 5, 51-60% = 6, 61-70% = 7, 71-80% = 8, 81-90% = 9 y 91-100% = 10).

El modelo econométrico considerado es un datos panel balanceado, aprovechando tanto la información de corte transversal (decisiones de los pescadores en un periodo) y de series de tiempo (decisiones de los pescadores en las diez rondas). Se optó por utilizar un panel de efectos variables debido a que la especificación del modelo considera variables que no cambian entre el mismo individuo y que cambian entre individuos, además de realizar una prueba de Breusch y Pagan, una prueba F de significancia y una prueba de Hausman. De igual forma, se realizó una prueba de autocorrelación, heteroscedasticidad y correlación contemporánea para obtener la mejor especificación del modelo. Los resultados se muestran en la Tabla siguiente:

Tabla 12. Resultado modelo econométrico con estudiantes: Reservas marinas: ¿un seguro contra el cambio climático?

Prais-Winsten regression, heteroskedastic panels corrected standard errors

Group variable:	jugador	Number of obs	=	791	
Time variable:	ronda	Number of groups	=	88	
Panels:	heteroskedastic (unbalanced)	Obs per group: min	=	8	
Autocorrelation:	common AR(1)	avg	=	8.988636	
		max	=	9	
Estimated covariances	=	88	R-squared	=	0.2634
Estimated autocorrelations	=	1	Wald chi2(8)	=	268.52
Estimated coefficients	=	9	Prob > chi2	=	0.0000

Cap (t+1)	Het-corrected		z	P> z	[95% Conf. Interval]	
	Coef.	Std. Err.				
propncm	.4457814	.0370091	12.05	0.000	.3732449	.5183179
propnco	.1869908	.0733494	2.55	0.011	.0432286	.3307529
propdes	.001602	.0006461	2.48	0.013	.0003356	.0028684
sexo	.3859216	.2314288	1.67	0.095	-.0676706	.8395138
edad	-.064497	.0375836	-1.72	0.086	-.1381594	.0091655
tratamiento	.3573731	.1299965	2.75	0.006	.1025846	.6121616
porcentaje	.1113668	.0642182	1.73	0.083	-.0144986	.2372322
oxigeno	-1.102062	.2482759	-4.44	0.000	-1.588674	-.6154499
_cons	3.044373	.9474383	3.21	0.001	1.187428	4.901318
rho	.0638869					

Fuente: Elaboración Propia, 2011.

En el modelo econométrico plateado, se observa que todas las variables escogidas son económica y estadísticamente significativas. La constante indica que las capturas autónomas para el grupo de estudiantes son iguales a tres (3) unidades del recurso. Es decir, son las capturas que hacen por aquellas variables que no son incluidas en el modelo o que son muy difíciles de medir, por ejemplo usos y costumbres que ellos tienen o desarrollan en sus hogares. Al analizar la variable de cooperación o la proporción que se desvía del óptimo social de captura (propncm), sugiere que por cada unidad de captura que se desvíe un periodo anterior, el siguiente periodo se desviará un 0,4 más de unidades del RUC. Esta variable está midiendo como será el comportamiento del estudiante en el siguiente periodo, tomando en cuenta lo que hizo en el pasado periodo.

La variable que mide la cooperación en capturar más o menos del recurso tomando en cuenta las acciones que hizo el resto del grupo en un periodo anterior, está reflejada por la variable propnco. Esta indica que, por cada unidad adicional de captura que se desvía otro integrante del grupo del óptimo social en un periodo anterior, es estudiante en el siguiente periodo capturaré 0,18 unidades adicionales del recurso. Es como un castigo que realizará el estudiante por las acciones que haga el resto de integrantes del grupo. Por lo tanto, también puede mostrar el grado de cooperación que puede realizar un estudiante por el comportamiento que haga el resto.

Otra variable que mide el grado de cooperación o el grado de aversión a la desigualdad es propdes. Esta variable refleja que tan averso es el agente económico al ver si el resto de integrantes del grupo reciben más o menos de ingresos económicos por la captura del recurso. Por cada unidad de diferencia entre los beneficios económicos que recibe y los beneficios económicos promedio del resto de integrantes del grupo, decidirá capturar 0,0016 unidades adicionales del recurso. Al igual que con la variable propnco, esta variable reflejaría el grado de castigo o cooperación que puede hacer uno, tomando en cuenta lo que haga el resto de la comunidad.

El hecho de ser hombre dentro del grupo de pescadores estudiantes, origina que en promedio se capture 0,38 unidades adicionales a ser mujer. Es decir, se confirma el resultado del experimento estrategias participativas sobre el manejo de un recurso de uso común (RUC), donde se concluía que las mujeres tienen un mayor grado de responsabilidad en el manejo de un recurso de uso común. También se puede indicar, que los estudiantes

reflejan que a medida que se tiene un año más de vida, las capturas disminuyen en 0,06 unidades del recurso (igual resultado al primer experimento).

La variable tratamiento, reflejaría que el pasar de línea base a una situación sin reserva marina, las capturas aumentarían en 0,35 unidades; mientras que el pasar de línea base a una situación con reserva marina, las capturas aumentarían en 0,7 unidades del recurso. Es decir, el grupo de reservas marinas ven esta herramienta como un seguro contra la baja de oxígeno, pero al mismo tiempo piensan que por el hecho de cerrar bloques y estar más protegidos contra fenómenos climáticos, pueden pescar más unidades. Esta conclusión va muy relacionada con la variable porcentaje, que indica que a medida que se cierra más bloques, los estudiantes capturarían en promedio 0,11 unidades adicionales del recurso. Es decir, tanto la variable tratamiento como porcentaje incitaría a que los estudiantes traten de capturar más unidades del RUC.

Finalmente, es interesante estudiar cómo sería la reacción de los estudiantes ante la presencia de un fenómeno climático como es la presencia de una baja de oxígeno y sus posibles consecuencias sobre el recurso. Esta información es proporcionada por la variable oxígeno. Esta variable al ser dicotómica, toma el valor de uno (1) si en la temporada de pesca (ronda del juego) se presenta el fenómeno de la baja de oxígeno y cero (0) en caso contrario. Si se presenta el fenómeno de la baja de oxígeno, los estudiantes reducirán en 1,1 unidades las capturas del recurso.

4.2.2.3. Resultados con habitantes de Isla Natividad

Al igual que en el primer juego aplicado a los habitantes de Isla Natividad sobre “Estrategias Participativas para el Manejo de un Recurso de Uso Común”, se realizó la convocatoria a través de carteles y radio para que todas aquellas personas, hombres o mujeres, mayores de 16 años participen de manera voluntaria. Se especificó que todo aquel que participara del juego recibiría un premio sorpresa y el ganador del juego una computadora portátil. Al igual que en el anterior juego, el ganador del juego fue aquella persona que obtuvo el mayor valor de la relación puntaje sobre número de capturas en las diez rondas que se jugó.

A la convocatoria realizada para este juego asistió un total de 37 personas, que representa un 15% de la población mayor de 16 años que vive en la Isla. Aproximadamente un 78% son hombres, el promedio de edad está alrededor de los 32 años, un 73% es casado, un 60% alcanzó la secundaria y en promedio reciben aproximadamente 7.500 pesos como ingresos (\$us.630 con TC = 13,1278). Es necesario indicar, que existen casos en los cuales reciben como ingreso máximo hasta 25.000 pesos (\$us.2.080 con TC = 13,1278).

Tabla 13. Estadísticas descriptivas de los habitantes de Isla Natividad

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
Decisión Juego	37	.8378378	.3736839	0	1
Sexo	37	.7837838	.4173418	0	1
Edad	37	31.97297	8.763835	18	50
Estado Civil	37	2.351351	1.15989	1	5
Estudios	37	4.243243	1.064722	1	7

Ingreso (Pesos)	37	7621.622	7143.767	0	25000
Porcentaje NO	37	4.351351	1.183597	2	7
Porcentaje SI	37	5.432432	1.302573	3	9
Dedica	37	1.783784	1.455548	1	7
Socio Coop	37	.3243243	.474579	0	1
Años Trabaja	37	5.918919	5.468995	0	15
Tiene Hijos	37	.7837838	.4173418	0	1
N° Hijos	37	2.108108	1.646272	0	7
Hijos Coop	37	.4864865	.5067117	0	1

Fuente: Elaboración Propia, 2011.

Un 83% de los participantes decidieron implementar una reserva marina (etapa dos del experimento) como una herramienta de gestión para la conservación marina. Un 62% son pescadores o buzos, un 32% son socios de la Cooperativa de Producción Pesquera “Buzos y Pescadores”, un 78% tienen hijos y en promedio tienen dos hijos. También se les preguntó si pensaban que sus hijos trabajarían en la Cooperativa cuando crezcan, un 48% dijo estar de acuerdo. Finalmente, se preguntó acerca del porcentaje de la zona de pesca que estarían dispuestos a ceder para establecer una reserva marina en caso que NO se presentara el fenómeno de la baja de oxígeno y en caso que SI se presentara (Tabla 14).

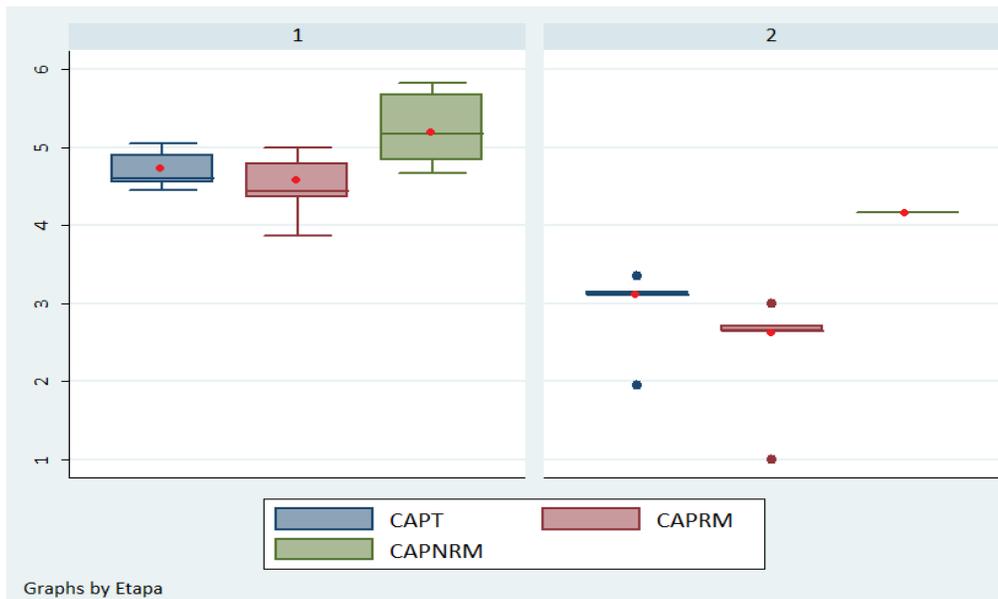
Tabla 14. ¿Qué porcentaje de la zona de pesca designaría como reserva marina si NO o SE presentara el fenómeno de la baja de oxígeno?

	NO		SI	
	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer
0%	0.0	0.0	0.0	0.0
1%-10%	2.7	0.0	0.0	0.0
11%-20%	16.2	0.0	8.1	0.0
21%-30%	40.5	10.8	10.8	5.4
31%-40%	8.1	0.0	16.2	2.7
41%-50%	13.5	2.7	35.1	10.8
51%-60%	0.0	5.4	2.7	2.7
61%-70%	0.0	0.0	2.7	0.0
71%-80%	0.0	0.0	2.7	0.0
81%-90%	0.0	0.0	0.0	0.0
91%-100%	0.0	0.0	0.0	0.0
TOTAL	100.0		100.0	

Fuente: Elaboración Propia, 2011.

Se observa que los participantes de la Isla estarían dispuestos a ceder hasta un 21% a 30% de sus zonas de pesca si no se presentara el fenómeno de la baja de oxígeno (suma de los porcentajes tanto de hombres como mujeres). Mientras que dicha cesión de área subiría a un 41% a 50% si efectivamente se presentaría el fenómeno. Por lo tanto, se puede indicar que los habitantes de la Isla están conscientes que la implementación de una reserva marina es una buena decisión y más aún si saben que se presenta dicho fenómeno que causa una gran mortandad entre los recursos marinos que capturan y que son su sustento económico.

Gráfico 19. Capturas promedio antes y después de la aplicación del tratamiento a los habitantes de Isla Natividad



Fuente: Elaboración Propia, 2011.

CAPT = Capturas para todo el grupo (reservas marinas + no reservas marinas)

CAPRM = Capturas para el grupo de reservas marinas

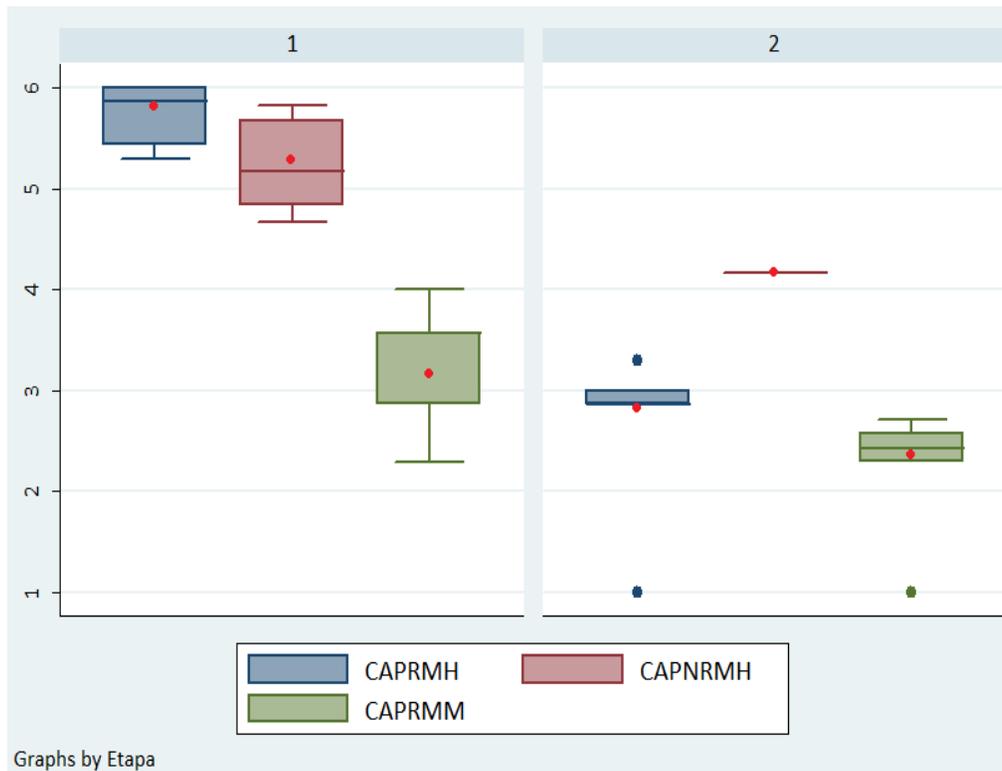
CAPNRM = Capturas para el grupo de no reservas marinas

Los puntos rojos son las medias de las capturas del tipo de política aplicada.

Ya al analizar la evolución de las capturas promedio antes y después de la implementación de la reserva marina y de la posible presencia del fenómeno de baja de oxígeno (Gráfico 19), se observa que las capturas para todo el grupo (reservas como no reservas marinas), grupo de reservas y grupo de no reservas reducen sus niveles. La reducción para el grupo en su conjunto es de aproximadamente un 38%, mientras que el pasar de una etapa a la otra representa una reducción del 20% para el grupo de no reserva marina y un 46% para el grupo de reserva. Con esto se puede afirmar que ambos grupos, después de saber de la posibilidad de la presencia del fenómeno de baja de oxígeno decidieron reducir sus capturas promedio. Lo importante es ver que el grupo que decidió implementar la reserva marinas, además de verla como un seguro contra fenómenos climáticos, decidió reducir sus capturas, situación diferente a la que sucedió con los alumnos (Gráfico 14).

En el gráfico siguiente, se observa que en las capturas a nivel de género y de grupo (reservas y no reservas), la mayor reducción se presenta en el grupo de hombres que decidieron formar una reserva marina, dicha reducción en las capturas promedio es del 55%. Luego siguió el grupo de mujeres de reservas con un 32% y finalmente el grupo de hombres de no reservas con un 20%. Con lo cual se puede concluir y reafirmar, que el hecho de implementar reservas no necesariamente inducirá a los habitantes a tratar de capturar más recursos ya que piensan que tienen un seguro contra el fenómeno de baja de oxígeno como sucede con los estudiantes (Gráfico 15).

Gráfico 20. Capturas promedio por género antes y después de la aplicación del tratamiento a los habitantes de Isla Natividad



Fuente: Elaboración Propia, 2011.

CAPRMH = Capturas de los hombres del grupo de reservas marinas

CAPNRMH = Capturas de los hombres del grupo de no reservas marinas

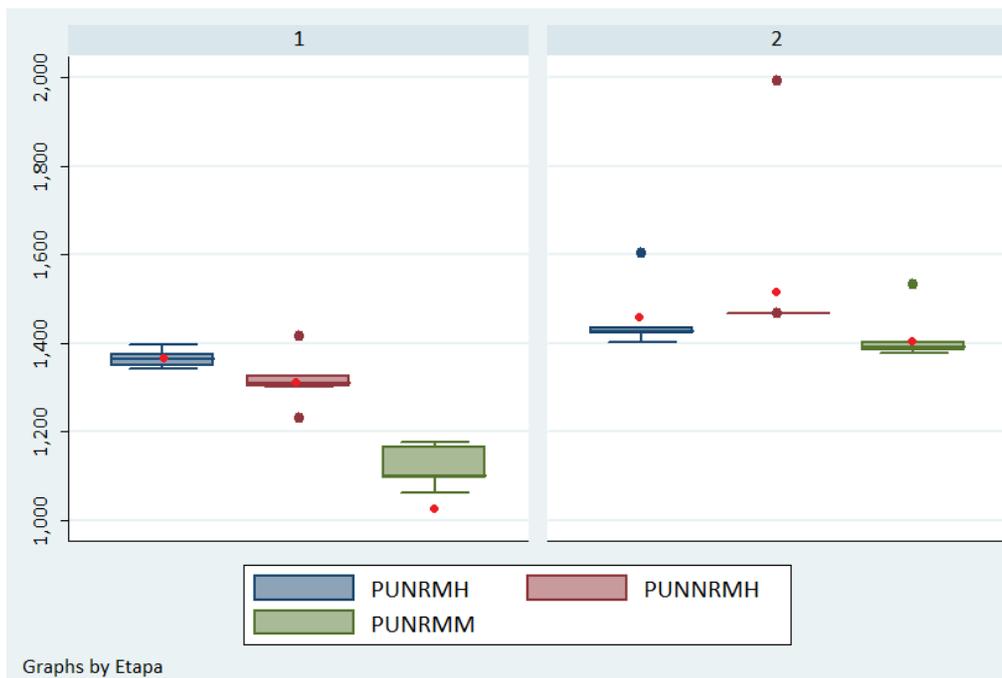
CAPRMM = Capturas de las mujeres del grupo de reservas marinas

* El grupo de mujeres de no reservas marinas (CAPNRMM) no existe ya que todas las mujeres decidieron implementar una reserva marina en su área de pesca

Los puntos rojos son las medias de las capturas del tipo de política aplicada.

Al analizar los puntos obtenidos por las capturas realizadas (Gráfico 21), se observa que el grupo de no reservas marinas en promedio obtiene un puntaje superior tanto en la primera etapa del juego como en la segunda, esto es a consecuencia que dicho grupo realizó un mayor nivel de capturas. Al comparar los incrementos de una etapa a la otra entre individuos de la Isla y los estudiantes, se observa que en promedio ambos grupos subieron sus puntos en un 16%. El grupo de mujeres de reservas marinas de los habitantes de la Isla incrementan sus puntos en un 27%, superior al incremento que hace el mismo grupo para los estudiantes, que es del 17%.

Gráfico 21. Puntos promedio por género antes y después de la aplicación del tratamiento a los habitantes de Isla Natividad



Fuente: Elaboración Propia, 2011.

PUNRMH = Puntos de los hombres del grupo de reservas marinas

PUNNRMH = Puntos de los hombres del grupo de no reservas marinas

PUNRMM = Puntos de las mujeres del grupo de reservas marinas

* El grupo de mujeres de no reservas marinas (CAPNRMM) no existe ya que todas las mujeres decidieron implementar una reserva marina en su área de pesca

Los puntos rojos son las medias de las capturas del tipo de política aplicada.

Al analizar la eficiencia en la obtención de los puntos con respecto a la cantidad de captura (relación puntos sobre capturas), el pasar de una primera etapa a una segunda donde se debe tomar decisiones, hace que los habitantes de la Isla sean más eficientes, con un aumento de dicho valor de un 75% (Gráfico 22). Es decir, al comparar las dos etapas del juego, los habitantes en la segunda etapa logran más puntaje por cada captura que sacan, en comparación con la primera etapa. Los valores de eficiencia también indican que el grupo de reservas marinas es más eficiente que el grupo de no reservas marinas. En el primer caso, el puntaje de eficiencia de una primera a una segunda etapa, aumenta en un 87%. Mientras que en el segundo grupo, dicho aumento es del 38%. Al comparar los resultados con el grupo de estudiantes, se observa que en efectividad para todo el grupo, los habitantes de la Isla son un 30% más efectivos (Tabla 15).

Tabla 15. Comparación efectividad estudiantes y habitantes de Isla Natividad

EFICIENCIA	Promedio Todos		Promedio RM		Promedio NRM	
	Habitantes Isla	Alumnos	Habitantes Isla	Alumnos	Habitantes Isla	Alumnos
Prom 1-5	371.73	295.40	394.41	307.21	318.79	248.22
Prom 6-10	649.25	408.97	738.89	341.51	440.08	687.25
Prom 1-10	510.49	352.18	566.65	324.36	379.44	467.73
Crecimiento Etapa	0.75	0.45	0.87	0.17	0.38	1.65

Fuente: Elaboración Propia, 2011.

De igual forma, se identifica que el grupo de reservas marinas de los habitantes de la Isla son más efectivos que los estudiantes. Y si se observa para las rondas del 1-5, 6-10 y 1-10, el grupo de hombres de reservas marinas siempre es el más efectivo con respecto al resto de grupos. Es decir, obtienen un mayor puntaje promedio por cada captura que realizan.

Gráfico 22. Eficiencia promedio antes y después de la aplicación del tratamiento a los habitantes de Isla Natividad



Fuente: Elaboración Propia, 2011.

ET = Eficiencia para todo el grupo (reservas marinas + no reservas marinas)

ERM = Eficiencia para el grupo de reservas marinas

ENRM = Eficiencia para el grupo de no reservas marinas

Los puntos rojos son las medias de las capturas del tipo de política aplicada.

A nivel de género, el puntaje de eficiencia para los habitantes de Isla Natividad, indica que el grupo de hombres de reservas marinas fueron lo que consiguieron el mayor aumento en dicho puntaje al pasar de una primera etapa a una segunda etapa, aproximadamente de un 107% (Tabla 16). De igual forma, se observa que tanto los hombres como mujeres del grupo de reservas marinas tienen un aumento del puntaje superior al grupo de hombres de no reservas marinas.

Tabla 16. Eficiencia a nivel de género para habitantes de Isla Natividad y alumnos

EFICIENCIA	RM Hombres		RM Mujeres		NRM Hombre		NRM Mujeres	
	Isla	Alumnos	Isla	Alumnos	Isla	Alumnos	Isla	Alumnos
Puntos/Capturas								
Prom 1-5	328.04	306.88	460.79	309.12	318.79	245.11		230.80
Prom 6-10	679.35	369.58	798.42	341.49	440.08	546.47		724.00
Prom 1-10	503.70	338.23	629.60	325.30	379.44	395.79		477.40
Crecimiento Etapa	1.07	0.24	0.73	0.16	0.38	1.17		2.12

Fuente: Elaboración Propia, 2011.

Al comparar los resultados de los habitantes de Isla Natividad con los estudiantes, se observa que en promedio el primer grupo obtiene mejores puntajes de eficiencia. Esto se debe a que hicieron un mejor manejo del recurso natural, la relación puntaje-captura es mayor que en el caso de los estudiantes. En otras palabras, cada captura que realizan les reporta en promedio una mayor ganancia.

De igual forma como se hizo con el grupo de estudiantes, se recurrió a un modelo econométrico para estudiar qué variables socioeconómicas y de capital natural son importantes para los habitantes de la Isla al momento de tomar la decisión de captura de este recurso marino. El modelo econométrico planteado es el siguiente:

$$Cap_{(i,t+1)} = f \left[\left(Cap_{(i,t)} - 1 \right); \left(Cap_{(j,t)} - 1 \right); \left(|Puntos_{(i,t)} - Puntos_{(j,t)}| \right); \left(Ox_{(t+1)} \right); \left(Tratamiento \right); \left(Sexo \right); \left(Dedita \right); \left(Porcentaje \right) \right]$$

Donde las capturas del pescador (i) en el periodo (t+1) está en función de:

- Desviación de las capturas del pescador (i) del óptimo social en un periodo anterior (variable que mide la propensión a no cooperar del pescador).
- Desviación de las capturas promedio del resto de pescadores (j) del óptimo social en un periodo anterior (variable que mide la propensión a no cooperar del resto de pescadores).
- Diferencia en valor absoluto de los puntos del pescador (i) con respecto al resto de pescadores del grupo (j) en un periodo anterior (variable que mide la aversión que siente el pescador por la desigualdad). Esta última variable es una adaptación del trabajo de Falk et al (2002).
- Oxígeno es una variable dicótoma que toma el valor de uno (1) si en esa ronda se presentó el fenómeno de baja de oxígeno y cero (0) en caso contrario.
- Tratamiento es una variable de conteo que toma el valor de uno (1) si el tratamiento aplicado es de línea base (primeras cinco rondas del juego a todos los participantes), toma el valor de dos (2) si decidieron no implementar una reserva marina y toma el valor de tres (3) si decidieron implementar una reserva marina (los dos últimos tratamientos son aplicados en las cinco rondas finales y dependerá si el jugador escoge implementar o no esta herramienta de gestión y conservación pesquera).

- f) Sexo variable dicotómica que toma el valor de uno (1) si la persona es hombre y cero (0) si es mujer.
- g) Dedicación es una variable dicotómica que toma el valor de uno (1) si el agente económico se dedica a actividades de pesca, buceo o actividades relacionadas y cero (0) en caso contrario.
- h) Porcentaje es una variable de conteo que representa el área de pesca que estarían dispuestos a ceder para establecer una reserva marina (0-10% = 1, 11-20% = 2, 21-30% = 3, 31-40% = 4, 41-50% = 5, 51-60% = 6, 61-70% = 7, 71-80% = 8, 81-90% = 9 y 91-100% = 10).

El modelo econométrico considerado es un datos panel balanceado, aprovechando tanto la información de corte transversal (decisiones de los pescadores en un periodo) y de series de tiempo (decisiones de los pescadores en las diez rondas). Se optó por utilizar un panel de efectos variables debido a que la especificación del modelo considera variables que no cambian entre el mismo individuo y que cambian entre individuos, además de realizar una prueba de Breusch y Pagan, una prueba F de significancia y una prueba de Hausman. De igual forma, se realizó una prueba de autocorrelación, heteroscedasticidad y correlación contemporánea para obtener la mejor especificación del modelo. Los resultados se muestran en la Tabla 17:

Tabla 17. Resultado modelo econométrico con pescadores de Isla Natividad: Reservas marinas: ¿un seguro contra el cambio climático?

Prais-Winsten regression, heteroskedastic panels corrected standard errors

Group variable:	jugador	Number of obs	=	180	
Time variable:	ronda	Number of groups	=	20	
Panels:	heteroskedastic (balanced)	Obs per group: min	=	9	
Autocorrelation:	common AR(1)	avg	=	9	
		max	=	9	
Estimated covariances	=	20	R-squared	=	0.4587
Estimated autocorrelations	=	1	Wald chi2(8)	=	146.68
Estimated coefficients	=	9	Prob > chi2	=	0.0000

Cap (t+1)	Het-corrected		z	P> z	[95% Conf. Interval]	
	Coef.	Std. Err.				
propncm	.5283252	.0782674	6.75	0.000	.3749238	.6817265
propnco	.4801589	.259493	1.85	0.064	-.028438	.9887558
propdes	-.0009847	.0011137	-0.88	0.377	-.0031675	.001198
sexo	.7009336	.3457285	2.03	0.043	.0233183	1.378549
tratamiento	-.2232406	.3138791	-0.71	0.077	-.8384323	.391951
oxigeno	-.2404832	.4465168	-0.54	0.090	-1.11564	.6346737
porcentaje	-.159775	.1261235	-1.27	0.205	-.4069726	.0874226
dedica	-.3558068	.3756824	-0.95	0.344	-1.092131	.3805173
_cons	1.917117	1.466307	1.31	0.191	-.9567923	4.791026
rho	.0127055					

Fuente: Elaboración Propia, 2011.

Los pescadores presentan unas capturas autónomas aproximadamente iguales a dos unidades del recurso. Este valor está recogiendo aquella información que no se logra medir como usos y costumbres de los habitantes de la Isla. Al comparar con los estudiantes, éstos últimos tienen una captura autónoma mayor en una unidad con respecto a los pescadores de la Isla. Lo que estaría indicando, que los estudiantes tendrían una tendencia a querer capturar en mayor medida que los pescadores.

La variable que mide el comportamiento del pescador en esta ronda, en función de la captura que ha hecho una ronda antes es $propncm$, esta variable es igual a 0,52. Lo que indica que por cada unidad que se desvía del óptimo social en un periodo anterior, el siguiente periodo capturará 0,52 unidades adicionales.

En el manejo de un recurso de uso común (RUC), es importante el comportamiento del resto de los integrantes del grupo para determinar mi comportamiento. Posiblemente si el resto de los integrantes de la comunidad deciden consumir mucho del recurso, la mejor estrategia sería consumir bastante del recurso y así tratar de obtener el mayor beneficio individual. Este comportamiento es capturado por la variable $propnco$, que mide como serán las capturas en este periodo del pescador en cuestión, pero tomando en cuenta las acciones que hagan el resto de personas de su grupo. Por cada unidad que capture (o que se aleje del óptimo social) un pescador promedio del grupo en un periodo anterior, el pescador decidirá capturar 0,48 unidades del recurso adicionales en el siguiente periodo. Por lo tanto, este parámetro mide el grado de cooperación que el resto de integrantes realiza y que puede ser compensado o sancionado por el pescador. Si se compara con el resultado de los estudiantes (Tabla 12), por cada unidad adicional que se aleje del equilibrio social un estudiante promedio en una ronda anterior, el estudiante decidirá capturar 0,18 unidades adicionales. Con lo cual, se observa que los pescadores están más pendientes de lo que haga el resto de los integrantes del grupo que los estudiantes o que los pescadores sancionarán en mayor grado o mayor rigurosidad, si el resto de sus compañeros se desvía del óptimo social.

La variable $propdes$, mide el grado de aversión a la desigualdad que tienen los agentes económicos tomando como comparación las ganancias recibidas por las capturas. En este caso, el valor es negativo, muy cercano a cero y no significativo estadísticamente. El valor indicaría que por cada unidad de medida (puntos) de diferencia entre los puntos que recibe el pescador y los que recibe un pescador promedio de su grupo en la ronda t , el pescador decidirá capturar 0,0009 unidades menos del recurso. Este parámetro estaría pagando o premiando si el resto de pescadores ganan más o menos que el pescador en cuestión.

Al igual que en los anteriores juegos planteados tanto a estudiantes como pescadores, la variable $sexo$ indicaría que por el hecho de ser hombre, se capturaría 0,70 unidades adicionales del recurso marino. O visto desde el otro punto, si el agente económico es una mujer, sus capturas serán en promedio 0,70 unidades menos que las que realice un hombre, confirmando el hecho que las mujeres son más cautelosas o más conservadoras en el manejo de un recurso de uso común.

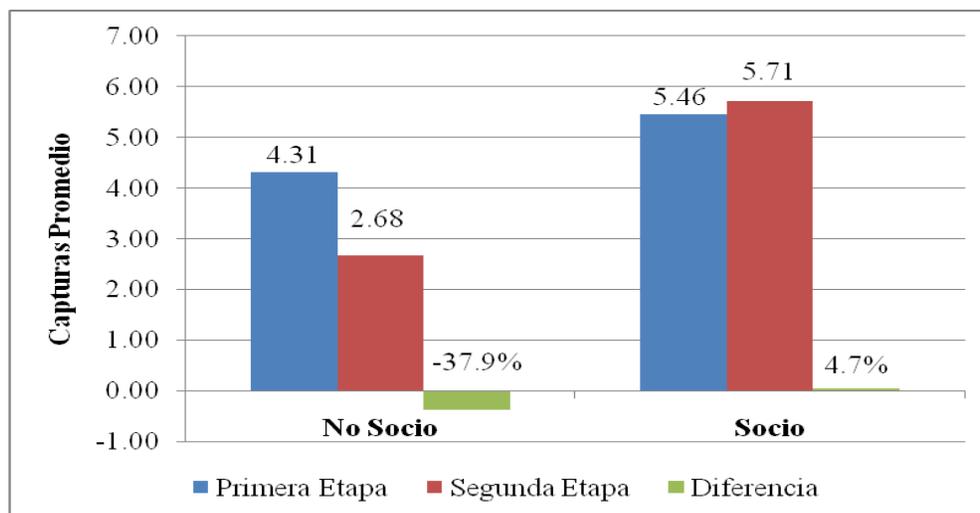
También se estudia cómo reaccionan los pescadores cuando se les presenta la oportunidad de cambiar el estatus quo o línea base por un escenario con o sin reserva marina. Esta

información es estudiada a través de la variable tratamiento. Esta variable (continua) toma el valor de uno (1) si el agente económico está en un escenario de línea base, toma el valor de dos (2) si no se implementa una reserva y el valor de tres (3) si se implementa esta herramienta de gestión pesquera. En el caso de los pescadores de Isla Natividad, el pasar de línea base a un escenario sin reserva marina y con una posible presencia de baja de oxígeno, induce a los pescadores a reducir las capturas en 0,22 unidades del recurso; mientras que si se pasa a un escenario con reserva marina, se reducirán en 0,44 unidades.

Otra variable que los pescadores saben que les afecta en los niveles de captura es la presencia o no de baja de oxígeno, debido a que puede ocasionar mayor mortandad en los recursos marinos como es el caso del abulón. El modelo econométrico reporta que si la variable oxígeno toma el valor de uno (1) el fenómeno está presente, y cero (0) en caso contrario. Si se presenta el fenómeno, los pescadores de la Isla decidirán pescar 0,24 unidades del recurso menos que si no se presentara el recurso. En otras palabras, si ellos saben que habrá fenómeno de baja de oxígeno en la ronda, decidirán reducir sus capturas. De igual forma, a medida que ceden más territorio para cerrar bloques de pesca, reducirán sus capturas en 0,16 unidades del recurso.

La variable dedica refleja el conocimiento que tienen los habitantes sobre el manejo de éste recurso marino. Dicha variable toma el valor de uno (1) si el agente económico realiza actividades relacionadas con el mar como pesca, buceo, entre otros, y toma el valor de cero (0) en caso contrario. Por lo tanto, aquellas personas que no están involucradas directamente en actividades marinas, capturarán 0,35 unidades adicionales del recurso en comparación con aquellas personas que si tienen actividades directas con el mar. Con lo cual, se puede argumentar que la diferencia es la experiencia en no tratar de capturar todo lo que se pueda o deba ya que eso puede llegar a agotar el recurso en cuestión. Finalmente, se puede analizar cómo cambian las capturas de una primera etapa (sin tratamiento) a una segunda etapa (con tratamiento) para grupos que se pueden formar con la información socioeconómica que se recolectó en la encuesta.

Gráfico 23. Capturas promedio para socios y no socios de la Cooperativa

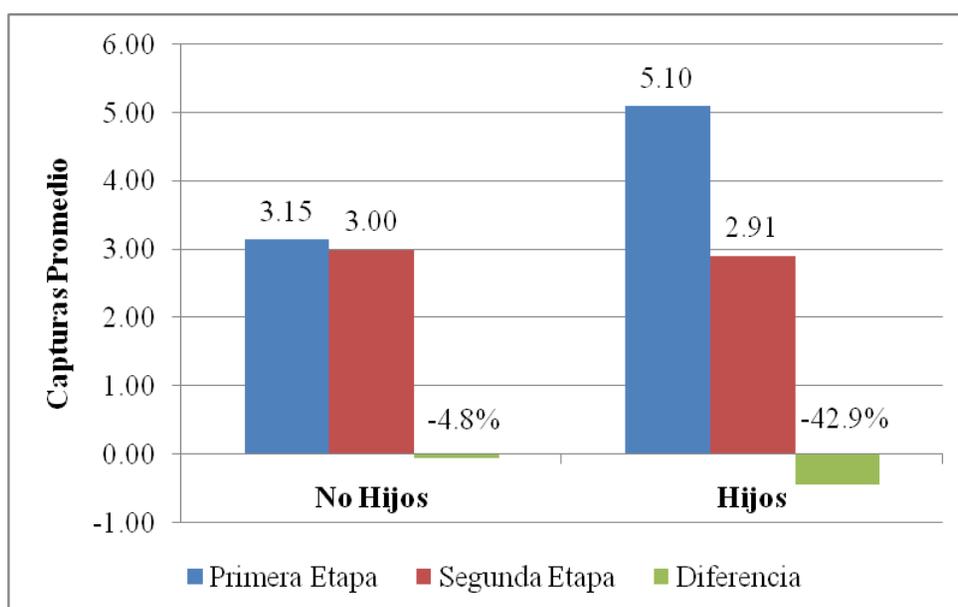


Fuente: Elaboración Propia, 2011.

Por ejemplo, en el gráfico anterior se observa que aquellas personas que no son socias de la Cooperativa reducen en un 38% sus capturas promedio al tener conocimiento de la presencia de una baja de oxígeno; por otro lado, las capturas de aquellas que son socias aumentan en un 4,7%. Esto puede estar reflejando que aquellas que no son socios están más predispuestas a conservar el recurso para un futuro ser socias y poder obtener mayores ganancias.

Por otro lado, se identifica que aquellos habitantes que tienen hijos y que saben que la baja de oxígeno puede provocar un descenso en el número de recursos de uso común para un futuro, deciden reducir sus capturas promedio en un 43%, mientras que los que no tienen hijos reducen solo en un 4,8%. Con esto, se verifica que los habitantes de Isla Natividad tienen mayor propensión a conservar el recurso de uso común cuando tienen hijos y por ende desean dejar el recurso para el uso de futuras generaciones.

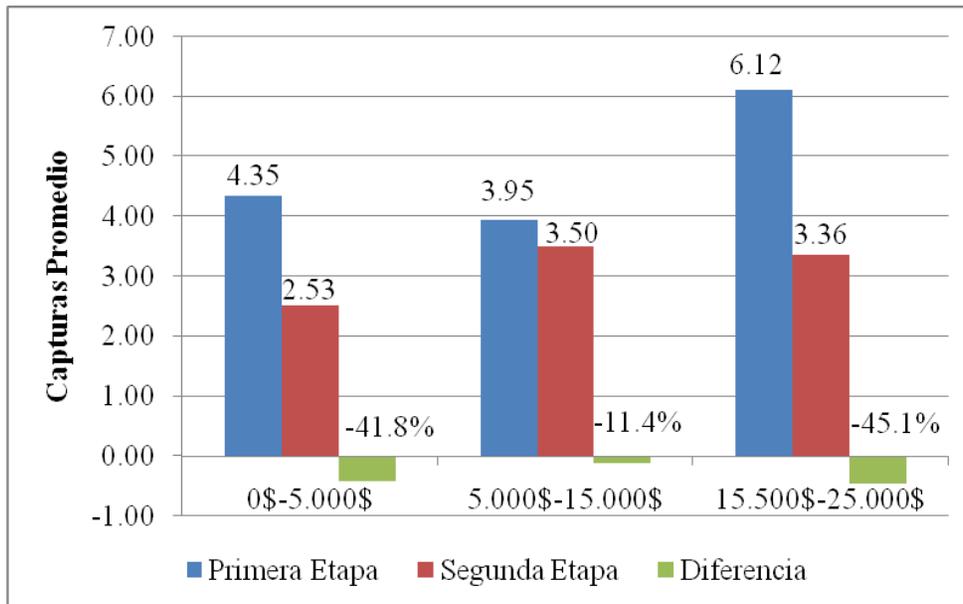
Gráfico 24. Capturas promedio para habitantes que tienen y no hijos



Fuente: Elaboración Propia, 2011.

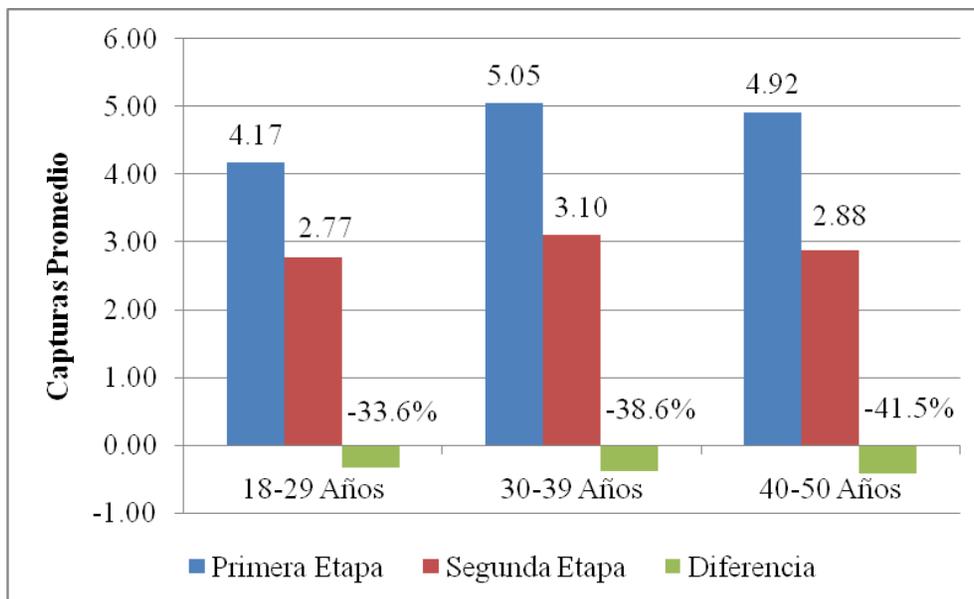
También se analiza la evolución de las capturas promedio de una etapa sin conocimiento a una etapa con conocimiento de la baja de oxígeno, dividiendo el grupo que participó en el experimento en tres subgrupos, tomando como variable el nivel de ingresos. Se dividió la muestra en tres, aquellos que tienen ingreso de cero hasta cinco mil pesos (0\$-5.000\$), aquellos que tiene ingresos de más de cinco mil pesos hasta quince mil (5.000\$-15.000\$) y aquellos habitantes que tiene un ingreso mayor a quince mil pesos (15.000\$-25.000\$). Los tres grupos reducen sus niveles de capturas de una etapa a la otra; sin embargo, esa reducción es mayor en los grupos con menores y mayores ingresos (41,8% y 45,1% respectivamente). Con esto, se puede indicar que los habitantes que se encuentran en los extremos de los niveles de ingreso (superior e inferior) presentan una conducta mayor hacia tratar de conservar un recurso de uso común.

Gráfico 25. Capturas promedio para grupos con diferentes ingresos



Fuente: Elaboración Propia, 2011.

Gráfico 26. Capturas promedio para grupos con diferentes edades



Fuente: Elaboración Propia, 2011.

Al analizar las capturas promedio de una etapa a la otra, dividiendo la muestra de habitantes en tres grupos tomando en cuenta la edad. Se puede ver que a medida que los habitantes tienen mayor edad, la reducción de las capturas de una etapa a la otra va aumentando. Las personas que están en el rango de 18 a 29 años, reducen sus capturas en un 33,6%; mientras que las personas que están en el rango de 40 a 50 años, la reducción es del 41,5%. Esto también se puede asociar al hecho que las personas mayores quieren dejar un legado a sus

futuras generaciones o que la actividad de extraer el recurso de uso común es más complicada y requiere de mayor trabajo a medida que uno tiene mayor edad.

4.2.3. Conclusiones economía experimental para medir variables sociales que influyen las decisiones de extracción

Los dos experimentos aplicados tanto a estudiantes de diversas facultades de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) como a habitantes de Isla Natividad reflejan la importancia de considerar variables socioeconómicas y de capital social que en su mayoría de casos no son consideradas en el diseño de políticas públicas enfocadas a la conservación de recursos naturales. De igual forma, se evidencia y se constata que no se debe aplicar mismas políticas o considerar mismas variables a grupos heterogéneos como son habitantes que viven en ciudades donde cada quien por lo general actúa en función de su propio bienestar frente a otro tipo de habitantes como de comunidades pesqueras donde es importante o más importante el tema de capital social. O simplemente enfocar políticas sin tomar en cuenta aspectos de género.

En el caso de los estudiantes, se evidenció que políticas públicas destinadas a conservación de recursos naturales deben estar enfocadas en aspectos o castigos monetarios. A este grupo de agentes económicos les influye más el aspecto económico a través de multas que controlen sus niveles de capturas o sus acciones en una comunidad. Situación contraria en el grupo de habitantes pescadores de Isla Natividad, donde se debe enfocar las políticas en aspectos de comanejo o donde la comunidad se sienta más participe a través de sus usos y costumbres. Para habitantes de la Isla, variables de capital humano como cooperación, altruismo o el que dirá el resto del grupo es importante. En ese sentido, se debe pensar en políticas en las cuales los comunarios se sientan totalmente involucrados desde su diseño, implementación y seguimiento.

Si se analiza los resultados a través de la variable género, se constató que esta variable también es fundamental en el diseño de políticas públicas. Se evidenció que diversas políticas pueden tener diversos resultados si tomamos en cuenta si está destinada a mujeres u hombres. En este caso, las mujeres se sienten más influenciadas a través de medidas de reputación, es decir quedar mejor delante de toda la comunidad. En el caso de los hombres, se evidencia que la políticas más eficiencia es a través de medidas monetarias como un impuesto. En este punto, es necesario aclarar que en el caso de los hombres de Isla Natividad, tanto políticas de tipo comando y control como un impuesto, como políticas persuasivas como una llamada de atención disminuyen los niveles de captura, pero en mayor medida políticas persuasivas. Mientras que en el caso de los estudiantes hombres, una política de llamada de atención genera aumentos en las capturas.

De igual forma, se constató un mejor manejo o un manejo más sustentable por parte de las mujeres. Esto en el entendido que en los juegos, este grupo por lo general trataba de capturar una menor cantidad del RUC o si decidía infringir las recomendaciones hechas por la autoridad pesquera, las infringía en menor grado o con mayor sutileza que el grupo de los hombres. Es decir, ambos grupos tenía la opción de capturar por encima del óptimo social (una unidad del recurso), si un hombre decide pasarse la norma captura entre seis a ocho unidades, mientras que una mujer tres o cuatro. Las mujeres pueden tener un cierto grado

de culpa por infringir la norma o los hombres pueden ser más amantes al riesgo a no ser descubiertos y sancionados por la autoridad pesquera.

También se identifica que los habitantes de la Isla tienen un manejo más sustentable del recurso ya que a través del experimento de reservas marinas vista como un seguro contra el cambio climático deciden aceptar en mayor porcentaje el establecimiento de esta herramienta de gestión pesquera. Pareciera que los alumnos que decidieron implementar una reserva marina la ven como un seguro contra fenómenos climáticos, pero al mismo tiempo deciden capturar mayores cantidades del recurso pesquero. Situación contraria al grupo de habitantes de la Isla que decidió implementar reservas. El grupo de reservas de la Isla, además de implementarlas redujeron sus niveles de captura. Al hacer un análisis de eficiencia a través del estimador: puntos por las capturas sobre el número de capturas, también se constató que el grupo de habitantes de Isla Natividad realiza un mejor manejo del recurso. Y al ver dicho estimador entre el grupo implementar reservas y no reservas de los habitantes de Isla Natividad, se constató que el grupo de reservas logra un puntaje mayor, con lo cual confirman que el aceptar implementarlas les puede reportar mejores beneficios para la comunidad y no tanto individuales.

Finalmente, la recomendación de este apartado es la de tomar en cuenta variables socioeconómicas o de capital social en el diseño de políticas públicas, principalmente para aquellas regiones o comunidades donde ya existen normas sociales ya establecidas desde hace muchos años y que tienen un mejor funcionamiento que reglas impuestas por terceros.

4.3. Análisis bioeconómico de la captura de abulón en Isla Natividad

Como ya se evidenció, la captura de abulón en Isla Natividad es una de las principales actividades económicas y de mucha importancia en la historia de Baja California (la otra es la captura de langosta), pero que ha sido poca estudiada desde un enfoque bioeconómico. El análisis bioeconómico puede aportar herramientas para establecer metas y recomendaciones de política sobre el uso racional de un recurso. Dicho análisis es importante para definir niveles óptimos de explotación para proteger el recurso y beneficiar a la población.

La presente sección de la investigación tiene como objetivo realizar un análisis de optimización y simulación dinámica de la explotación de abulón para un manejo sostenible de la captura. Para ello, en primera medida se utilizó un modelo biológico de Schaefer y un modelo económico de Gordon-Schaefer, con lo cual se obtuvo soluciones de equilibrio tanto para los niveles de extracción y de esfuerzo pesquero. De igual forma, se realizó un análisis dinámico donde se aplicó teoría del control óptimo, con lo cual se obtuvo sendas de stock, extracción y esfuerzo ante diferentes tasas de descuento, precios y costos.

4.3.1. Marco teórico

4.3.1.1. Modelo biológico de Schaefer

El modelo biológico de Schaefer (1954) permite predecir la biomasa remanente del stock (s) como resultado de la captura (x), no considera explícitamente la estructura de edad, crecimiento individual, reclutamiento u otra vulnerabilidad. Sin embargo, dicho modelo ha

servido para desarrollar otros modelos más complejos como el modelo exponencial de Fox (1970) y el modelo generalizado de producción de Pella y Tomlinson (1969).

Este modelo biológico puede expresarse por medio de una curva logística, que muestra la dinámica de la población de peces en el tiempo y que se representa a través de la siguiente ecuación (Hilborn y Walters, 1992; Freón y Yáñez, 1995; Quiroga, 2000).

$$\frac{\partial S}{\partial t} = F(S_t) = rS_t \left(1 - \frac{S_t}{k}\right) \quad (1)$$

Donde S_t es el nivel de stock o biomasa pesquera, r la tasa intrínseca de crecimiento y k la capacidad de carga del ecosistema. R es un valor que cuantifica el crecimiento de una población entre periodos de tiempo sucesivos, se estima con frecuencia en modelos de producción que permite evaluar los niveles sostenibles de captura.

Por tal motivo, se puede expresar como una ecuación de diferencias de acuerdo a Hilborn y Walters (1992) como:

$$S_{t+1} = S_t + rS_t \left(1 - \frac{S_t}{k}\right) - X_t \quad (2)$$

Que muestra el estado del stock del recurso para el periodo $(t+1)$ en función del stock actual (S_t) adicionando la función de crecimiento del recurso $F(S_t)$ menos el nivel de capturas (X_t) en el tiempo t .

La captura X_t se asume proporcional a la biomasa S_t y el nivel de esfuerzo de pesca E_t , a través del coeficiente de capturabilidad q como:

$$X_t = qE_t S_t \quad (3)$$

Bajo el supuesto de que la captura remueve sólo el excedente productivo ($S_{t+1} = S_t$) y combinando las ecuaciones (2) y (3), se obtiene la curva de rendimiento esfuerzo:

$$X_t = qkE_t - \left(\frac{k}{r}\right)q^2 E_t^2 \quad (4)$$

Se debe estimar de la ecuación (1) los parámetros k y r mediante un modelo econométrico de mínimos cuadrados ordinarios. Los supuestos que considera el modelo son:

- El recurso está en un ecosistema estable.
- El recurso pesquero lo compone una sola especie.
- La captura la realiza un grupo de pescadores que utiliza un solo arte de pesca y que por ello, el esfuerzo aplicado es únicamente a ésta especie.

- La captura por unidad de esfuerzo es directamente proporcional a la abundancia del stock (CPUE). Es decir:

$$CPUE = \left(\frac{X}{E} \right) = qS_t \quad (4a)$$

4.3.1.2. Modelo bioeconómico de Gordon-Schaefer

Este modelo incorpora el componente económico en base a la curva de rendimiento esfuerzo sostenible basada en la ecuación (4) del modelo de Schaefer. Se establece que los beneficios de una pesquería están dados por la diferencia entre los ingresos totales (ITS) y los costos totales (CT) como:

$$\pi = ITS - CT = p * X(E)_t - wE_t \quad (5)$$

Donde:

p = Es el precio de captura unitaria y
w = Es el costo unitario del esfuerzo.

Una vez determinado el modelo, éste permite analizar desde el punto de vista de:

- Máximo Rendimiento Sostenible (MRS)*: Sólo considera aspectos biológicos.
- Máximo Rendimiento Económico (MRE)*: Considera aspectos biológicos y económicos.
- Libre Acceso (LA)*: Todos los agentes económicos tienen libertad al mercado, existe información perfecta y entran nuevos agentes hasta el punto donde los beneficios económicos son iguales a los costos económicos.

Con lo cual, se formula los siguientes puntos de referencia bioeconómicos:

Cuadro 1. Formulación de los Puntos de Referencia Bioeconómicos

Parámetros (Estados Estacionarios de Equilibrio)	Ecuación
Nivel de esfuerzo en el máximo rendimiento sostenible	$Emrs = [r/(2q)]$
Nivel de extracción en el máximo rendimiento sostenible	$Xmrs = [(kr)/4]$
Nivel de biomasa o stock en el máximo rendimiento sostenible	$Smrs = (k/2)$
Nivel de esfuerzo en el máximo rendimiento económico	$Emre = [r/(2q)] - [(wr)/(2pkq^2)]$
Nivel de extracción en el máximo rendimiento económico	$Xmre = \{[(pqk)+w]Xla\}/[4w]$
Nivel de biomasa o stock en el máximo rendimiento económico	$Smre = [1-(q/r)Ela]k$
Nivel de esfuerzo en libre acceso	$Ela = (r/q) - [(wr)/(pkq^2)]$
Nivel de extracción en libre acceso	$Xla = qElaSla$
Nivel de biomasa o stock en libre acceso	$Sla = w/(pq)$

Fuente: Elaboración Propia, 2011.

4.3.1.3. Modelo dinámico de control óptimo

Al considerar el componente temporal, se debe realizar un análisis profundo de las condiciones de optimalidad en la gestión pesquera. Por lo tanto, no se establece una situación de equilibrio de largo plazo, sino el ajuste dinámico de las variables biológicas y económicas. El modelo de referencia es el desarrollado por Clark y Munro (1975):

$$\mathit{Max}_{h(t)} \int_0^{\infty} e^{-\delta t} [pX(t) - wE(t)] dt \quad (6)$$

Donde:

$$X(t) = X[S(t), E(t)] = qE(t)S(t), E(t) = \frac{X(t)}{qS(t)}$$

$$\mathit{Max}_{h(t)} \int_0^{\infty} e^{-\delta t} [p(t) - w \frac{X(t)}{qS(t)}] dt \quad \text{donde} \quad w(S(t)) = \frac{1}{qS(t)}$$

$$\mathit{Max}_{h(t)} \int_0^{\infty} e^{-\delta t} \{ [p - w(S(t))] X(t) \} dt$$

s.a

$$\frac{\partial S}{\partial t} = F(S) - X(t)$$

$$0 \leq X(t) \leq X_{\text{máx}}$$

$$S(t) \geq 0$$

Donde:

p = Precio unitario del recurso
w = Costo unitario de extracción
 δ = Tasa de descuento
X(t) = Representa las capturas
S(t) = Nivel de biomasa
E(t) = Esfuerzo pesquero

En este sentido, se busca maximizar el valor del Hamiltoniano en cada instante del tiempo, que viene dado por la siguiente fórmula:

$$H(S(t), X(t), t, \lambda(t)) = e^{-\delta t} [p - w(S)] X(t) + \lambda(t) [F(S) - X(t)] \quad (7)$$

Donde $\lambda(t)$ representa el precio sombra o valor social del recurso pesquero. Que refleja el efecto de una variación del stock o biomasa sobre las ganancias futuras, el incremento en dichas ganancias si el recurso pesquero aumenta en una unidad. De las condiciones de primer orden se obtiene:

$$\frac{\partial H}{\partial X} = e^{-\delta} [p - w(S)] - \lambda(t) = 0, \quad \lambda(t) = e^{-\delta} [p - w(S)] \quad (8)$$

$$\frac{\partial \lambda(t)}{\partial t} = e^{-\delta} [w'(S) * X(t)] - \lambda(t) F'(S) \quad (9)$$

Derivando la ecuación (8) respecto al tiempo e igualando el resultado a (9) se obtiene la siguiente expresión para la trayectoria de S^* , suponiendo que se extrae todo lo que crece ($X^*=F(S^*)$):

$$F'(S^*) - \frac{w'(S^*)F(S^*)}{p - w(S^*)} = \delta \quad (10)$$

La anterior expresión afirma que el nivel óptimo del recurso (S^*) es aquel en el cual la propia tasa de interés del recurso se iguala a la tasa social de descuento. De igual forma, la ecuación (10) determina la senda óptima para el recurso natural y, a partir de ella, es posible obtener el nivel de capturas compatible con la sostenibilidad del stock de poblaciones. Para obtener los puntos óptimos de stock, extracción y esfuerzo se tiene:

$$S^* = \frac{k}{4} \left[\left(1 + \frac{w}{pqk} - \frac{\delta}{r} \right) + \sqrt{\left(1 + \frac{w}{pqk} - \frac{\delta}{r} \right)^2 + \frac{8w\delta}{pqkr}} \right] \quad (11)$$

$$X^* = \frac{1}{w} \left\{ S^* (pqS^* w) \left[\delta - r \left(1 - \frac{2S^*}{k} \right) \right] \right\} \quad (12)$$

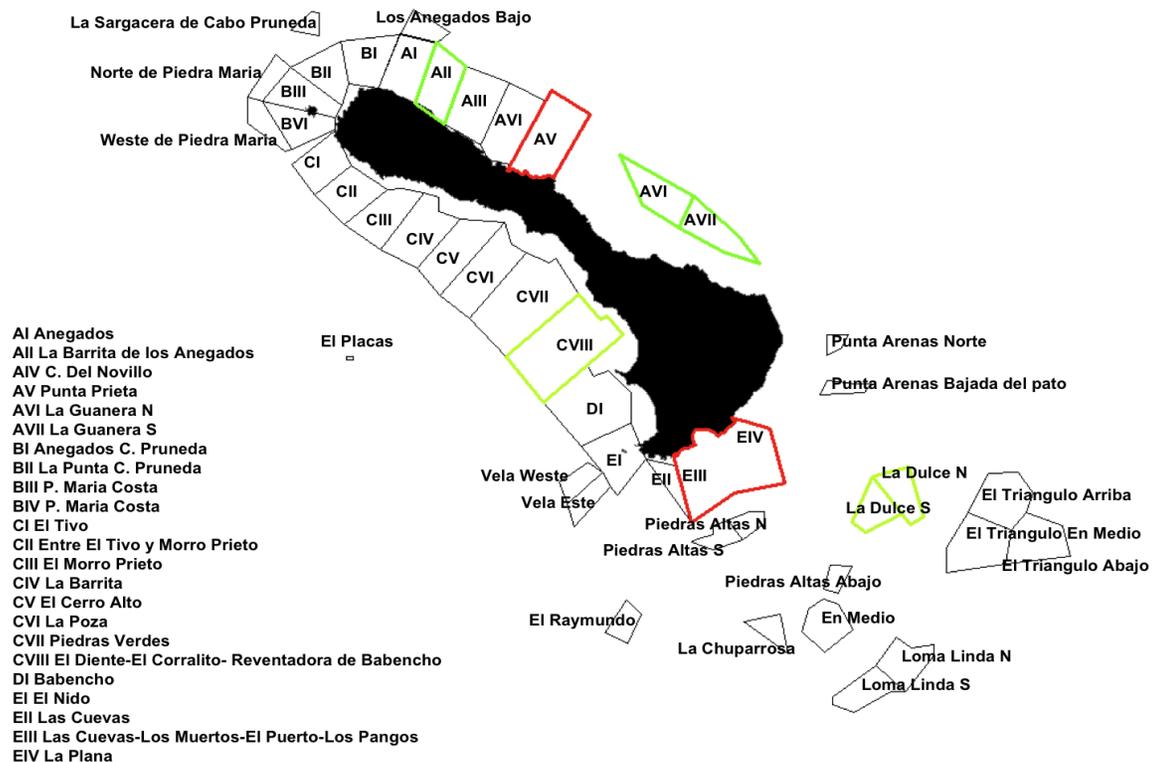
$$E^* = \frac{X^*}{qS^*} \quad (13)$$

4.3.2. Marco práctico

4.3.2.1. Materiales y fuentes de información

El análisis bioeconómico se realiza con información de capturas, stock y esfuerzo pesquero del recurso abulón a nivel de bloque (A, B, C, D, E y F) como se observa en la siguiente figura, con información suministrada por la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Buzos y Pescadores de Isla Natividad.

Figura 13. Información a nivel de toda la Isla y de bloque



Fuente: Cooperativa Buzos y Pescadores Isla Natividad, 2010.

Adicional a la información biológica, se obtuvo información económica sobre el precio del producto y los costos incurridos en la captura, procesamiento y vigilancia de CONAPESCA (2003), Ponce-Díaz et al. (1998) e información de pescadores de Isla Natividad e Isla Cedros.

De igual forma, se consideró dos series climáticas:

- i) Índice de la Oscilación Decadal del Pacífico (Pacific Decadal Oscillation Index - PDOI): Que representa el primer componente principal de las anomalías de la temperatura de la superficie del mar (sea surface temperatura - SST) del Pacífico al norte de 20°N. Se obtuvo la serie de http://www.esrl.noaa.gov/psd/gcos_wgsp/Timeseries/Data/pdo.long.data
- ii) Índice Multivariado de la ENSO (Multivariate ENSO Index - MEI): Está diseñado para monitorear el ENSO (El Niño/La Niña-Southern Oscillation) y es el primer componente principal de seis variables climáticas combinadas del Pacífico tropical entre 30°N y 30°S: presión atmosférica en el nivel del mar (SLP), componentes zonales y meridionales del viento en el nivel del mar (U y V), la temperatura superficial del mar (SST), la temperatura del aire en el nivel del mar y la fracción de nubosidad del cielo total (C). La serie se obtuvo de <http://www.esrl.noaa.gov/psd/people/klaus.wolter/MEI/table.html>

4.3.2.2. Estadísticas descriptivas

Antes de realizar el modelo bioeconómico, se presenta unas estadísticas descriptivas de lo que sucede a nivel de bloque y que servirá como puntos de comparación para los resultados del modelo bioeconómico. La información que se utiliza corresponde a un periodo de 16 años.

4.3.2.2.1. Información a nivel de zona

En esta sección, se realiza el análisis estadístico para las seis zonas de pesca (A, B, C, D, E y F) que presenta Isla Natividad (Figura 13), la información para cada zona comprende 16 años y tanto las capturas como la biomasa está expresada en número de individuos abulones.

4.3.2.2.1.1. Zona de Pesca “A”

Tabla 18. Estadísticas descriptivas pesquería de abulón zona pesca “A”

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
capttotal	16	17518.69	13374.6	2242	49901
capazul	16	6053.625	7054.645	504	26197
capama	16	11465.06	7219.215	1738	29497
biototal	16	73917.29	18005.6	45799.45	116704
bioazul	16	15233.11	8560.368	6268.77	36534.67
bioama	16	58684.18	18554.69	37114.01	98538.73
cpuetotal	16	107.6121	25.40463	65.9407	164.1496
cpueazul	16	33.99906	19.10604	13.9914	81.5424
cpueama	16	73.61303	23.27488	46.5556	123.6063

Fuente: Elaboración Propia, 2011.

En el caso de la zona de pesca A, en una temporada, la captura promedio es de 17 mil abulones, siendo un 34% abulones azules y el resto abulones amarillos. Al observar la biomasa, dicha zona presenta en promedio en un año casi 74 mil abulones, de los cuales un 21% son azules y el resto amarillos. Para esta zona pesquera, las capturas representan en promedio en una temporada el 23% de la biomasa.

Al analizar la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) se observa que por cada marea que se realiza, en promedio se sacan 107 abulones, de los cuales 74 son amarillos y el resto azules.

4.3.2.2.1.2. Zona de Pesca “B”

Al analizar la información en la zona de pesca “B”, las capturas promedio en una temporada son de alrededor de 13 mil abulones, de los cuales un 57% son abulones azules. Al analizar la biomasa para la zona, en un año es aproximadamente igual a 42 mil individuos, de los cuales un 44% son azules. Ya en el caso de la variable captura por unidad de esfuerzo (CPUE), se observa que por cada marea o unidad de esfuerzo que realizan los

pescadores o buzos, capturan en promedio 96 abulones, que en una minoría son amarillos (41% aproximadamente). Las capturas en este bloque representan un 31,5% de la biomasa.

Tabla 19. Estadísticas descriptivas pesquería de abulón zona pesca “B”

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
capttotal	16	13064	11808.02	2512	51887
capazul	16	7511.563	6654.169	1926	29664
capama	16	5552.438	5595.833	586	22223
biototal	16	42044.5	14267.66	23768	71230
bioazul	16	18487.5	4651.55	13551	28226
bioama	16	23556.69	11549.3	8348	48905
cpuetotal	16	96.65625	29.07347	61.3	159.6
cpueazul	16	56.31875	14.15972	41.3	86
cpueama	16	40.325	19.76477	14.3	83.7

Fuente: Elaboración Propia, 2011.

4.3.2.2.1.3. Zona de Pesca “C”

Tabla 20. Estadísticas descriptivas pesquería de abulón zona pesca “C”

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
capttotal	16	36492.38	20461.61	3941	88494
capazul	16	18426.13	12115.4	3210	48662
capama	16	18066.25	9415.675	731	39832
biototal	16	91757.65	24218.59	52397.95	144242.8
bioazul	16	34197.13	12035.6	20780.89	59682.81
bioama	16	57560.53	18601.59	15109.03	88685.98
cpuetotal	16	102.2985	26.97466	70.375	162.0242
cpueazul	16	52.56865	18.50142	31.9449	91.7459
cpueama	16	49.72989	16.07099	13.0536	76.621

Fuente: Elaboración Propia, 2011.

En el caso de la zona de pesca “C”, las capturas en promedio en una temporada son iguales a 36 mil abulones, de los cuales un 49% son amarillos. Al observar el nivel de biomasa, en un año en promedio es aproximadamente de 92 mil individuos. Para esta zona pesquera, las capturas promedio representan un 40% de la biomasa en un año promedio.

En el caso de las capturas por unidad de esfuerzo (CPUE), en dicha zona de pesca se sacan por cada marea 102 abulones, de los cuales 49 son amarillos.

4.3.2.2.1.4. Zona de Pesca “D”

En el caso de la zona de pesca “D”, las capturas promedio en una temporada son iguales a 3.839 abulones, de los cuales 2.184 son abulones azules y 1.654 son abulones amarillos. La biomasa de esta zona de pesca es igual a 14.176 individuos, de los cuales un 57% representan abulones amarillos y el resto abulones azules.

Tabla 21. Estadísticas descriptivas pesquería de abulón zona pesca “D”

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
capttotal	16	3839.188	2448.86	1400	10438
capazul	16	2184.375	1159.901	662	4603
capama	16	1654.813	1558.827	300	6191
biototal	16	14176.31	7438.051	6819	31277
bioazul	16	6099.125	2497.063	3114	11996
bioama	16	8077.063	5908.576	1651	20378
cpuetotal	16	85.9375	40.65213	47	181
cpueazul	16	49.3125	20.19808	25	97
cpueama	16	36.6875	26.74502	8	93

Fuente: Elaboración Propia, 2011.

Al observar la variable capturas por unidad de esfuerzo (CPUE), por cada marea realizada se captura 86 abulones. La CPUE es mayor para el caso de los abulones azules (49) con respecto a abulones amarillos (37).

4.3.2.2.1.5. Zona de Pesca “E”

En la zona de pesca “E” se capturan en promedio 5.500 abulones azules de un total de 9.406 individuos, el resto son capturas de abulones amarillos. Al observar la biomasa, esta zona pesquera tiene una reserva igual a 21 mil individuos. Con lo cual, se evidencia que se captura un 44% del total de la biomasa.

Se evidencia que la CPUE es igual a 78 individuos, de los cuales un 55% son abulones azules.

Tabla 22. Estadísticas descriptivas pesquería de abulón zona pesca “E”

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
capttotal	16	9406.813	5574.211	3500	22136
capazul	16	5448.688	3795.052	1000	13400
capama	16	3958.125	2156.902	1882	8736
biototal	16	21085.44	8458.694	12318	38570
bioazul	16	8689.688	4103.107	3569	17856
bioama	16	12395.69	5692.71	5189	25970
cpuetotal	16	78.4375	31.56151	45	148
cpueazul	16	43.5	20.48739	18	89
cpueama	16	34.9375	15.86387	15	73

Fuente: Elaboración Propia, 2011.

4.3.2.2.1.6. Zona de Pesca “F”

Finalmente, en el caso de la zona “F”, se evidencia que las capturas promedio en una temporada son iguales a 43.880 abulones, de los cuales un 85% son abulones amarillos (es la única zona en la cual casi el 100% de las capturas son de una sola especie).

Tabla 23. Estadísticas descriptivas pesquería de abulón zona pesca “F”

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
capttotal	16	43880.13	15008.48	22228	90616
capazul	16	6459.75	7592.258	1477	31645
capama	16	37420.38	10355.5	14567	58971
biototal	16	214351.9	44455.02	145651	330322
bioazul	16	17997.63	16037.21	4283	53641
bioama	16	196354.4	46228.77	137786	318998
cpuetotal	16	113.3125	23.3744	74	168
cpueazul	16	15.9375	14.05925	4	47
cpueama	16	97.4375	22.90842	68	158

Fuente: Elaboración Propia, 2011.

Al observar la biomasa, dicha zona es la que presenta el mayor nivel de todas las zonas, con aproximadamente 214 mil abulones, de los cuales un 92% son abulones amarillos. Por lo tanto, se puede decir que la zona “F” es la zona abulonera amarillo por excelencia. Las capturas promedio realizadas en una temporada, representan un 20% de la biomasa promedio de un año.

Para esta zona, la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) es igual a 113 abulones por marea. Y obviamente como la zona es casi exclusiva de abulón amarillo, la CPUE para esta especie es de 97, mientras que para el abulón azul es igual a 15.

Luego de haber realizado un análisis estadístico, se puede concluir:

- Que la zona “F” es la más productiva, si consideramos a las capturas o la biomasa como medida de eficiencia, ó
- Que la zona “E” es la más productiva, si consideramos como medida de eficiencia de cuánto es el porcentaje de las capturas respecto a la biomasa.

Sin embargo, se debe tomar en cuenta otras variables como costos para la extracción, número de mareas realizadas, el tamaño en metros cuadrados de las diferentes zonas, etc. En una sección posterior, se realiza un análisis de eficiencia para dar respuesta a esto.

4.3.2.3. Modelo bioeconómico

El análisis bioeconómico que se realizó a nivel de zona presenta los siguientes pasos:

1. Se estimó a través de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) la ecuación (1) del modelo biológico de Schaefer con lo cual se obtiene los parámetros de la tasa intrínseca de crecimiento (r) y la capacidad de carga del ecosistema (k).
2. A partir de los datos de captura por unidad de esfuerzo (CPUE) y biomasa se estimó el coeficiente de capturabilidad (q). Ya con los valores estimados de r , k y q se construye la función de producción esfuerzo representada por la ecuación (4). Con

esta información se encuentra los valores de equilibrio desde un punto de vista del Máximo Rendimiento Sostenible (MRS).

3. Estos parámetros estimados son utilizados para analizar el modelo bioeconómico Gordon-Schaefer y poder determinar los valores de equilibrio estacionario desde el punto de vista del Máximo Rendimiento Económico (MRE) y el de Libre Acceso (LA). Los valores hallados de r , k y q también sirven para realizar el cálculo del costo de oportunidad por dispersión de larvas por implementar reservas marinas en Isla Natividad y que es desarrollado en un capítulo posterior.
4. Para poder encontrar los valores del Máximo Rendimiento Sostenible (MRS), Máximo Rendimiento Económico (MRE) y de Libre Acceso (LA), se reemplaza los valores de r , k y q hallados. De igual forma, se reemplaza los valores del precio de venta (p) y costo del abulón (w) en las fórmulas del Cuadro 1.

Ya definido los pasos para hacer el análisis bioeconómico, se realiza y se presenta los resultados a nivel de zona.

4.3.2.3.1. Modelo bioeconómico a nivel de zona

4.3.2.3.1.1. Modelo bioeconómico para la zona “A”

Las estadísticas descriptivas de la zona de captura “A” (Tabla 19) indican que para un periodo de 16 años, las capturas promedio en una temporada son iguales a 17 mil 518 individuos de abulón. Al realizar el modelo bioeconómico de la zona, el modelo básico (sin variables climáticas) recomienda que las capturas sean iguales a 25 mil individuos en una temporada. Es decir, en esta zona las capturas deberían aumentar para tener un equilibrio biológico y económico, tomando en cuenta que las capturas promedio de una temporada representan el 23% de la biomasa promedio de un año. Lo importante a considerar es que no el 100% de la biomasa se puede capturar ya que debe cumplir una talla mínima que aproximadamente llega a esta al cabo de seis o siete años. En tal sentido, se podría argumentar que el cálculo de captura estaría sobreestimado.

Tabla 24. Puntos de referencia bioeconómico de la captura de abulón de la Zona “A”

Información para la zona "A "		MRS	MRE	LA
Schaefer	E = Esfuerzo	343.3	341.9	683.8
	X = Captura	25,517.4	25,516.9	425.8
	S = Biomasa	51,277.5	51,492.3	429.6
Schaefer PDOI	E = Esfuerzo	374.2	372.6	745.2
	X = Captura	27,764.2	27,763.8	464.0

Información para la zona "A "		MRS	MRE	LA
Schaefer MEI	S = Biomasa	51,135.0	51,349.6	429.1
	E = Esfuerzo	339.2	337.8	675.6
	X = Captura	25,116.9	25,116.5	420.7
	S = Biomasa	51,023.5	51,238.1	429.1

Fuente: Elaboración Propia, 2011.

Al incorporar una variable climática (PDOI o MEI), las capturas recomendadas por el modelo bioeconómico se reducen a 26 mil individuos aproximadamente. Al analizar el esfuerzo o el número de mareas, el modelo recomienda realizar entre 343 y 370 mareas en una temporada.

4.3.2.3.1.2. Modelo bioeconómico para la zona "B"

El modelo bioeconómico de la zona "B" demuestra que si se introduce la variable climática (PDOI o MEI) los niveles de captura óptimos aumentan en comparación con el modelo básico. En este caso, el modelo predice que las capturas óptimas deben ser de aproximadamente 8.500 individuos, inferiores a las capturas promedio de las últimas 16 temporadas (13.000 individuos capturados) (Tabla 20: Estadísticas descriptivas pesquería de abulón zona pesca "B"). Es decir, la zona "B" está siendo sobreexplotada.

Tabla 25. Puntos de referencia bioeconómico de la captura de abulón de la Zona "B"

Información para la zona "B"		MRS	MRE	LA
Schaefer	E = Esfuerzo	71	71	141
	X = Captura	8,481	8,481	88
	S = Biomasa	52,850	52,987	275
Schaefer PDOI	E = Esfuerzo	82	81	163
	X = Captura	10,703	10,703	101
	S = Biomasa	57,924	58,062	275
Schaefer MEI	E = Esfuerzo	72	72	144
	X = Captura	8,638	8,638	89
	S = Biomasa	52,962	53,099	275

Fuente: Elaboración Propia, 2011.

4.3.2.3.1.3. Modelo bioeconómico para la zona “C”

Las capturas promedio de las temporadas 1994-2009 son de 36 mil 500 individuos (Tabla 21: Estadísticas descriptivas pesquería de abulón zona de pesca “C”). Después de realizar la estimación a través del modelo bioeconómico, las capturas deberían ser de 41 mil individuos para tener una captura sostenible tanto biológica como económica. Para este nuevo nivel de capturas, se recomienda realizar un esfuerzo de 222 mareas por temporada, tomando en cuenta los resultados hallados en el modelo con variable ambiental. Es decir, existe un margen para poder explotar un poco más en esta zona siempre y cuando se pueda capturar abulones de cualquier tamaño sin cumplir la tala mínima.

Tabla 26. Puntos de referencia bioeconómico de la captura de abulón de la Zona “C”

Información para la zona "C"		MRS	MRE	LA
Schaefer	E = Esfuerzo	232.8	232.5	464.9
	X = Captura	46,457.6	46,457.5	289.5
	S = Biomasa	179,992.5	180,273.4	561.7
Schaefer PDOI	E = Esfuerzo	265.4	264.9	529.9
	X = Captura	49,594.3	49,594.1	330.0
	S = Biomasa	168,580.5	168,861.4	561.7
Schaefer MEI	E = Esfuerzo	222.8	222.4	444.8
	X = Captura	41,009.5	41,009.4	277.0
	S = Biomasa	166,055.0	166,335.9	561.7

Fuente: Elaboración Propia, 2011.

4.3.2.3.1.4. Modelo bioeconómico para la zona “D”

En el caso de la zona de pesca “D”, el modelo bioeconómico sugiere que las capturas para la temporada deben ser aproximadamente de 3.600 a 4.000 abulones, con un nivel de esfuerzo de 45 a 50 mareas por temporada. El promedio de las capturas (Tabla 22) indica que se sacan 3.800. Es decir, en este bloque se estaría haciendo unas capturas eficientes desde un punto de vista económico y biológico, considerando que para la estimación de los puntos del modelo bioeconómico se considera a toda la biomasa.

Tabla 27. Puntos de referencia bioeconómico de la captura de abulón de la Zona “D”

Información para la zona "D"		MRS	MRE	LA
Schaefer	E = Esfuerzo	52.5	52.3	104.6

Información para la zona "D"		MRS	MRE	LA
	X = Captura	4,445.8	4,445.8	65.2
	S = Biomasa	14,331.5	14,384.2	105.4
Schaefer PDOI	E = Esfuerzo	50.8	50.7	101.3
	X = Captura	4,380.2	4,380.1	63.1
	S = Biomasa	14,583.5	14,636.2	105.4
Schaefer MEI	E = Esfuerzo	43.4	43.3	86.6
	X = Captura	3,624.2	3,624.2	53.9
	S = Biomasa	14,120.5	14,173.2	105.4

Fuente: Elaboración Propia, 2011.

Las capturas promedio de los últimos 16 años representan un 27% de la biomasa promedio de una temporada; con este nuevo nivel de capturas del modelo bioeconómico, las capturas representarían el 28%.

4.3.2.3.1.5. Modelo bioeconómico para la zona "E"

El modelo bioeconómico de la zona "E", al igual que todos los modelos analizados, demuestra que las capturas que se vienen realizando, si se toman en cuenta las capturas promedio de una temporada (9.400 individuos, Tabla 23), están por debajo de las capturas óptimas (15.000 abulones). En teoría se podría aumentar las capturas, pero se debe tomar en cuenta que no toda la biomasa cumple con la talla mínima, aproximadamente en Isla Natividad del 10 al 20% cumplen dicha talla. Por lo tanto, se podría argumentar que la explotación de abulón que se realiza en esta zona puede estar por encima del óptimo económico y social. Además, se debe tener en cuenta que en este momento, esta zona presenta dos bloques cerrados completamente para la captura de abulón, lo que originaría una reducción en las capturas.

En el caso de la zona "E", las capturas promedio de 16 años representan un 44% del total de la biomasa de un año. Con la nueva medida de captura bioeconómica, las capturas representarían un 70%. Para alcanzar estos niveles de captura, en la zona se debería realizar óptimamente 73 mareas por temporada.

Tabla 28. Puntos de referencia bioeconómico de la captura de abulón de la Zona "E"

Información para la zona "E"		MRS	MRE	LA
Schaefer	E = Esfuerzo	73.8	73.7	147.3
	X = Captura			

Información para la zona "E"		MRS	MRE	LA
		16,566.1	16,566.1	91.8
	S = Biomasa	60,165.0	60,248.4	166.8
	E = Esfuerzo	75.3	75.3	150.6
Schaefer PDOI	X = Captura	37,387.0	37,387.0	93.8
	S = Biomasa	132,967.5	133,050.9	166.8
	E = Esfuerzo	72.5	72.4	144.9
Schaefer MEI	X = Captura	15,760.4	15,760.4	90.2
	S = Biomasa	58,214.0	58,297.4	166.8

Fuente: Elaboración Propia, 2011.

4.3.2.3.1.6. Modelo bioeconómico para la zona "F"

La zona de pesca "F" al ser la más grande en términos de metros cuadrados, también es la zona donde se realiza la mayor captura de abulón en la Isla. En ese sentido, el promedio de capturas de los años 1994-2009 es igual a 43.880 individuos, que representa un 20% de la biomasa promedio para un año. El modelo bioeconómico que incluye la variable ambiental MEI, recomienda que las capturas en una temporada estén en el rango de 50 mil a 70 mil individuos. Es decir, existe un pequeño rango de aumentar las capturas siempre y cuando no se tenga en cuenta una talla mínima; si se toma en cuenta, obviamente que la biomasa se reduce y por ende también el potencial de capturas.

Tabla 29. Puntos de referencia bioeconómico de la captura de abulón de la Zona "F"

Información para la zona "F"		MRS	MRE	LA
Schaefer	E = Esfuerzo	1,057.1	1,052.5	2,105.0
	X = Captura	76,375.0	76,373.5	1,310.8
	S = Biomasa	136,073.0	136,659.4	1,172.8
Schaefer PDOI	E = Esfuerzo	782.0	778.8	1,557.6
	X = Captura	58,957.5	58,956.5	969.9
	S = Biomasa	141,985.0	142,571.4	1,172.8
Schaefer MEI	E = Esfuerzo	1,045.9	1,041.5	2,082.9

Información para la zona "F"		MRS	MRE	LA
	X = Captura	76,361.3	76,359.9	1,297.1
	S = Biomasa	137,496.5	138,082.9	1,172.8

Fuente: Elaboración Propia, 2011.

Como se evidencia de las seis zonas de pesca, solo una estaría siendo sobreexplotada (Zona B). El resto de zonas (A, C, D, E y F) tienen un margen para aumentar sus niveles de captura, siempre y cuando se suponga que toda la biomasa disponible puede ser capturada, situación que no se cumple. Esta situación no se cumple, ya que la autoridad ambiental estableció unas medidas mínimas para realizar la captura de abulón. Además, la demanda internacional de consumo del recurso exige una talla mínima para su comercialización. Esta talla mínima se cumple aproximadamente a los seis o siete años de vida del molusco, aproximadamente solo un 10 a 20 por ciento de la biomasa cumpliría con esta talla mínima.

En tal sentido, se puede concluir que en todas las zonas de pesca se está realizando una sobreexplotación del recurso. Esta sobreexplotación del recurso, es acompañada con cambios climáticos como la baja de oxígeno que aumentan la mortandad del recurso y que hace que cada temporada sea más difícil poder cumplir con la cuota de captura que establece la autoridad pesquera en perjuicio de la comunidad.

4.3.2.4. Modelo dinámico de control óptimo aplicado a la pesquería de abulón

La idea de esta sección es estimar las cantidades óptimas de captura de abulón considerando restricciones de tipo biológico, económico e influencia del tiempo reflejada en factores de descuento. Es decir, ilustrar el efecto que tiene la tasa de descuento (δ) en los niveles óptimos de stock (S^*), extracción (X^*) y esfuerzo (E^*) que realizarían los pescadores. Así mismo, se realizan simulaciones de variaciones en el precio (p) y costo (w) de la captura de abulón con la finalidad de observar los efectos sobre las capturas y el esfuerzo.

Estos cálculos se trabajan con las ecuaciones halladas en la sección 4.3.1.3. y con información hallada en el modelo bioeconómico de q , r y k .

$$S^* = \frac{k}{4} \left[\left(1 + \frac{w}{pqk} - \frac{\delta}{r} \right) + \sqrt{\left(1 + \frac{w}{pqk} - \frac{\delta}{r} \right)^2 + \frac{8w\delta}{pqkr}} \right]$$

$$X^* = \frac{1}{w} \left\{ S^* (pqS^* w) \left[\delta - r \left(1 - \frac{2S^*}{k} \right) \right] \right\}$$

$$E^* = \frac{X^*}{qS^*}$$

En la Tabla 30 se observan los diversos valores que toman las variables stock, extracción y esfuerzo manteniendo constante el precio y el costo de la captura de abulón, pero con

variaciones porcentuales de la tasa de descuento. En esta tabla se observa que a una tasa de descuento igual a cero ($\delta = 0$), los niveles de stock, extracción y esfuerzo deben ser similares a los hallados en el modelo de Máximo Rendimiento Sostenible (MRS).

Se observa que a medida que incrementa la tasa de descuento y manteniendo constante el precio y costo de captura, el nivel de stock o biomasa se reduce y la relación extracción sobre stock aumenta. Al mismo tiempo, se evidencia que el número de mareas aumenta a medida que la tasa de descuento aumenta. Por lo tanto, se puede concluir que las tasas de descuento afectan de manera inversa al nivel de stock y de manera directa a los niveles de extracción y esfuerzo pesquero. Lo que implica que los ingresos se valoran más en el presente que en el futuro.

Tabla 30. Resultados de niveles óptimos de stock, extracción y esfuerzo para un modelo dinámico de control óptimo a nivel de la Isla ante variaciones en la tasa de descuento

(%)	(Kilogramos)	(Kilogramos)	(Mareas)	% Relación
T. Descuento	Stock	Extracción	Esfuerzo	Ext/Stock
0%	859,747	195,695	1,196	22.762%
1%	841,006	195,618	1,222	23.260%
5%	766,080	193,445	1,326	25.251%
10%	672,525	186,542	1,457	27.738%
15%	579,135	175,012	1,587	30.220%
20%	486,005	158,898	1,717	32.695%
30%	301,459	113,346	1,975	37.599%
40%	126,636	53,498	2,219	42.245%
50%	28,195	12,649	2,357	44.862%
60%	13,086	5,923	2,378	45.263%
70%	9,236	4,190	2,383	45.365%
80%	7,541	3,424	2,385	45.410%
90%	6,593	2,996	2,387	45.436%
100%	5,989	2,722	2,388	45.452%

Fuente: Elaboración Propia, 2011.

De igual forma, se realizó diversas simulaciones para observar como varía el stock, la relación extracción/stock y esfuerzo ante variaciones porcentuales del precio y costo de extracción de abulón.

La Tabla 31 presenta un ejemplo de cómo varían las variables mencionadas ante un aumento del 20% y 60% en el precio del recurso abulón y ante diversas tasas de descuento. Por ejemplo, en el caso en que la tasa de descuento es igual a cero ($\delta = 0$) y si el precio aumenta un 20%, el stock es de 859,474 kilos de abulón (859 toneladas); mientras que si el precio aumenta en un 60%, el stock sería de 859,133 kilos. Se evidencia que el aumento del precio, origina una disminución en la biomasa, un aumento de las capturas y en las mareas.

Tabla 31. Resultados de niveles óptimos de stock, extracción y esfuerzo para un modelo dinámico de control óptimo a nivel de la Isla ante variaciones en la tasa de descuento y precio

T. Descuento (%)	Aumento del Precio del 20%			Aumento del Precio del 60%		
	Stock (Toneladas)	Extracción (Toneladas)	Esfuerzo (Mareas)	Stock (Toneladas)	Extracción (Toneladas)	Esfuerzo (Mareas)
0%	859,474.5	195,695.5	1,196.1	859,133.7	195,695.7	1,196.5
1%	840,721.7	195,615.6	1,222.3	840,365.7	195,612.3	1,222.7
5%	765,740.6	193,428.4	1,326.9	765,316.2	193,407.5	1,327.5
10%	672,100.0	186,500.5	1,457.7	671,568.9	186,448.0	1,458.4
15%	578,597.7	174,932.5	1,588.2	577,925.7	174,832.5	1,589.1
20%	485,312.9	158,760.6	1,718.4	484,446.6	158,588.7	1,719.6
30%	300,187.2	112,969.4	1,976.9	298,585.7	112,493.8	1,979.1
40%	123,530.7	52,287.9	2,223.5	119,462.5	50,695.1	2,229.2
50%	24,302.2	10,927.5	2,362.0	19,105.8	8,617.3	2,369.3
60%	10,976.8	4,974.6	2,380.6	8,301.7	3,768.2	2,384.4
70%	7,716.9	3,503.9	2,385.2	5,807.3	2,639.8	2,387.8
80%	6,293.4	2,860.0	2,387.2	4,728.9	2,151.0	2,389.3
90%	5,499.7	2,500.4	2,388.3	4,129.8	1,879.1	2,390.2
100%	4,994.2	2,271.3	2,389.0	3,748.9	1,706.2	2,390.7

Fuente: Elaboración Propia, 2011.

La siguiente tabla presenta información de las variaciones que sufren las variables stock, relación extracción stock y esfuerzo pesquero ante variaciones de la tasa de descuento y de

costo de captura del recurso marino. Se observa que para cualquier valor de la tasa de descuento, pasar de un aumento del 20% al 60% en el costo de captura de abulón, origina aumentos en el stock y reducciones en el número de mareas. Por ejemplo, si la tasa de descuento es igual a cero ($\delta = 0$), un aumento del 20% en el costo origina que la biomasa sea igual a 860,074 kilos de abulón; mientras que si el aumento es del 60%, la biomasa sería de 860,728 kilos.

Tabla 32. Resultados de niveles óptimos de stock, extracción y esfuerzo para un modelo dinámico de control óptimo a nivel de la Isla ante variaciones en la tasa de descuento y costo

T. Descuento (%)	Aumento del Costo del 20%			Aumento del Costo del 60%		
	Stock (Toneladas)	Extracción (Toneladas)	Esfuerzo (Mareas)	Stock (Toneladas)	Extracción (Toneladas)	Esfuerzo (Mareas)
0%	860,074	195,695	1,195	860,728	195,694	1,194
1%	841,348	195,621	1,221	842,032	195,627	1,220
5%	766,487	193,465	1,326	767,301	193,504	1,325
10%	673,034	186,593	1,456	674,052	186,692	1,455
15%	579,779	175,108	1,587	581,064	175,297	1,585
20%	486,833	159,061	1,716	488,485	159,386	1,714
30%	302,974	113,794	1,973	305,970	114,676	1,969
40%	130,211	54,884	2,214	136,940	57,476	2,205
50%	32,612	14,592	2,350	40,778	18,157	2,339
60%	15,584	7,043	2,374	20,473	9,227	2,367
70%	11,048	5,006	2,381	14,638	6,620	2,376
80%	9,033	4,098	2,383	12,001	5,436	2,379
90%	7,903	3,588	2,385	10,512	4,765	2,381
100%	7,181	3,261	2,386	9,558	4,335	2,383

Fuente: Elaboración Propia, 2011.

Tanto el incremento del precio como del costo, origina variaciones en el stock, la relación captura/stock y número de mareas o esfuerzo pesquero. De igual forma, esas variaciones en el stock, relación captura/stock y número de mareas será más o menos significativa ante variaciones en la tasa de descuento. Si la tasa de descuento es igual a cero, tenemos variaciones no muy significativas, diferente a cuando la variación en la tasa de descuento es

alta como por ejemplo 80%. Por todo esto, es necesario encontrar una forma de medir estos cambios, para lo cual se propone las siguientes elasticidades:

- Elasticidad precio del stock: Mide la variación relativa o porcentual que experimenta el stock como consecuencia de una variación en el precio de venta de abulón. En otras palabras, mide la intensidad con la que responde el stock a una variación en el precio.

$$\varepsilon_{\text{stock}}^{\text{precio}} = \frac{\text{Variación \% stock}}{\text{Variación \% precio}} = \frac{\frac{S_1 - S_0}{S_0}}{\frac{P_1 - P_0}{P_0}}$$

- Elasticidad precio de la relación captura-stock: Mide la variación relativa o porcentual que experimenta la relación captura-stock como consecuencia de una variación en el precio de venta de abulón. En otras palabras, mide la intensidad con la que responde la relación captura-stock a una variación en el precio.

$$\varepsilon_{\text{captura/stock}}^{\text{precio}} = \frac{\text{Variación \% relación captura stock}}{\text{Variación \% precio}} = \frac{\frac{CS_1 - CS_0}{CS_0}}{\frac{P_1 - P_0}{P_0}}$$

- Elasticidad precio del esfuerzo: Mide la variación relativa o porcentual que experimenta el esfuerzo pesquero como consecuencia de una variación en el precio de venta de abulón. En otras palabras, mide la intensidad con la que responden las mareas a una variación en el precio.

$$\varepsilon_{\text{esfuerzo}}^{\text{precio}} = \frac{\text{Variación \% esfuerzo}}{\text{Variación \% precio}} = \frac{\frac{E_1 - E_0}{E_0}}{\frac{P_1 - P_0}{P_0}}$$

- Elasticidad costo del stock: Mide la variación relativa o porcentual que experimenta el stock como consecuencia de una variación en el costo de captura de abulón. En otras palabras, mide la intensidad con la que responde el stock a una variación en el costo.

$$\varepsilon_{\text{stock}}^{\text{costo}} = \frac{\text{Variación \% stock}}{\text{Variación \% costo}} = \frac{\frac{S_1 - S_0}{S_0}}{\frac{C_1 - C_0}{C_0}}$$

- Elasticidad costo de la relación captura-stock: Mide la variación relativa o porcentual que experimenta la relación captura-stock como consecuencia de una variación en el costo de captura de abulón. En otras palabras, mide la intensidad con la que responde la relación captura-stock a una variación en el costo.

$$\varepsilon_{\text{costo captura/stock}} = \frac{\text{Variación \% relación captura stock}}{\text{Variación \% costo}} = \frac{\frac{CS_1 - CS_0}{CS_0}}{\frac{C_1 - C_0}{C_0}}$$

- *Elasticidad costo del esfuerzo*: Mide la variación relativa o porcentual que experimenta el esfuerzo pesquero como consecuencia de una variación en el costo de captura de abulón. En otras palabras, mide la intensidad con la que responden las mareas a una variación en el costo.

$$\varepsilon_{\text{costo esfuerzo}} = \frac{\text{Variación \% esfuerzo}}{\text{Variación \% costo}} = \frac{\frac{E_1 - E_0}{E_0}}{\frac{C_1 - C_0}{C_0}}$$

En la Tabla 33, se observan las diferentes elasticidades precio y costo de stock, relación captura-stock y esfuerzo para diversas variaciones en la tasa de descuento. Se evidencia que la relación entre precio y stock es contraria. Por ejemplo, cuando la tasa de descuento es igual a cero ($\delta = 0$), un aumento del 10% en el precio, origina una disminución del 0,013% del stock. Mientras que cuando la tasa de descuento es del 50%, un incremento de los precios del 10%, origina una disminución del stock en un 5,8%. Con esto se confirma lo antes visto, que cuando la tasa de descuento es mayor, los agentes económicos prefieren un ingreso presente mayor.

Tabla 33. Elasticidades precio y costo para las variables stock, relación captura-stock y esfuerzo para diversas tasas de descuento

T. Descuento	Elasticidad Precio			Elasticidad Costo		
	Stock	Captura-Stock	Esfuerzo	Stock	Captura-Stock	Esfuerzo
0%	-0.0013	0.0017	0.0013	0.0019	-0.0019	-0.0019
1%	-0.0014	0.0017	0.0013	0.0020	-0.0020	-0.0020
5%	-0.0018	0.0019	0.0015	0.0027	-0.0021	-0.0021
10%	-0.0026	0.0021	0.0017	0.0038	-0.0024	-0.0024
15%	-0.0038	0.0025	0.0019	0.0056	-0.0028	-0.0028
20%	-0.0059	0.0029	0.0023	0.0085	-0.0034	-0.0034
30%	-0.0174	0.0047	0.0037	0.0250	-0.0053	-0.0053
40%	-0.1028	0.0104	0.0082	0.1371	-0.0109	-0.0109
50%	-0.5826	0.0124	0.0097	0.7545	-0.0126	-0.0126
60%	-0.6682	0.0065	0.0051	0.9442	-0.0073	-0.0073
70%	-0.6797	0.0047	0.0037	0.9765	-0.0053	-0.0053
80%	-0.6831	0.0038	0.0030	0.9867	-0.0044	-0.0044
90%	-0.6847	0.0033	0.0026	0.9913	-0.0038	-0.0038
100%	-0.6855	0.0030	0.0024	0.9937	-0.0035	-0.0035

Fuente: Elaboración Propia, 2011.

Al analizar las elasticidades precio captura-stock y esfuerzo pesquero, se observa que en ambos casos la relación es directa. Por ejemplo, si consideramos que la tasa de descuento es del 40%, un aumento del precio del 10% origina un aumento de la relación captura-stock en 0,1% y 0,08% en el número de mareas.

En el caso de la elasticidad costo del stock, la relación es inversa; relación diferente a la que sucede con respecto a la variable captura-stock y esfuerzo. Para este caso, si se considera una tasa de descuento igual a cero, un aumento del 10% en el costo de captura y procesamiento de abulón, origina un aumento del stock del 0,019%, una reducción de la relación captura-stock y esfuerzo del 0,019%. Si se considera una tasa de descuento más alta, como por ejemplo del 80%, un aumento del costo del 10%, origina un aumento del stock del 9,8% y una reducción del 0,04% del esfuerzo.

4.3.3. Conclusiones análisis bioeconómico de la captura de abulón en Isla Natividad

Se constató a través de los modelos bioeconómicos que todas las zonas de pesca de abulón en Isla Natividad presentan cierto grado de sobreexplotación de dicho recurso. La zona con mayor grado de sobreexplotación es la zona B. En los resultados de los modelos bioeconómicos se considera que toda la biomasa existente es apta para ser captura, situación que cambia en el momento en el cual se considera que la autoridad pesquera o la demanda internacional de este molusco establece una talla mínima. Si se considera la talla mínima como requisito para su captura, el porcentaje de abulón apto para la captura se reduce y por ende la sobreexplotación del recurso aumenta. Es decir, los valores que reportan los modelos bioeconómicos estarían sobreestimados y ya no se tendría ese margen para aumentar las capturas. En ese sentido, el establecer reservas marinas como áreas de no pesca es una buena alternativa para conservar el recurso.

De igual forma, se hizo un análisis de sensibilidad a través de la estimación de elasticidades para observar el comportamiento de variables como el stock, captura y esfuerzo ante cambios porcentuales en los precios, costos y tasas de descuento. Se puede indicar que cuando las variaciones de la tasa de descuento son bajas, las elasticidades de precio y costo son bajas o inelásticas. A medida que la tasa de descuento aumenta, las elasticidades se van volviendo más elásticas o menos inelásticas, pero no en gran medida. Se indicaría que las capturas de abulón en Isla Natividad son casi inelásticas o muy poco elásticas ante variaciones en los precios o costos, esto se puede deber a que en la Isla es la principal actividad económica (además de la captura de langosta) y que por no haber otras actividades alternas, los habitantes deben capturar abulón baje o suba el precio o los costos. De igual forma, se podría presentar esto a consecuencia de la implementación de las cuotas de captura de abulón que emite la autoridad pesquera y que limita el accionar de los pescadores a solo capturar lo que se le disponga y no tanto ante variaciones en precio y costo. En tal sentido, se debería buscar otras alternativas económicas para que los habitantes diversifiquen sus ingresos y que de esa forma esa necesidad de los pescadores no sea un motivo para llegar a sobreexplotar el recurso como ya está sucediendo.

Se podría pensar en actividades ecoturísticas tanto a nivel terrestre como marino. En ese sentido, Comunidad y Biodiversidad, Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Buzos y Pescadores de Isla Natividad y Reef Check empezaron el 2009 la primera

“EcoExpedición a Isla Natividad”. Dicha expedición tiene como objetivo ofrecer un viaje de buceo recreativo e investigativo a la Isla con la idea de generar ingresos económicos para cubrir parte del costo operativo por el establecimiento de reservas marinas. En este punto es necesario mencionar que todos los ingresos se quedan en la Isla y que el programa esta manejado en su totalidad por gente de la isla, sin ningún intermediario. Éste, es un primer inicio que debe seguir creciendo y buscar personas interesadas en visitar la isla y que estén deseosos de pagar un plus por tener un hábitat en muy buen estado.

También se podría pensar en que los habitantes de la isla tengan el acceso a otros recursos marinos, que no estén maniatados a explotar solo abulón, langosta o erizo; que tengan una mayor diversidad de especies o un mayor portafolio para poder dar un respiro a aquellas que vienen explotando desde hace varios años. En ese sentido, se debe negociar con las autoridades federales concesiones más fuertes y más amplias que permitan que la economía comunitaria diversifique su economía.

Así como se vio que el cambio climático afecta la química del agua a través del aumento de la contaminación de CO₂ atmosférico producido por la actividad industrial, que en su gran mayoría es absorbida por el océano. Y que por una mayor variación climática a consecuencia del efecto invernadero que ha creado zonas de baja presión e intensificado los vientos que provocan surgencias, generando con todo esto consecuencias drásticas para las pesquerías y la biodiversidad marina. Gestionar con los representantes de México ante foros internacionales que lleven la petición de que los países responsables de emisiones de CO₂ atmosférico a nivel global creen un fondo para que las comunidades costeras como Isla Natividad puedan adaptarse a esta nueva situación. Tomando en cuenta que para la implementación de la reserva marina en la isla, los costos son asumidos en su totalidad por la comunidad local, pero que sus beneficios como son los bienes y servicios ambientales son aprovechados por la comunidad global.

4.4. Eficiencia técnica de la implementación de reservas marinas en Isla Natividad

La forma tradicional de comparar la eficiencia relativa de unidades tomadoras de decisión, fue desarrollada por Farrell (1957), y consiste en crear indicadores de productividad parcial de la forma $\text{producto} / \text{insumo}$ ($\text{output} / \text{input}$). La eficiencia relativa se calcula dividiendo el indicador de productividad parcial de las demás unidades entre la de aquella encontrada como eficiente. Estos índices no necesariamente pueden ser aplicados a todos los análisis, como es el caso de comparar unidades multiproducto y/o multi-insumo. Para el caso de dos outputs, los índices se calculan de igual forma: $\text{Eficiencia} = \text{output1} / \text{input}, \text{output2} / \text{input}$.

Las fronteras de eficiencia pueden construirse a partir de funciones de costos o de producción. Así mismo, se puede adoptar una metodología de frontera paramétrica o una de frontera no paramétrica. La utilización de fronteras de costos tiene ventajas, tales como proporcionar flexibilidad a la hora de evaluar la eficiencia de industrias multiproducto. Adicionalmente, la utilización de una frontera de costos arroja información tanto de la eficiencia en la asignación como de la eficiencia técnica.

Las estimaciones paramétricas involucran una distribución del error de un modelo de regresión. Este tipo de métodos permiten realizar pruebas de hipótesis sobre la distribución del término de error y del grado de relación entre las variables utilizadas en la determinación de la frontera de eficiencia. Sin embargo, el problema de la estimación de fronteras estocásticas radica en que puede llegar a denominar "ineficiencia" a aquello que podría ser en realidad una mala especificación del modelo, en el sentido de establecer una forma funcional que no realice una aproximación verdadera a los datos.

Las fronteras determinísticas asumen implícitamente que todas las diferencias entre unidades (empresas) son atribuidas únicamente a ineficiencia, ignorando la existencia de factores ambientales (aquellos que están por fuera del control de la empresa) que pueden estar afectando su eficiente desempeño.

Esta es una desventaja del enfoque determinístico. Adicionalmente estas son muy sensibles a la presencia de datos atípicos u outliers así como al tamaño de la muestra o problemas típicos en modelos econométricos como la multicolinealidad. Los trabajos pioneros en cuanto a Fronteras Estocásticas fueron realizados por Aigner (1977), Meussen (1977) y Van den Broeck (1977), quienes introdujeron la idea que las desviaciones respecto de la frontera pueden no estar enteramente bajo control de las empresas.

Bauer (1990) resalta que el uso del análisis de fronteras de eficiencia (paramétricas o no), tiene ventajas frente a otras formas de realizar inferencias económicas, ya que permite realizar aproximaciones cada vez más acertadas del análisis de elementos económicos dentro de un sector productivo. Como lo resalta el autor, en primer lugar la noción de frontera es consistente con el supuesto económico de optimización y, en segundo lugar, porque las desviaciones de la frontera tienen una interpretación natural como una medida de eficiencia que unas unidades económicas pueden fijar como objetivos a alcanzar, sean estos de carácter técnico o de estrategia organizacional.

Existe un trade-off implícito en la elección de un método paramétrico y uno no paramétrico: si se decide utilizar la metodología DEA (no paramétrica) por conveniencia técnica, existe el problema de que los datos pueden estar "contaminados" con algún tipo de ruido que esta metodología no detecta, pero se tiene la ventaja de no estar fijando una forma funcional a priori a los datos y no impone los supuestos y condiciones para realizar inferencia estadística sobre un modelo econométrico. De otra parte, la utilización de una frontera paramétrica involucra fijar una forma funcional a los datos, con la ventaja de que se pueden aislar ruidos estadísticos para perfeccionar la estimación de la frontera.

4.4.1.2. Modelos no paramétricos

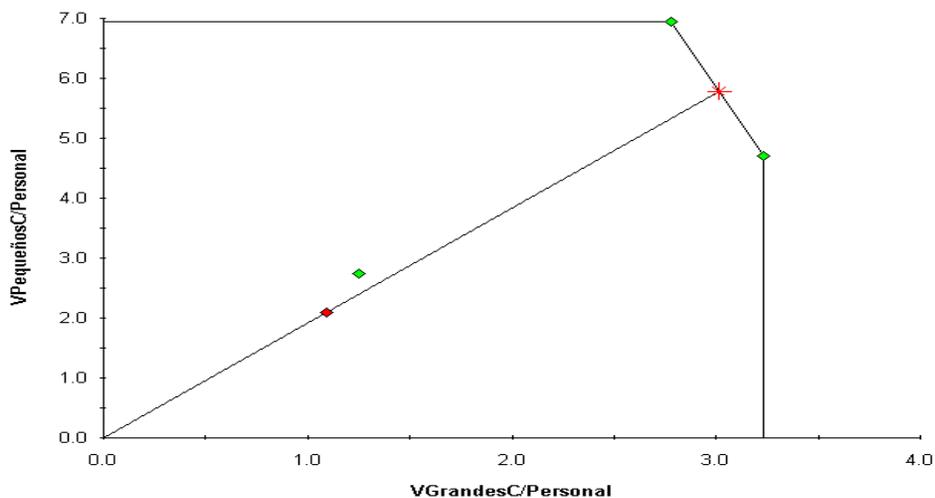
El análisis envolvente de datos (DEA, por su sigla inglesa) es un conjunto de conceptos y metodologías que permiten estimar eficiencias relativas entre unidades (Decision Making Units -DMU-) que tienen características similares. Se dice que DEA es una metodología de punto extremo porque solo compara a unidades con las más eficientes, a diferencia de los métodos paramétricos que se basan en estimaciones de parámetros promedio.

El núcleo del DEA radica en encontrar un productor virtual para cada productor real. Si el productor virtual es más eficiente que el real, este será ineficiente. El procedimiento de encontrar el mejor productor virtual se realiza a través de programación lineal. En el caso de analizar la eficiencia de “n” productores (o unidades = DMU), entonces habrá “n” problemas de programación lineal.

Esta es una diferencia básica entre el DEA y los métodos paramétricos de regresión en los cuales se halla la línea de ajuste que minimiza la distancia cuadrática a la línea de la regresión (el Cuadrado Medio del Error). En este último, mientras que a cada unidad le es aplicada la línea de regresión, en el DEA se optimiza la medida de rendimiento de cada unidad.

Un supuesto fundamental de la metodología de punto extremo (como DEA) es que si un productor A, es capaz de producir $Y(A)$ unidades de producto con $X(A)$ cantidades de input, entonces otros productores podrían producir lo mismo, si fueran eficientes y, similarmente si un productor B produce $Y(B)$ unidades de producto con $X(B)$ unidades de insumos, entonces otros productores podrían producir lo mismo. Los productores A y B y otros, pueden ser combinados en orden a formar un productor "virtual" formado por la combinación de inputs y de outputs de las unidades bajo análisis.

Figura 15. Ejemplo fronteras de eficiencia en el caso de una función de producción



Fuente: Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2004.

Las aproximaciones paramétricas requieren que se imponga una determinada forma funcional a los datos, lo cual también genera que se deban imponer supuestos acerca de la distribución del término de error (Distribuidos normalmente, y no existencia de correlación entre variables explicativas y errores). DEA no requiere supuestos de la forma funcional.

Como se ha visto, DEA resuelve un problema de optimización para cada una de las unidades que se van a comparar y encuentra los pesos que debe asignar a cada input y output de cada unidad para que aparezca de la mejor forma posible. Es decir, cada modelo

de optimización busca los pesos para cada input y output de la unidad “i”, y otorga los valores con los cuales esa unidad “i” aparece con el valor de eficiencia más alto posible.

Esto tiene tres implicaciones:

- Si la unidad “i” es encontrada ineficiente relativamente frente al universo de unidades, no hay ninguna combinación de pesos que la haga mostrar como más eficiente. Por tanto no se podrá discutir por parte del gerente de una unidad ineficiente que los pesos otorgados a los inputs y outputs lo perjudicaron.
- Ya que el DEA busca la forma de optimizar los inputs y outputs de cada unidad, los pesos otorgados para cada una de estas pueden resultar diferentes.
- Una vez resueltos todos los problemas de optimización y se han calculado todos los valores de eficiencia de todas las unidades, se puede determinar cómo podrían llegar las unidades ineficientes a la frontera de eficiencia, a través de la minimización de sus inputs o la maximización de sus outputs, o para realizar ambas simultáneamente. La manera de desplazarse a la frontera será determinada por el modelo que se decida ejecutar.

Puede haber considerables diferencias entre las unidades (así tengan los mismos inputs y produzcan los mismos outputs). Estas diferencias pueden estar causadas por la tecnología que tiene disponible cada unidad o por su localización geográfica o el nivel de ingreso de las personas. Obsérvese que implícitamente el DEA parte de diferencias como la tecnología, las cuales servirán de base para crear la frontera eficiente. Las ineficiencias tecnológicas arrojarán indirectamente (mediante una mayor utilización de insumos o una menor producción) la posición relativa de una DMU respecto de la frontera.

Como lo resaltan Rodríguez Pardina, Rossi y Ruzzier (1999), el DEA al ser un método no paramétrico, permite no imponer una forma funcional a los datos seleccionados. Por tanto, el DEA no asume ningún supuesto de la distribución del término de error. Esta, quizá, es la fortaleza del DEA frente a los métodos paramétricos: no asumir distribución alguna del término de error, lo cual permite mayor flexibilidad frente a la estimación de la frontera. Para el caso particular de la metodología DEA aplicada a las funciones de costos, un par de ventajas adicionales de utilizarlas son:

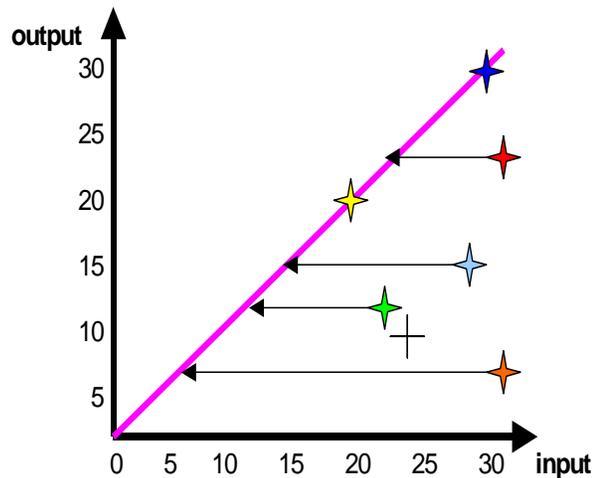
- Proporcionar flexibilidad en el evento en el que se necesite determinar situaciones en las cuales la firma produce más de un producto.
- Permite realizar inferencias acerca de la eficiencia técnica y la de asignación, frente a la función de producción que solo permite realizar inferencias acerca de ineficiencia técnica.

A continuación se describen los principales modelos de DEA.

4.4.1.2.1. Modelo con retornos constantes a escala (CCR)

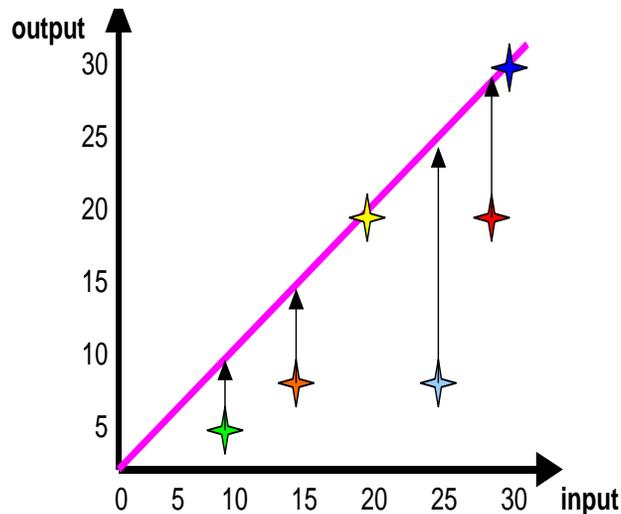
Este modelo permite orientar la aproximación a la frontera a través de la minimización del input o maximización del output bajo retornos constantes a escala. La forma de la superficie envolvente es una línea recta que parte del origen, indicando que este modelo aplica para unidades que presenten retornos constantes a escala. La forma de la envolvente y el "movimiento" que deben realizar las ineficientes, se observa en la figura, para el CCR con orientación a minimizar input:

Figura 16. Retornos constantes a escala orientados al input



Fuente: Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2004.

Figura 17. Retornos constantes a escala orientados al output

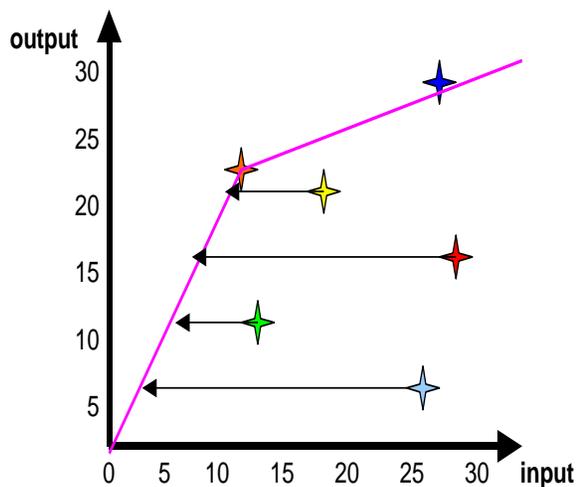


Fuente: Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2004.

4.4.1.2.2. Modelo retornos variables a escala (BCC)

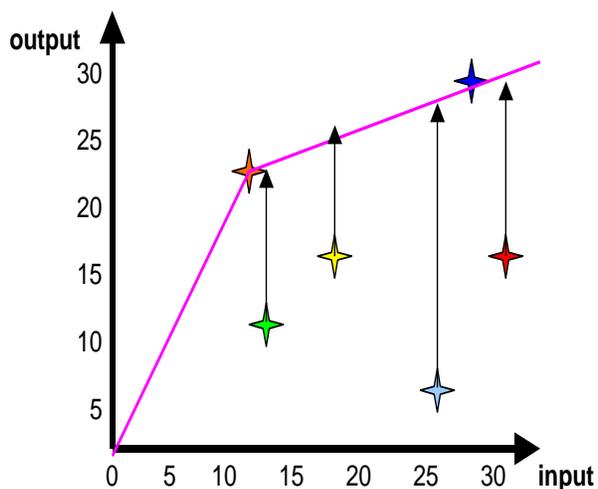
El BCC es el modelo usado cuando se suponen retornos variables a escala. En una orientación por input, se maximiza el movimiento hacia la frontera a través de reducciones proporcionales de los inputs. En una orientación por output se maximiza el movimiento proporcionalmente a los aumentos de los outputs, tal como se observan en las siguientes figuras:

Figura 18. Retornos variables a escala orientados al input



Fuente: Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2004.

Figura 19. Retornos variables a escala orientados al output



Fuente: Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2004.

4.4.2. Análisis de eficiencia de la implementación de reservas marinas en Isla Natividad

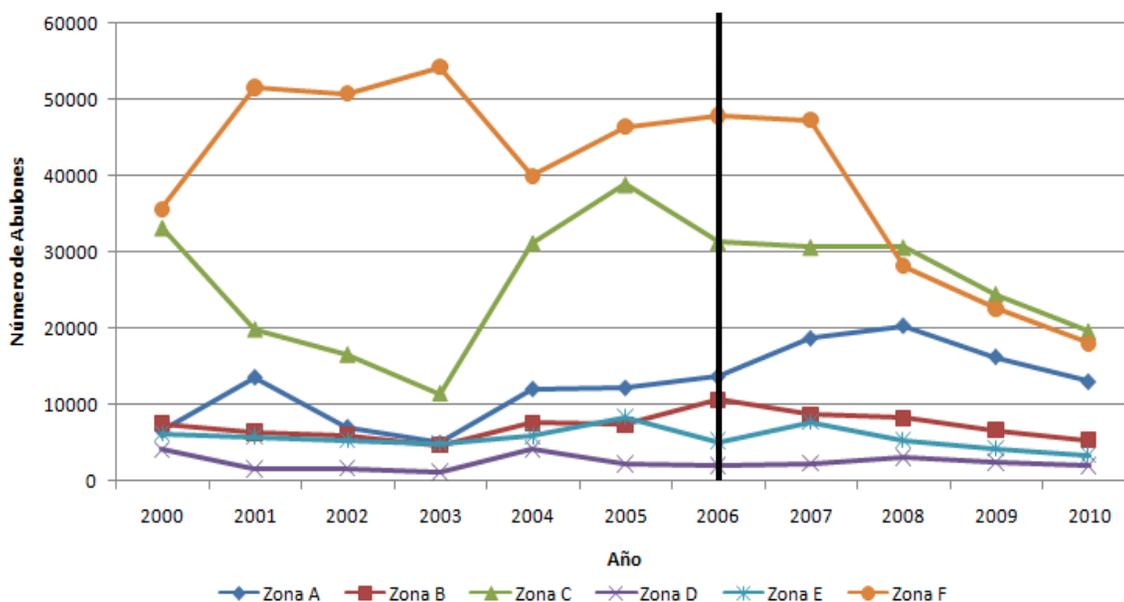
Esta sección realiza un análisis de eficiencia de la pesquería de abulón antes y después de la implementación del proyecto piloto reservas marinas en Isla Natividad. En tal sentido, se estudia la evolución de algunas variables antes y después del año 2006, año que se implementó las reservas. Se considera que la variación en dichas variables sólo se debe a la implementación de la reserva marina ya que no existe otra política, otras variables u otro efecto visible que pueda afectar a ciertas zonas o bloques y que pueda determinar cambios entre ellos. El análisis se realiza a dos niveles: i) A nivel de zona y ii) a nivel de bloque.

4.4.2.1. Análisis de eficiencia a nivel de zona

4.4.2.1.1. Eficiencia relativa

Como ya se indicó y se observa en la Figura 2 (*Isla Natividad con sus respectivas zonas y bloques de pesca*), el área que tiene concesionada la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Buzos y Pescadores de Isla Natividad está dividida en 6 zonas (A, B, C, D, E y F). Tanto la zona A como la E, presentan bloques completamente cerrados a la pesca destinados como reservas marinas desde el año 2006 (A5, E3 y E4). Para lo cual, esta sección realiza un análisis de eficiencia a nivel de bloque para ver la evolución de la implementación de las reservas marinas.

Figura 20. Evolución de las capturas antes y después de la implementación de las reservas marinas a nivel zona de pesca

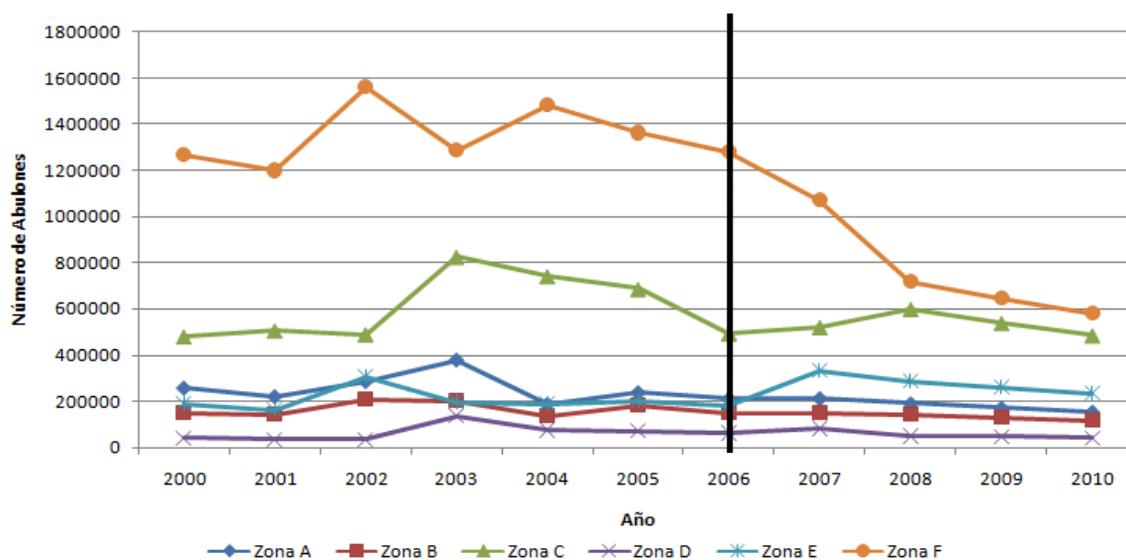


Fuente: Elaboración Propia, 2011.

Se observa en la anterior figura, la evolución de las capturas de abulón en las distintas zonas de pesquería de Isla Natividad. Se observa que la zona “A”, donde se tiene

implementada una reserva marina entre los cinco bloques que tiene, las capturas vienen en aumento hasta el año 2006, mientras que en el resto de zonas disminuyen o se mantienen constantes. En el caso de la zona “E”, que presenta dos reservas de los cuatro bloques que la conforman, las capturas en promedio casi se mantienen constantes, al igual que las zonas de pesca o no reserva “B” y “D”. Llama la atención lo que sucede en las zonas “C” y “F”, en ambas las capturas en los primeros años de la década empiezan a incrementar y luego presentan un gran caída, especialmente el bloque “F”.

Figura 21. Evolución de la biomasa antes y después de la implementación de las reservas marinas a nivel zona de pesca

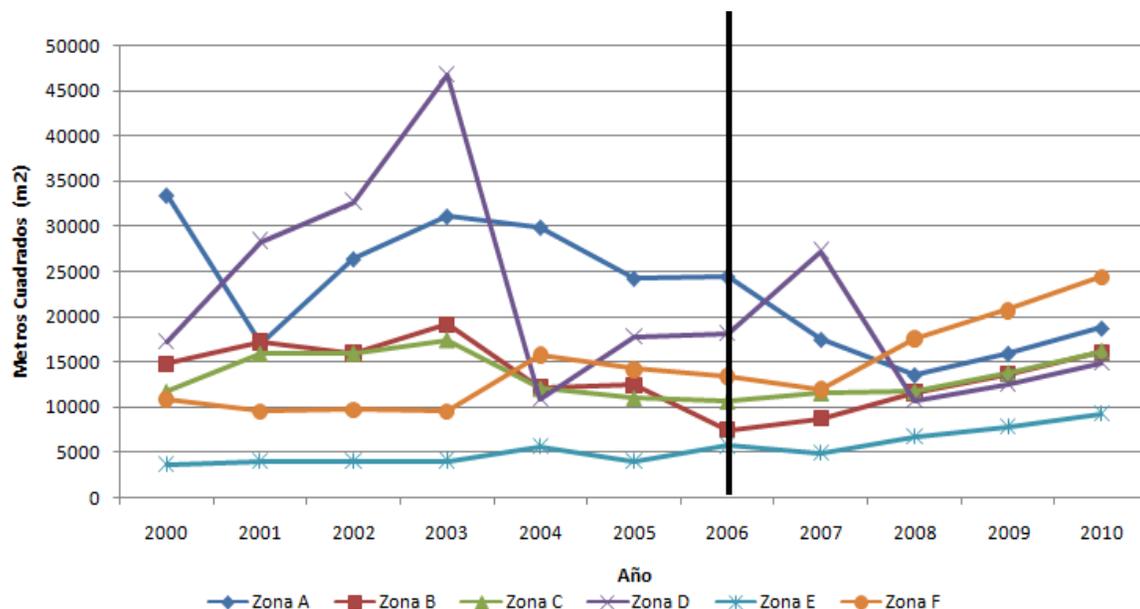


Fuente: Elaboración Propia, 2011.

Al analizar la evolución de la biomasa de las diferentes zonas concesionadas a la Cooperativa, se observa que cinco zonas en promedio tienen un aumento o mantienen la biomasa de principios de la década, la zona con mayor crecimiento es la “C”. En el caso de la zona “A”, la biomasa presenta en promedio un incremento del 3%; mientras que la zona “E” un incremento del 35%. Con lo cual se puede afirmar, que las zonas que dentro de sus bloques presentan reservas marinas tienen un crecimiento tanto en capturas como en biomasa.

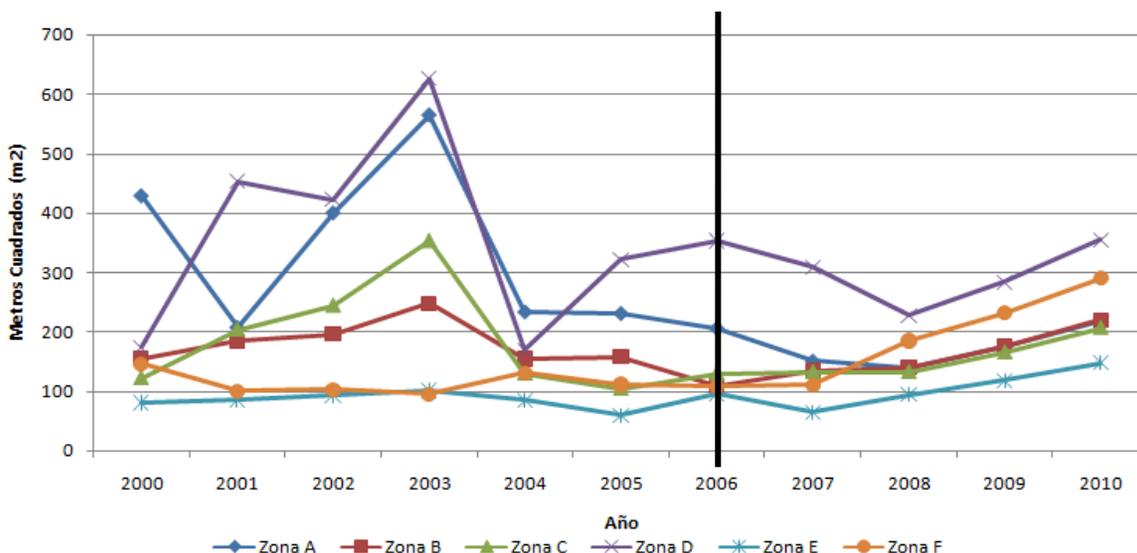
Al considerar los metros cuadrados por marea utilizados para la captura de abulón (Figura 22), se observa que las zonas “B”, “C” y “F” con el paso de los años van incrementando; es decir, cada temporada que pasa necesitan recorrer más metros cuadrados para realizar una marea. En el caso de “A” y “E”, se evidencia en el primer caso que cada temporada que pasa, se recurre a menos metros cuadrados para realizar una marea hasta el año 2008. En el caso de la zona “E”, desde el 2006 se viene incrementando los metros por marea, aunque no en gran medida, es importante indicar que dicha zona siempre fue y es la que menor metros cuadrados se requiere para realizar una unidad de esfuerzo. Se podría indicar que es la zona más eficiente en ese sentido, pero lo importante también es observar el número de capturas por metro cuadrado.

Figura 22. Metros cuadrados (m²) realizados por marea antes y después de la implementación de las reservas marinas a nivel de zona de pesca



Fuente: Elaboración Propia, 2011.

Figura 23. Metros cuadrados (m²) realizados por captura antes y después de la implementación de las reservas marinas a nivel zona de pesca

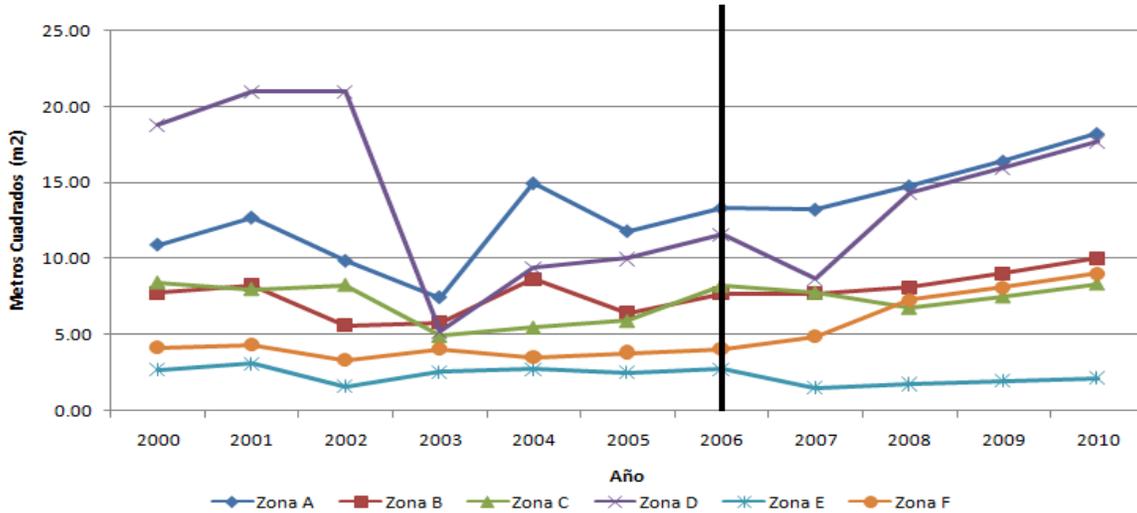


Fuente: Elaboración Propia, 2011.

En el caso del número de metros cuadrados por captura (Figura 23), se observa que la zona más productiva es la “E”, zona que presenta dentro de sus bloques dos destinados a reservas marinas. Por lo tanto, se puede indicar, que dicho bloque además de ser el más eficiente por metros cuadrados por marea, también lo es para metros cuadrados por captura. De igual forma, se observa que la otra zona que presenta una reserva marina dentro de sus bloques, zona “A”, a partir del 2005 requiere de menos metros cuadrados para realizar una captura

hasta el año 2008. En tal sentido, se podría argumentar que las zonas donde se implementó la reserva tienen algunos beneficios en términos de capturas y unidades de esfuerzo.

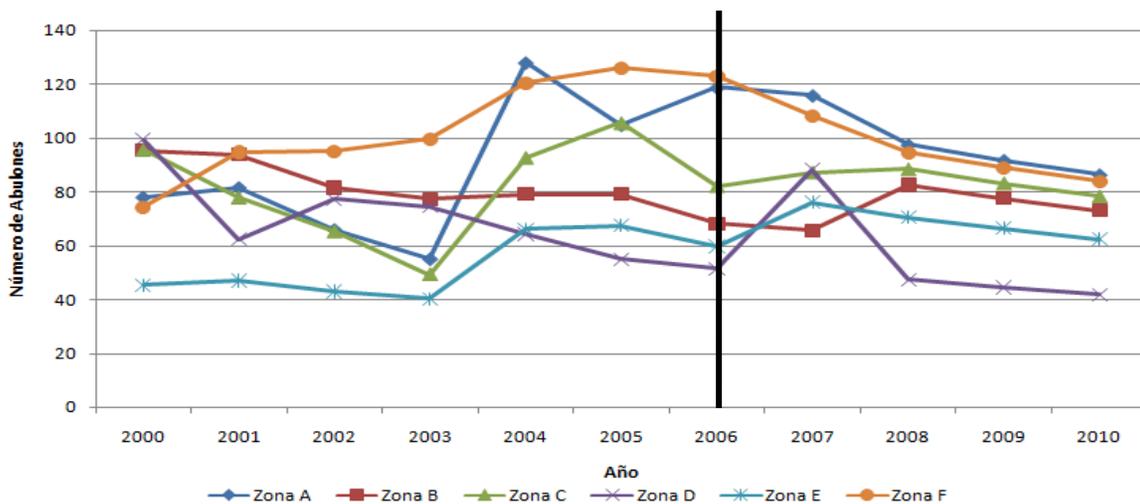
Figura 24. Metros cuadrados (m²) por biomasa antes y después de la implementación de las reservas marinas a nivel de zona de pesca



Fuente: Elaboración Propia, 2011.

Cuando se observan los metros cuadrados por biomasa o los metros cuadrados que se necesitan para hallar un individuo abulón (Figura 24), se identifica que la zona “E” es la más productiva. En cambio, la zona “A” es la menos productiva. Todas las zonas, excepto la zona “E” con el pasar de las temporadas se vuelven menos productivas. Llama la atención cómo las zonas “F” y “D” que antes del 2006 mantenía casi constante los metros cuadrados para hallar un individuo, para después ir aumentando en gran medida. En el caso de las zonas “B” y “C”, las tendencias antes y después del 2006 son casi iguales.

Figura 25. Captura por unidad de esfuerzo (CPUE) antes y después de la implementación de las reservas marinas a nivel zona de pesca

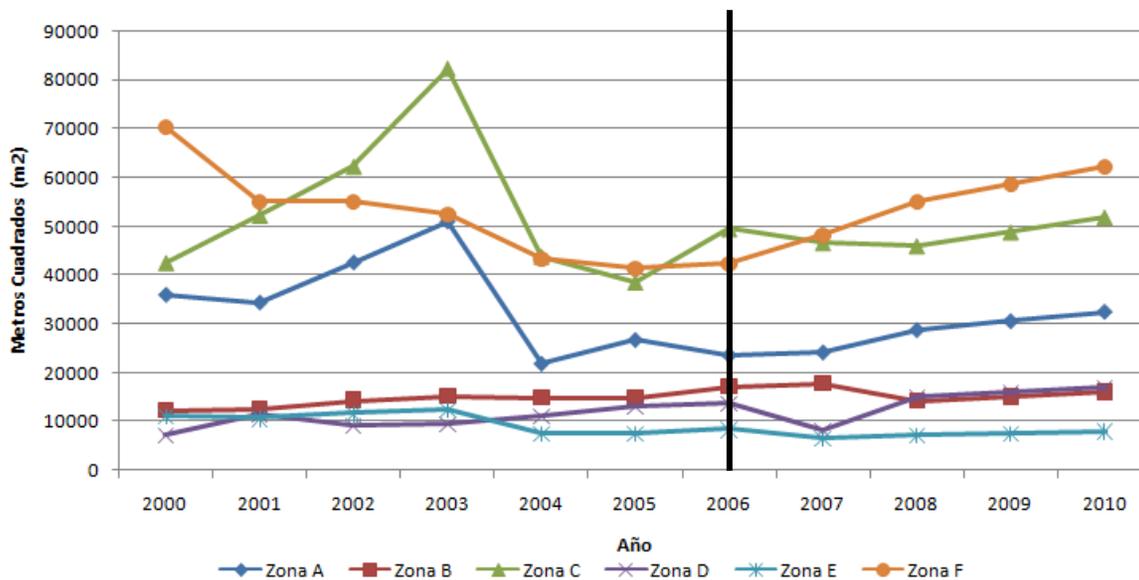


Fuente: Elaboración Propia, 2011.

La medida de captura por unidad de esfuerzo (CPUE) representa cuántas capturas de abulón se pueden hacer por una marea realizada por los pescadores. Al analizar esta medida para las diferentes zonas, se observa que en el caso de la zona “F” presenta un gran descenso ya desde antes del año 2006. En cambio, la zona “E” desde dicho año va presentando un repunte. Similar situación presenta la zona “A”, aunque los últimos años presenta un descenso considerable.

La medida de CPUE puede representar información de que tan eficiente es una zona, pero en ese caso no se está tomando en cuenta el tamaño de la zona, aspecto que puede cambiar en cierta medida los resultados de la figura 26. Al originar la medida metros cuadrados por captura por unidad de esfuerzo, se busca encontrar el número de metros cuadrados que se necesita para realizar un cierto número de capturas por una marea realizada por los pescadores. Es una medida mucho más exacta que la CPUE ya que involucra el tamaño de la zona en el cual se realiza las actividades pesqueras.

Figura 26. Metros cuadrados (m²) por CPUE antes y después de la implementación de las reservas marinas a nivel zona de pesca



Fuente: Elaboración Propia, 2011.

En tal medida, la figura 26 presenta que la zona más eficiente es la “E”. Es decir, dicha zona es aquella que requiere el menor número de metros cuadrados para realizar cierto número de capturas por cada marea realizada. Por ejemplo, para el año 2008 la zona “E” requiere aproximadamente 9 mil metros cuadrados para realizar una CPUE; mientras que la zona “F” requiere 55 mil metros cuadrados. De igual forma, se observa que la zona “A” (la cual presenta un bloque de reserva marina dentro su la zona) requiere menos metros cuadrados para una CPUE desde la implementación de la reserva marina. En otras palabras, se puede argumentar que las zonas en las cuales se implementó reservas marinas son más eficientes en comparación con las otras zonas, en especial la zona “E”.

Se puede calcular eficiencias relativas entre las diferentes zonas y para diferentes variables, creando con esto medidas de eficiencia.

Tabla 34. Eficiencia relativa del esfuerzo y de metros cuadrados (m²) por esfuerzo

	MAREA					
Año	A	B	C	D	E	F
2000	0.18	0.16	0.72	0.09	0.28	1.00
2001	0.31	0.13	0.47	0.05	0.23	1.00
2002	0.20	0.14	0.48	0.04	0.23	1.00
2003	0.17	0.11	0.43	0.03	0.22	1.00
2004	0.28	0.29	1.00	0.19	0.26	0.99
2005	0.32	0.26	1.00	0.11	0.33	1.00
2006	0.30	0.40	0.98	0.10	0.22	1.00
2007	0.37	0.31	0.81	0.06	0.23	1.00
2008	0.60	0.29	1.00	0.19	0.22	0.86
Año	METROS CUADRADOS POR MAREA					
2000	9.10	4.04	3.18	4.70	1.00	2.97
2001	4.20	4.27	3.94	7.03	1.00	2.39
2002	6.58	3.98	3.98	8.15	1.00	2.44
2003	7.60	4.67	4.26	11.41	1.00	2.35
2004	5.32	2.17	2.15	1.94	1.00	2.81
2005	5.96	3.07	2.71	4.36	1.00	3.50
2006	4.25	1.31	1.85	3.16	1.00	2.34
2007	3.56	1.80	2.36	5.56	1.00	2.45
2008	2.03	1.74	1.76	1.61	1.00	2.64

Fuente: Elaboración Propia, 2011.

La prueba de correlación de Spearman muestra en ambas variables, que los cambios ocurridos en los puntajes de eficiencia después de la implementación de la reserva marina, son significativos estadísticamente (Anexo 3).

La Tabla 34 presenta un resumen de la evolución de las eficiencias relativas para las variables marea y metros cuadrados por marea para el periodo de años 2000-2008. Para construir dichas variables, se emplea los siguientes pasos:

1. Para cada año se toma el valor máximo (o mínimo, dependiendo si la variable a estudiar debe ser máxima o mínima) de la variable a estudiar de todas las zonas que sirve como referencia para las demás zonas.
2. Seguidamente, se divide el valor de la variable de las demás zonas entre el valor de la variable referencia seleccionada en el punto anterior.

Por ejemplo, en el caso de la variable marea, cada zona de pesca busca tratar de obtener el mayor número de mareas posibles en el año con la finalidad de obtener mayor captura de abulón. En este caso, se seleccionó aquella zona que tiene el mayor número de mareas en

un año y sirvió como referencia para el resto de zonas en ese año. La siguiente fórmula resume el cálculo:

$$Ef_{Mareas} = \frac{\text{Mareas de la zona "i" en la temporada "j"}}{\text{Zona con mayor número de mareas en la temporada "j"}}$$

Si se considera como medida de eficiencia el número de mareas realizadas, se observa que la zona “F” debería ser considerada como la más productiva o donde se realizó el mayor esfuerzo pesquero, seguida por la zona “C”. Un dato importante es la evolución de la eficiencia relativa para aquellas zonas que presentan dentro de sus bloques alguno destinado a reserva marina. Para el caso de la zona “A” se observa que luego de la implementación de la reserva marina (desde el año 2006) el puntaje que obtiene de eficiencia relativa va en aumento hasta terminar en un 60%. No pasa lo mismo con la otra zona que tiene presencia de reserva marina dentro de sus bloques, el puntaje de la zona “E” disminuye a lo largo de las temporadas.

Otra forma de tratar de medir la eficiencia relativa es a través de la variable metros cuadrados por marea, es decir cuánto espacio de la zona se necesitó para realizar una marea. En este caso, dado que la variable se debe minimizar, se escoge el valor menor de todas las zonas y que sirve como zona de referencia para las otras. La fórmula siguiente resume el cálculo:

$$Ef_{M^2 \text{ Marea}} = \frac{M^2 \text{ por Mareas de la zona "i" en la temporada "j"}}{\text{Zona con menor } M^2 \text{ por mareas en la temporada "j"}}$$

En este caso, aquella zona que presente el valor de uno (1) es la más eficiente y las más ineficientes serán aquellas que están más alejadas. En este caso, se observa que la zona “E” es la más eficiente para todas las temporadas analizadas; es decir, la que utiliza el menor número de metros cuadrados para realizar una marea (zona que tiene dentro de sus bloques reservas marinas). Es importante observar la evolución de puntaje de eficiencia relativa de la zona “A” (también presenta reserva marina dentro sus bloques), empezando con un puntaje de 9,1 termina en 2,03; teniendo las mayores reducciones desde el año 2006.

Si se trata de medir la eficiencia a través del número de capturas, la zona con mayor número de ellas será la zona referencia para el resto de ellas. La siguiente fórmula resume el cálculo de la primera parte de la Tabla 35. Aquella zona con valor igual a uno es la zona de referencia, por ende la más eficiente y las que estén más alejadas las menos eficientes.

$$Ef_{capturas} = \frac{\text{Capturas de la zona "i" en la temporada "j"}}{\text{Zona con mayor número de capturas en la temporada "j"}}$$

Tabla 35. Eficiencia relativa de la captura y metros cuadrados (m²) por captura

	CAPTURA					
Año	A	B	C	D	E	F
2000	0.18	0.21	0.93	0.11	0.17	1.00
2001	0.26	0.12	0.39	0.03	0.11	1.00
2002	0.14	0.12	0.33	0.03	0.11	1.00
2003	0.09	0.09	0.21	0.02	0.09	1.00
2004	0.30	0.19	0.78	0.10	0.15	1.00
2005	0.26	0.16	0.84	0.05	0.18	1.00
2006	0.29	0.22	0.65	0.04	0.11	1.00
2007	0.39	0.19	0.65	0.05	0.16	1.00
2008	0.66	0.27	1.00	0.10	0.17	0.92
Año	METROS CUADRADOS POR CAPTURA					
2000	5.28	1.92	1.51	2.14	1.00	1.81
2001	2.42	2.14	2.38	5.28	1.00	1.18
2002	4.28	2.10	2.62	4.53	1.00	1.10
2003	5.85	2.56	3.66	6.48	1.05	1.00
2004	2.75	1.81	1.53	1.99	1.00	1.54
2005	3.84	2.62	1.73	5.35	1.00	1.87
2006	2.14	1.14	1.35	3.67	1.00	1.13
2007	2.34	2.08	2.05	4.78	1.00	1.72
2008	1.47	1.49	1.40	2.40	1.00	1.97

Fuente: Elaboración Propia, 2011.

La prueba de correlación de Spearman muestra en ambas variables, que los cambios ocurridos en los puntajes de eficiencia después de la implementación de la reserva marina, son significativos estadísticamente (Anexo 3).

Se puede observar que en la mayoría de temporadas, la zona “F” es la más eficiente si sólo se toma en cuenta el número de capturas (además dicha zona es la más extensa a nivel de m²), seguida por la zona “C”. Se percibe que la zona “E” tanto antes y después de la implementación de la reserva marina mantiene casi constante su puntaje de eficiencia. Caso contrario a lo que sucede con la zona “A”, la cual después del año 2006 empieza a incrementar su participación en el número de capturas.

Sin embargo, esta medida puede ser engañosa si no se toma en cuenta el tamaño del terreno en el cual se realizan las capturas. En ese sentido, la anterior Tabla también presenta los puntajes de eficiencia relativa cuando se considera los metros cuadrados de la zona. Al introducir esa modificación se observa que la zona más productiva o más eficiente es la zona “E”. Es decir, la zona “E” es aquella en la cual se necesita el menor número de metros cuadrados para realizar una captura de abulón, esto tanto antes como después de la implementación de la reserva marina dentro sus bloques de pesca.

$$Ef_{M^2 \text{ Captura}} = \frac{M^2 \text{ por capturas de la zona "i" en la temporada "j"}}{\text{Zona con menor } M^2 \text{ por capturas en la temporada "j"}}$$

En ese sentido, también se observa el comportamiento de la zona “A” que con el pasar de las temporadas va necesitando de menos metros cuadrados para una captura. Otra zona que es eficiente o muy productiva es la zona “F”, que a pesar de ser la más extensa en tamaño, es la segunda que necesita menos metros cuadrados para realizar alguna captura.

Otra variable que sirve para medir esa eficiencia relativa es la biomasa y los metros cuadrados por biomasa (Tabla 36). En el primer caso se busca aquella zona que presente mayor biomasa y que servirá como zona de referencia para el resto:

$$Ef_{biomasa} = \frac{\text{Biomasa de la zona "i" en la temporada "j"}}{\text{Zona con mayor número de biomasa en la temporada "j"}}$$

Tabla 36. Eficiencia relativa de la biomasa y metros cuadrados (m²) por biomasa

	BIOMASA					
Año	A	B	C	D	E	F
2000	0.20	0.12	0.38	0.03	0.15	1.00
2001	0.18	0.12	0.42	0.03	0.14	1.00
2002	0.18	0.13	0.31	0.02	0.20	1.00
2003	0.29	0.16	0.64	0.11	0.15	1.00
2004	0.13	0.09	0.50	0.05	0.12	1.00
2005	0.17	0.13	0.50	0.05	0.15	1.00
2006	0.16	0.12	0.39	0.05	0.14	1.00
2007	0.20	0.14	0.49	0.08	0.31	1.00
2008	0.27	0.20	0.84	0.07	0.40	1.00
Año	METROS CUADRADOS POR BIOMASA					
2000	4.07	2.89	3.14	7.00	1.00	1.54
2001	4.11	2.67	2.59	6.78	1.00	1.41
2002	6.03	3.45	5.05	12.83	1.00	2.05
2003	2.92	2.29	1.92	2.04	1.00	1.59
2004	5.55	3.21	2.02	3.48	1.00	1.31
2005	4.72	2.58	2.36	3.99	1.00	1.53
2006	4.91	2.84	3.02	4.27	1.00	1.51
2007	8.72	5.10	5.12	5.70	1.00	3.22
2008	8.46	4.65	3.87	8.21	1.00	4.18

Fuente: Elaboración Propia, 2011.

La prueba de correlación de Spearman muestra en ambas variables, que los cambios ocurridos en los puntajes de eficiencia después de la implementación de la reserva marina, son significativos estadísticamente (Anexo 3).

Al observar la primera parte de la Tabla anterior, se evidencia que la zona “F” seguida de la zona “C” son las más eficientes con respecto a la variable biomasa. Mientras que las zonas “A” y “E” van aumentando su puntaje, en especial desde el año 2006. La segunda medida de eficiencia relativa es cuántos metros cuadrados se necesita para encontrar un individuo

abulón o biomasa. En este caso, se busca aquella zona que presente el menor número de metros cuadrados como referencia para el resto. Representada por la siguiente fórmula:

$$Ef_{M^2 \text{ Biomasa}} = \frac{M^2 \text{ por biomasa de la zona "i" en la temporada "j"}}{\text{Zona con menor } M^2 \text{ por biomasa en la temporada "j"}}$$

Para esta medida, se observa que la zona “E” de lejos es la más eficiente, es bueno indicar que dicha zona presenta dentro de sus bloques reservas marinas. Dicha zona es la más eficiente tanto antes como después de la implementación de la reserva. Sin embargo, llama mucho la atención lo que sucede con la zona “A”, ya que con el pasar de las temporadas se va volviendo menos eficiente con respecto a las otras zonas, es decir se necesitan cada vez más metros cuadrados para poder hallar un individuo abulón.

Tabla 37. Eficiencia relativa de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE)

Año	CAPTURA POR UNIDAD DE ESFUERZO (CPUE)					
	A	B	C	D	E	F
2000	0.78	0.96	0.96	1.00	0.46	0.75
2001	0.86	0.99	0.82	0.66	0.50	1.00
2002	0.69	0.86	0.69	0.81	0.45	1.00
2003	0.55	0.78	0.49	0.75	0.40	1.00
2004	1.00	0.62	0.72	0.50	0.52	0.94
2005	0.83	0.63	0.84	0.44	0.54	1.00
2006	0.96	0.55	0.67	0.42	0.49	1.00
2007	1.00	0.57	0.75	0.76	0.66	0.94
2008	1.00	0.85	0.91	0.49	0.72	0.97

Fuente: Elaboración Propia, 2011.

La prueba de correlación de Spearman muestra que los cambios ocurridos en los puntajes de eficiencia después de la implementación de la reserva marina, son significativos estadísticamente (Anexo 3).

Finalmente, se puede estimar los puntajes de eficiencia relativa para la variable captura por unidad de esfuerzo (CPUE), para lo cual se busca aquella zona que presente el mayor valor de CPUE como referencia y comparación para el resto de zonas de pesca que tiene concesionada la Cooperativa. La fórmula en este caso es:

$$Ef_{CPUE} = \frac{CPUE \text{ de la zona "i" en la temporada "j"}}{\text{Zona con mayor número de CPUE en la temporada "j"}}$$

La Tabla 37 resumen dichos puntajes, en ellos se observa que las zonas “F” y “A” son las más eficientes con respecto al resto de zonas. Es decir, en ellas se presentan las mayores capturas por cada unidad de esfuerzo pesquero empleado, en este caso por cada marea. Lo que es importante observar es que aquellas zonas donde se ubican las reservas marinas desde el año 2006 vienen presentando un mejoramiento de sus puntajes de eficiencia relativa, que en el caso de la zona “A” ya los años 2007 y 2008 tiene el puntaje de eficiencia perfecto con respecto a las demás zonas; mientras que la zona “E” viene incrementando hasta alcanzar en el último periodo el valor de 0,72.

4.4.2.1.2. Análisis envolvente de datos (DEA) para las zonas de captura de Isla Natividad

Ya se evidenció en la sección anterior que a través de la estimación de puntajes de eficiencia relativa, zonas donde se implementaron en sus bloques reservas marinas, presentan buena evolución de variables como metros cuadrados por marea, metros cuadrados por captura, metros cuadrados por biomasa (sólo en el caso de la zona “E”) y captura por unidad de esfuerzo. En esta sección, se desarrolla un estudio de eficiencia a través del análisis envolvente de datos (DEA), en el cual la estimación de los puntajes de eficiencia no solo considera una variable para comparar entre zonas, sino se desarrolla un modelo que considera varias variables para estimar dichos puntajes.

El análisis DEA busca estimar una frontera de eficiencia en la cual se ubica a aquellas zonas que son eficientes en un cien por ciento (100%) y el resto de zonas se ubican por debajo de dicha frontera. Se realizaron varios modelos con diversas variables, pero al final se escogió el modelo que considera aquellas variables que fueron consideradas en la sección anterior de eficiencia relativa.

El modelo final considera las siguientes variables:

- a. *Metros cuadrados por captura*: Esta variable entra al modelo como output ya que representa el producto final que buscan los pescadores de Isla Natividad (output).
- b. *Metros cuadrados por marea*: Esta variable entra al modelo como input o insumo que los pescadores de la Isla pueden controlar, es decir ellos pueden incrementar o disminuir el número de mareas y por ende variar el valor de la variable metros cuadrados por marea (controlled input).
- c. *Metros cuadrados por biomasa*: Dicha variable entra al modelo como input o insumo que determina la cantidad posible de capturas que podrán realizar los pescadores de Isla Natividad. En este caso, esta variable no es controlable por el pescador ya que no tiene poder de decisión sobre los metros cuadrados de la zona ni el nivel de biomasa (uncontrolled input).
- d. *Metros cuadrados de captura por unidad de esfuerzo*: Esta variable que mide el número de metros cuadrados que se necesita para realizar las capturas por cada marea ingresa al modelo como un insumo y como variable controlable, en el entendido que los pescadores de la Isla puede aumentar o disminuir el esfuerzo o las capturas (controlled input).

En el modelo utilizado para la estimación de los puntajes de eficiencia, se buscó minimizar los inputs o insumos (metros cuadrados por marea, metros cuadrados por biomasa y metros cuadrados de captura por unidad de esfuerzo) para producir la misma cantidad de output o producto (metros cuadrados por captura) bajo el supuesto de rendimientos constantes a escala.

La estimación de los puntajes de eficiencia se realizó para las temporadas de captura de abulón desde el año 2000 hasta el año 2008. Esto con la finalidad de ver la evolución de dichos puntajes y ver si existe algún cambio en ellos tras el establecimiento de reservas marinas en Isla Natividad, específicamente en las zonas “A” y “E” que presentan bloques dedicados a esta herramienta de gestión pesquera.

La Tabla 38 presenta los diferentes puntajes de las zonas consideradas para las diferentes temporadas. En ella se puede observar que tanto la zona “A” como la zona “E” presentan una buena evolución de sus puntajes.

En el caso de la zona “E”, se evidencia que para casi todos los años es la zona más eficiente de todas las zonas (con excepción del año 2005). Es aquella zona en la cual los insumos o inputs son mínimos con respecto al resto de zonas para tener la misma producción. Es decir, esta zona presenta los metros cuadrados por marea, metros cuadrados por biomasa y metros cuadrados de CPUE menores en forma conjunta para producir la misma cantidad de metros cuadrados por captura. Esto es un dato importante, ya que siempre tiene el mayor puntaje tanto antes como después de la implementación de la reserva. Es decir, el hecho de implementar una reserva marina entre sus bloques no le generó volverse ineficiente al momento de sus capturas.

En el caso de la zona “A”, las primeras temporadas presenta puntajes de eficiencia muy altos, que poco a poco se fueron reduciendo. Desde el año 2006 dichos valores empiezan a crecer hasta convertirse en la temporada 2008 en la tercera zona más eficiente. Con lo cual, también se comprueba que la implementación de reservas marinas no originó ineficiencia al momento de sus capturas.

Tabla 38. Puntajes de eficiencia para las diferentes zonas de captura de abulón en Isla Natividad para diferentes años

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Zona A	100	61.70	90.60	100	69.1	52.4	43.3	62.7	68.5
Zona B	90.4	63.70	100.00	82	81.4	69.5	75.4	100	66.4
Zona C	47.4	60.40	65.80	100	70.5	52.1	62.6	75.4	60.7
Zona D	100	100.00	100.00	100	100	100	100.0	100	100
Zona E	100	100.00	100.00	100	100	81.5	100.0	100	100
Zona F	89.5	49.60	45.20	40.4	100	43.6	41.8	64.5	63

Fuente: Elaboración Propia, 2011.

La prueba de correlación de Spearman muestra que los cambios ocurridos en los puntajes de eficiencia después de la implementación de la reserva marina, son significativos estadísticamente (Anexo 3).

En el caso de las zonas “B” y “C” se evidencia la misma tendencia en sus puntajes de eficiencia. Es decir, a comienzos de la década empiezan a crecer sus puntajes hasta cierta temporada para empezar a decrecer y terminar con puntajes entre 60 y 65. Estando en el grupo de zonas intermedias. La zona que llama la atención es la “F”, la cual a pesar de ser una de las zonas más extensa, presenta en la mayoría de temporadas, el menor puntaje de eficiencia, salvo el año 2004.

4.4.2.2. Análisis de eficiencia a nivel de bloque

4.4.2.2.1. Eficiencia relativa

El análisis de eficiencia a nivel de bloque para el recurso abulón en Isla Natividad (Tabla 39) se realiza a través de un análisis de eficiencia relativa; es decir, se ubica el bloque que tiene el mayor valor de la variable que se estudia y dicho bloque sirve de referencia para ver cómo están el resto de bloques. Por ejemplo, la primera variable que se considera para dicho análisis de eficiencia es *biomasa o número de abulones amarillos por cada caída* que realizan los buzos. Se tiene información desde el año 2000 hasta el año 2010, lo importante es analizar cómo va cambiando las variables con el paso de los años, y en especial el cambio que ocurre desde el año 2006, año donde se implementa las reservas marinas en la Isla.

Tabla 39. Número y nombre del bloque considerado para el análisis

Número de Bloque	Nombre del Bloque
AI	Anegados
AII	Barrita Anegados
AIII	Barrita Novillo
AIV	Cagadas del Novillo
AV	Punta Prieta (Reserva Marina)
AVI	La Guanera Norte y Sur (Bloque de Referencia)
BI	Anegados Cabo Pruneda
BII	La Punta Cabo Pruneda
BIII	Punta María Costa
CI	El Tivo
CII	El Tivo y Morro Prieto
CIII	Morro Prieto
CIV	La Barrita
CV	El Cerro Alto
CVI	La Poza
CVII	Piedras Verdes
CVIII	Reventadora de Babencho (Bloque de Referencia)
DI	Babencho
EI	El Nido
EII	Las Cuevas
EIII	Las Cuevas - Los Muertos- Los Pangos (Reserva Marina)
EIV	La Plana (Reserva Marina)
F1	La Dulce Norte y Sur (Bloque de Referencia)
F2	El Placas
F3	El Raymundo
F4	Loma Linda
F5	En Medio
F7	El Triangulo
F8	La Chuparrosa

Número de Bloque	Nombre del Bloque
F9	La Vela
F10	Piedras Altas
F11	Piedra María
F12	La Sargacera
F13	Los Anegados Bajo

Fuente: Elaboración Propia, 2011.

Bloques celestes = Bloques de referencia o de control que sirven de comparación para estudiar la evolución de los bloques que son reserva marina

Bloques anaranjados = Reserva marina

La fórmula para estimar esta variable de eficiencia relativa de biomasa para las diferentes temporadas es la siguiente:

$$Ef_{Bio} = \frac{\text{Número de abulones amarillos por caída en el bloque "i" de la temporada "j"}}{\text{Bloque con mayor número de abulones amarillos por caída en la temporada "j"}}$$

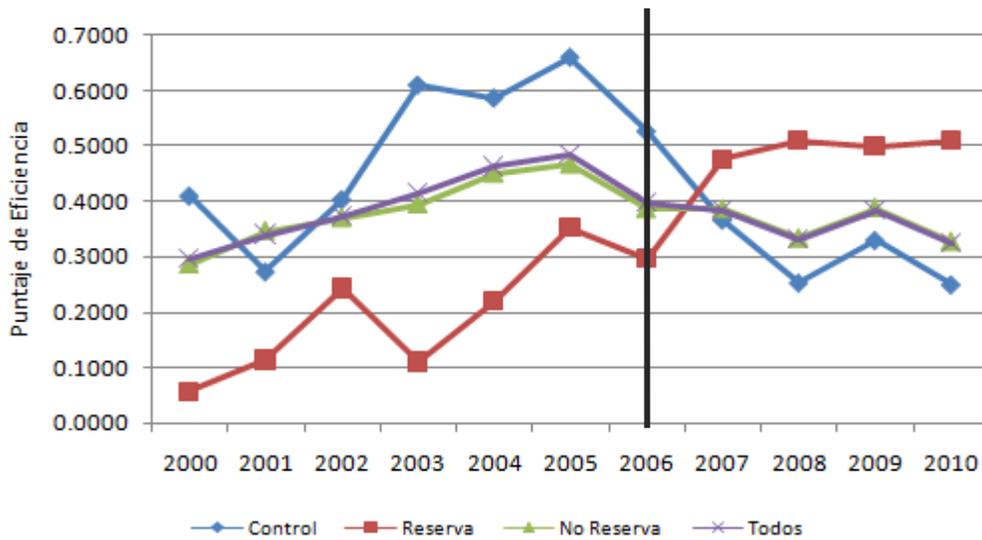
La figura 27 presenta la evolución de los puntajes de eficiencia relativa para el periodo de años 2000-2010. Se observa que el puntaje de eficiencia relativa para el grupo de bloques que conforman las reservas marinas desde el año 2006 empieza a aumentar, situación contraria a lo que sucede con el grupo de bloques que son considerados de control. Por lo tanto, se puede concluir que la implementación de reservas marinas ha originado que el número de abulones amarillos comparando entre todos los bloques sea mayor en aquellos bloques donde se estableció dicha medida de gestión pesquera.

La siguiente variable que se considera para observar la eficiencia de la implementación de una reserva marina es la talla promedio de abulón amarillo. Se calcula de la siguiente manera para los diferentes años:

$$Ef_{Talla} = \frac{\text{Talla promedio de abulón amarillo en el bloque "i" de la temporada "j"}}{\text{Bloque con mayor talla promedio de abulón amarillo en la temporada "j"}}$$

Similarmente, la Figura 28 demuestra que la implementación de reservas marinas en Isla Natividad generó un aumento en la talla promedio de abulón amarillo cuando se comparan los bloques con reserva y sin reserva. Los bloques donde se implementó la reserva, desde el año 2006, presentan puntajes de eficiencia relativa superiores a aquellos bloques donde no se implementó la reserva (tanto los bloques de control como lo de no reserva). Es decir, al comparar las tallas promedio entre bloques con y sin reserva, los puntajes de eficiencia relativa son mayores en el primer grupo de bloques (los bloques con reserva son los bloques que son de referencia para comparar con el resto de bloques ya que presentan los mayores valores de la variables que se estudia).

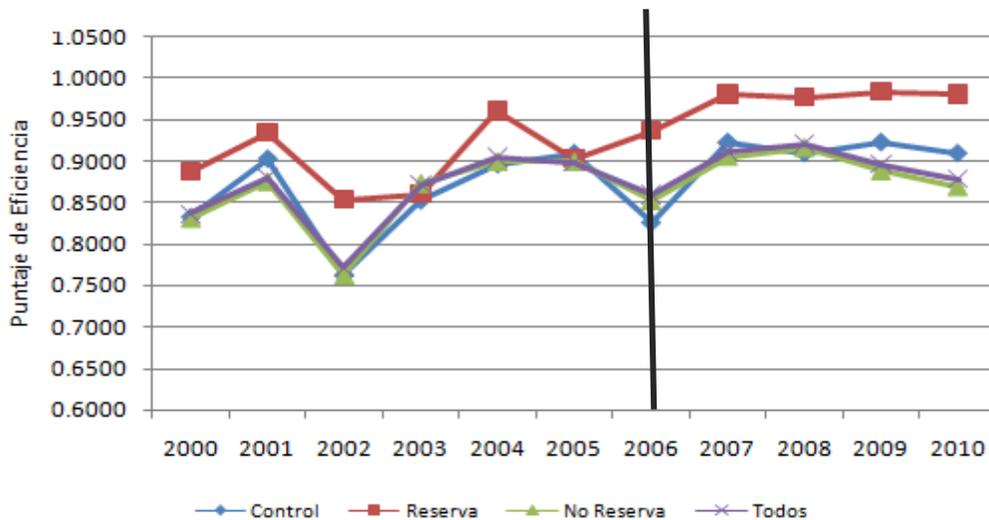
Figura 27. Puntaje de eficiencia relativa para los diferentes bloques de Isla Natividad tomando como variable de comparación la biomasa de abulón amarillo



Fuente: Elaboración Propia, 2011.

La prueba de correlación de Spearman muestra que los cambios ocurridos en los puntajes de eficiencia después de la implementación de la reserva marina, son significativos estadísticamente para el año 2006-2007 (Anexo 3).

Figura 28. Puntaje de eficiencia relativa para los diferentes bloques de Isla Natividad tomando como variable de comparación la talla promedio de abulón amarillo



Fuente: Elaboración Propia, 2011.

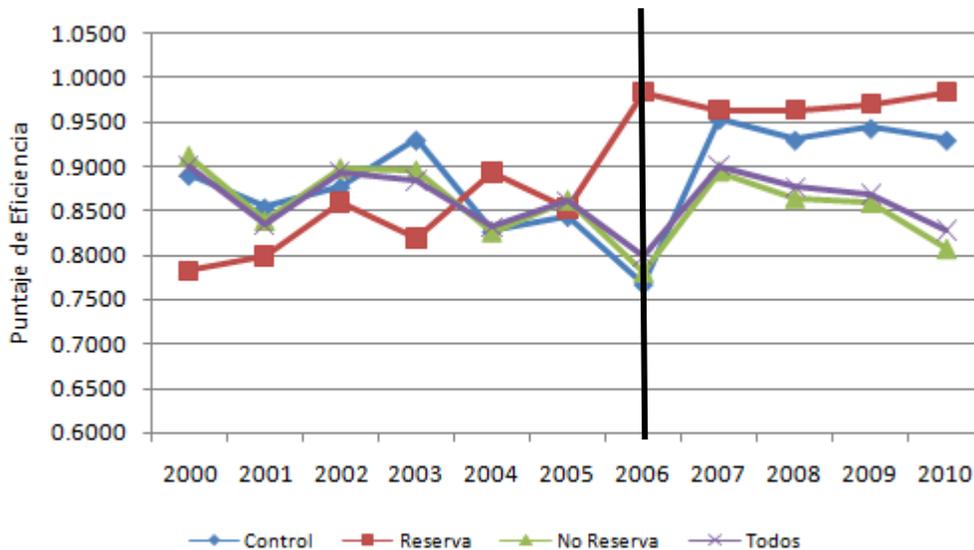
La prueba de correlación de Spearman muestra que los cambios ocurridos en los puntajes de eficiencia después de la implementación de la reserva marina, son significativos estadísticamente (Anexo 3).

Otra variable que reporta utilidad para medir la eficiencia del establecimiento de una reserva marina es la talla máxima de abulón amarillo. Al igual que con la anterior variable, es importante que a medida que pasan los años, los abulones sean más grandes y por ende generen mayores descendencias. Para este caso, se calcula de la siguiente forma:

$$Ef_{\text{Talla Máxima}} = \frac{\text{Talla máxima de abulón amarillo en el bloque "i" de la temporada "j"}}{\text{Bloque con mayor talla máxima de abulón amarillo en la temporada "j"}}$$

Los puntajes de eficiencia relativa para la talla máxima de abulón amarillo demuestra que los bloques con reserva marina presenta puntajes mayores a los bloques de control o no reserva especialmente a partir del año 2006 (Figura 29). Al igual que en las anteriores variables analizadas, la implementación de reservas marinas generó que en dichos bloques la talla máxima de un abulón promedio sea mayor en comparación con otros bloques.

Figura 29. Puntaje de eficiencia relativa para los diferentes bloques de Isla Natividad tomando como variable de comparación la talla máxima de abulón amarillo



Fuente: Elaboración Propia, 2011.

La prueba de correlación de Spearman muestra que los cambios ocurridos en los puntajes de eficiencia después de la implementación de la reserva marina, son significativos estadísticamente (Anexo 3).

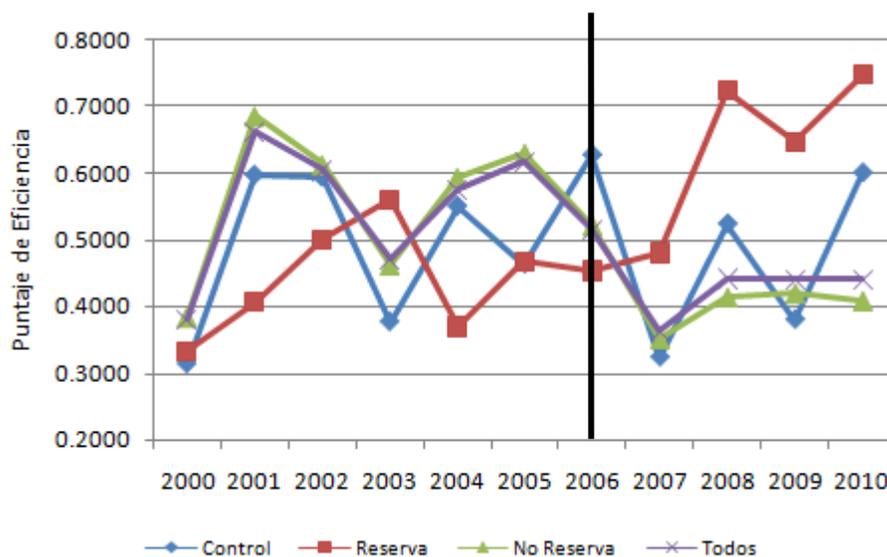
Por último, en el caso de variables que tiene que ver con el tamaño o talla del recurso, se considera el porcentaje de abulones amarillos que cumplen con la talla mínima (140 centímetros) para una posible captura como medida de eficiencia relativa para comparar los bloques de pesca. Se calcula de la siguiente manera:

$$Ef_{\text{Min}} = \frac{\% \text{ abulón amarillo que cumple con talla mínima bloque "i" de la temporada "j"}}{\text{Bloque con mayor \% abulón amarillo que cumple talla mn en la temporada "j"}}$$

En el caso de la variable porcentaje de abulón amarillo que cumple con la talla mínima de captura se observa que antes del año 2006, las áreas que no son reservas o las que se consideran de control siempre estaban con puntajes de eficiencia relativa mayor a los bloques de captura (Figura 30). Esa tendencia cambia a partir del año 2006 para adelante, ahora los bloques con reservas presentan puntajes de eficiencia mayores a los bloques de no reservas marinas. Como en las áreas marinas no se puede realizar capturas, los abulones amarillos con el paso de los años empiezan a cumplir en mayor número la talla mínima de

captura y se convierten en abulones de gran tamaño, con lo cual pueden generar una mayor descendencia y las larvas puedan emigrar a bloques conjuntos.

Figura 30. Puntaje de eficiencia relativa para los diferentes bloques de Isla Natividad tomando como variable de comparación el porcentaje de abulón amarillo que cumple con la talla mínima (140 centímetros)



Fuente: Elaboración Propia, 2011.

La prueba de correlación de Spearman muestra que los cambios ocurridos en los puntajes de eficiencia después de la implementación de la reserva marina, son significativos estadísticamente (Anexo 3).

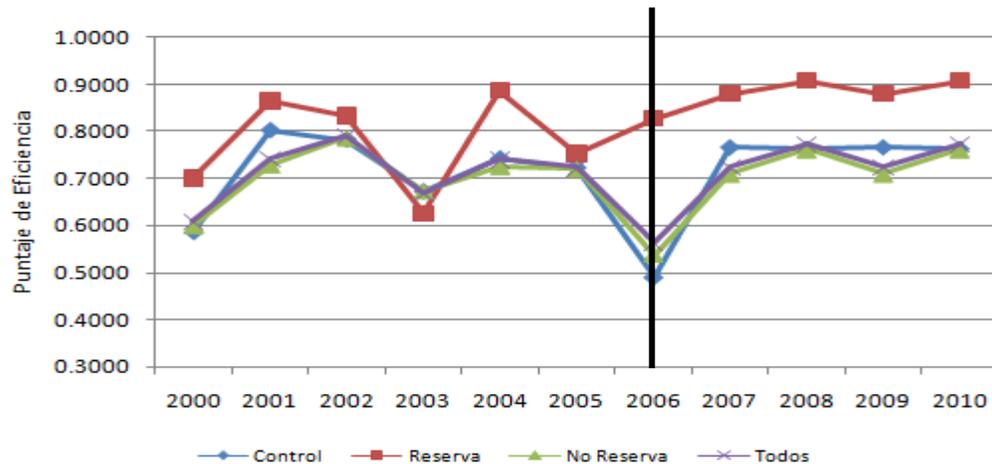
Finalmente, dentro las variables que se toman en cuenta para estimar la eficiencia relativa del abulón amarillo es el peso promedio, que se calcula de la siguiente manera:

$$E_{f_{\text{Peso}}} = \frac{\text{Peso promedio de abulón amarillo en el bloque "i" de la temporada "j"}}{\text{Bloque con mayor peso promedio de abulón amarillo en la temporada "j"}}$$

Al analizar los puntajes de eficiencia relativa para el peso promedio de abulón amarillo, se observa que tanto los bloques que son reserva y no reserva o de control presentan un incremento en sus puntajes; pero con mayor estabilidad para el caso de los bloques que son reservas marinas (Figura 31). Con esto también se confirma que el establecimiento de reservas marinas en bloques de Isla Natividad generan que los abulones amarillos presenten mayores medidas de peso y tamaño en comparación con lo bloques de control o de no reserva marina.

Se puede concluir que a través de las diferentes variables que se consideraron para medir la eficiencia relativa de abulón amarillo en Isla Natividad, se evidencia que el establecimiento de reservas marinas presenta resultados positivos, ya que dichos bloques presentan abulones amarillos más grandes y más pesados con respecto al resto de bloques. Así mismo, se evidenció que existen otros bloques que a pesar de tener actividades de captura del recurso, presentan puntajes de eficiencia mayores o iguales a los de las reservas marinas; es decir, tiene un gran potencial para ser reservas marinas en un futuro.

Figura 31. Puntaje de eficiencia relativa para los diferentes bloques de Isla Natividad tomando como variable de comparación peso promedio de abulón amarillo



Fuente: Elaboración Propia, 2011.

La prueba de correlación de Spearman muestra que los cambios ocurridos en los puntajes de eficiencia después de la implementación de la reserva marina, son significativos estadísticamente para el año 2006-2007 (Anexo 3).

De igual forma, se calcularon los diferentes puntajes de eficiencia para las variables analizadas para el abulón azul, las fórmulas para calcular dichos puntajes son las siguientes:

$$Ef_{Bio} = \frac{\text{Número de abulones azules por caída en el bloque "i" de la temporada "j"}}{\text{Bloque con mayor número de abulones azules por caída en la temporada "j"}}$$

$$Ef_{Talla} = \frac{\text{Talla promedio de abulón azul en el bloque "i" de la temporada "j"}}{\text{Bloque con mayor talla promedio de abulón azul en la temporada "j"}}$$

$$Ef_{Talla\ Máxima} = \frac{\text{Talla máxima de abulón azul en el bloque "i" de la temporada "j"}}{\text{Bloque con mayor talla máxima de abulón azul en la temporada "j"}}$$

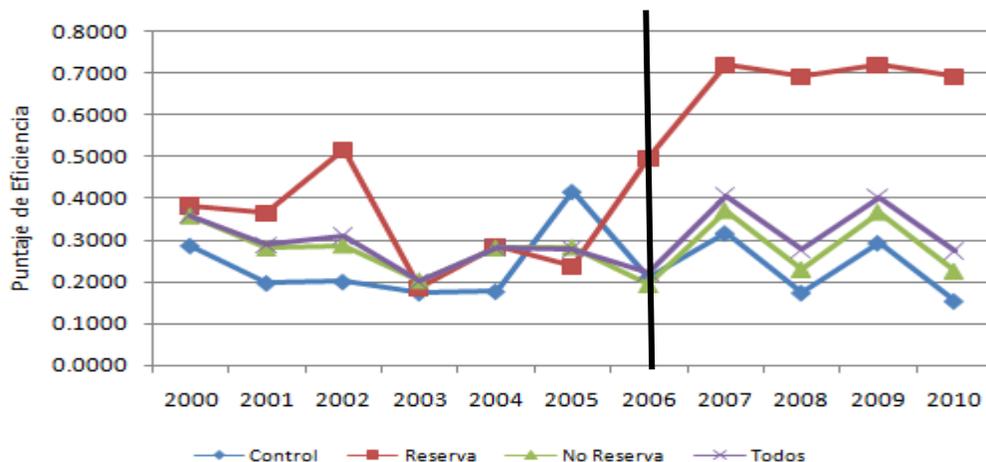
$$Ef_{Min} = \frac{\% \text{ abulón azul que cumple con talla mínima bloque "i" de la temporada "j"}}{\text{Bloque con mayor \% abulón azul que cumple talla mín en la temporada "j"}}$$

$$Ef_{Peso} = \frac{\text{Peso promedio de abulón azul en el bloque "i" de la temporada "j"}}{\text{Bloque con mayor peso promedio de abulón azul en la temporada "j"}}$$

Al observar la evolución de los puntajes de eficiencia relativa para la variable biomasa de abulón azul (Figura 32), se evidencia que los bloques con reservas marinas presentan unos puntajes de eficiencia relativa mayores con respecto a los bloques que no son reservas. La diferencia de los puntajes de eficiencia entre bloques con reserva y no reserva son significativos, demostrando que el establecimiento de una reserva marina genera que los abulones azules sean mayores en términos de número o abundancia que los bloques que no

son reserva. Desde el año 2006, los bloques de reservas marinas son los bloques que marcan la referencia para compararlos con los otros bloques.

Figura 32. Puntaje de eficiencia relativa para los diferentes bloques de Isla Natividad tomando como variable de comparación la biomasa de abulón azul

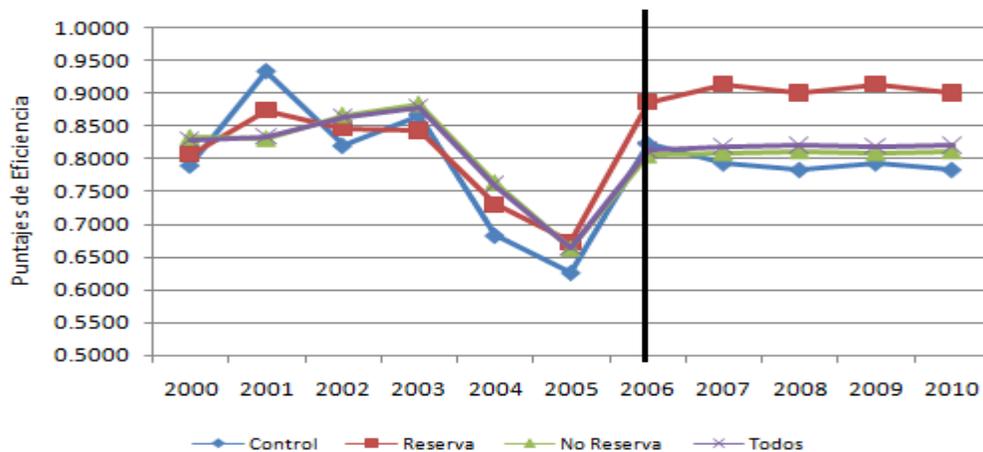


Fuente: Elaboración Propia, 2011.

La prueba de correlación de Spearman muestra que los cambios ocurridos en los puntajes de eficiencia después de la implementación de la reserva marina, son significativos estadísticamente (Anexo 3).

Al calcular los puntajes de eficiencia relativa para la variable talla promedio de abulón azul (Figura 33), se observa que tras implementar la reserva marina, los bloques con reservas tienen puntajes de eficiencia mayores con respecto al resto de bloques, y en especial a los bloques considerados de referencia. Con lo cual, se puede decir que dichos bloques presentan las tallas promedio de abulón azul mayores con respecto al resto de bloques que son destinados a captura del recurso.

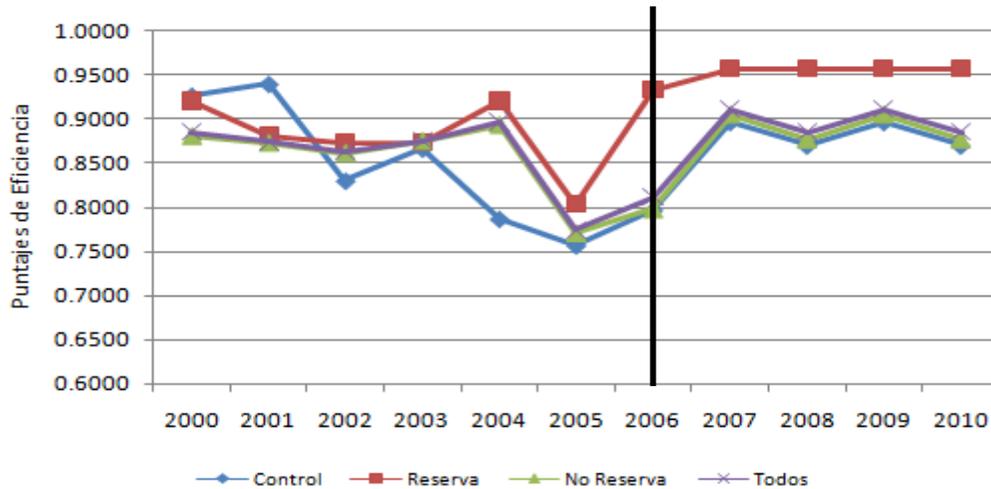
Figura 33. Puntaje de eficiencia relativa para los diferentes bloques de Isla Natividad tomando como variable de comparación la talla promedio de abulón azul



Fuente: Elaboración Propia, 2011.

La prueba de correlación de Spearman muestra que los cambios ocurridos en los puntajes de eficiencia después de la implementación de la reserva marina, son significativos estadísticamente (Anexo 3).

Figura 34. Puntaje de eficiencia relativa para los diferentes bloques de Isla Natividad tomando como variable de comparación la talla máxima de abulón azul

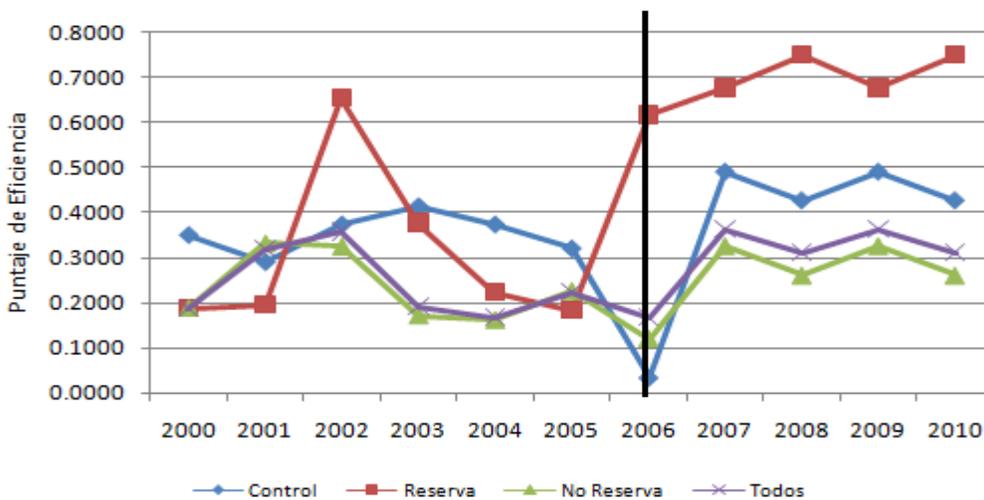


Fuente: Elaboración Propia, 2011.

La prueba de correlación de Spearman muestra que los cambios ocurridos en los puntajes de eficiencia después de la implementación de la reserva marina, son significativos estadísticamente (Anexo 3).

De igual forma, los puntajes de eficiencia relativa cuando se analiza la variable talla máxima (Figura 34) que se encontró cuando se realizó la medición de biomasa para abulón azul para los diferentes años, demuestra que aquellos bloques donde se implementó reservas marinas con el pasar de las temporadas, van obteniendo mejores puntajes de eficiencia situándose por encima de los bloques de referencia (bloques azules).

Figura 35. Puntaje de eficiencia relativa para los diferentes bloques de Isla Natividad tomando como variable de comparación el porcentaje de abulón azul que cumple con la talla mínima (140 centímetros)



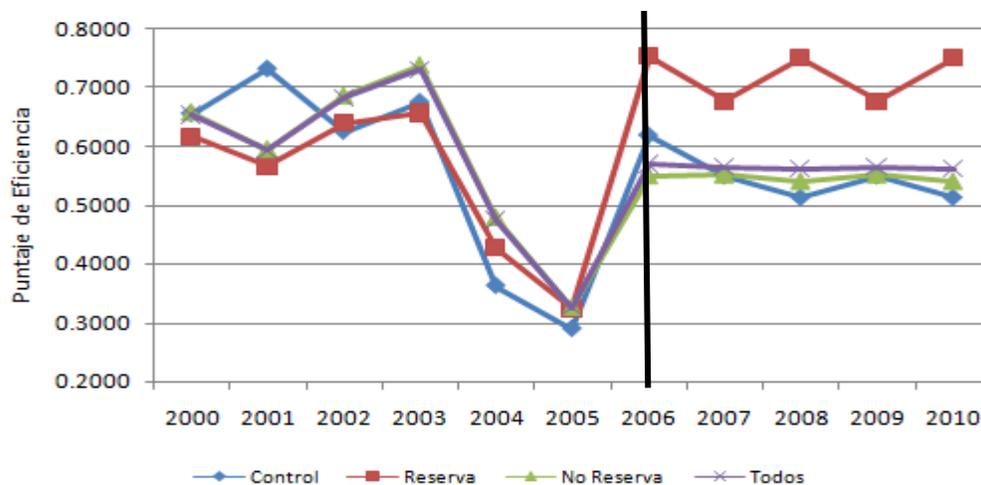
Fuente: Elaboración Propia, 2011.

La prueba de correlación de Spearman muestra que los cambios ocurridos en los puntajes de eficiencia después de la implementación de la reserva marina, son significativos estadísticamente (Anexo 3).

Otra variable que demuestra que la implementación de reservas marinas tiene buen efecto en el desarrollo y crecimiento del molusco, es observar el porcentaje de abulones que sobrepasan la talla mínima de 140 centímetros para poder ser capturados. Debido a que en las áreas marinas protegidas está prohibida la captura de abulón, estos pueden alcanzar tallas mayores a la talla mínima y por ende ofrecer mayores niveles de descendencia. Esto se puede comprobar para el caso del abulón azul (Figura 35), donde se evidencia que en los años 2003-2006, los bloques que no son reservas marinas presentan puntajes de eficiencia mayores a los bloques que son reservas. Esta situación cambia a partir del año 2006 cuando se establecen las áreas marinas, originando que los bloques donde se estableció dicha medida de conservación se logre alcanzar abulones que cumplen con talla mínima con mayor frecuencia que en los bloques sin reserva marina.

De igual forma a lo visto en las anteriores variables, cuando se compara los puntajes de eficiencia con el pasar de las temporadas para la variable peso promedio de abulón azul (Figura 36), a partir del año 2006 los puntajes de eficiencia relativa para los bloques que son reservas son mayores con respecto a los bloques que no son reserva. Se evidencia una disminución en los puntajes de eficiencia para ambos grupos de bloques en el año 2007; situación que se revierte para el año 2008 pero solo para el bloque de reservas.

Figura 36. Puntaje de eficiencia relativa para los diferentes bloques de Isla Natividad tomando como variable de comparación peso promedio de abulón azul



Fuente: Elaboración Propia, 2011.

La prueba de correlación de Spearman muestra que los cambios ocurridos en los puntajes de eficiencia después de la implementación de la reserva marina, son significativos estadísticamente (Anexo 3).

4.4.3. Conclusiones eficiencia técnica de la implementación de reservas marinas en Isla Natividad

El análisis de eficiencia relativa empleado, consistió en determinar aquella zona o bloque que presente el mayor valor para la variable que se analiza y que sirve como punto de referencia para el resto de zonas o bloques para su comparación. Es decir, el bloque o zona escogido como referencia obtiene un puntaje máximo (cien) y el resto obtiene valores iguales o menores que dependerán de cuánto se alejan del óptimo.

A nivel de zona, se observa que aquellas zonas (“A” y “E”) que presentan dentro de sus bloques de pesca reservas marinas, tienen por lo general los mejores resultados para las variables con las cuales se midió la eficiencia: metros cuadrados por marea, metros cuadrados por captura, metros cuadrados por biomasa y captura por unidad de esfuerzo.

El realizar el análisis envolvente de datos (DEA) permite también medir la eficiencia, pero no solo de una variable sino de una combinación de ellas (metros cuadrados por marea, metros cuadrados por captura, metros cuadrados por biomasa y captura por unidad de esfuerzo). El análisis DEA permitió confirmar a través de la estimación de los puntajes de eficiencia compuestos, que las zonas donde se establecieron reservas marinas en el año 2006 son las zonas más eficientes, confirmando lo hallado a través de los puntajes relativos. Y que por lo tanto, el implementar reservas marinas es una buena medida para mejorar aspectos o parámetros biológicos, que sirven para la conservación del ecosistema y por ende de especies marinas. En el capítulo siguiente se estudia si la implementación de dichas reservas marinas también son beneficiosas desde un punto de vista económico para los pescadores.

En todos los casos de estudio, se evidenció que la zona “E” es la más eficiente tanto antes como después de la implementación de una reserva marina en dos de sus bloques. Con lo cual se puede indicar, que la implementación de dicha herramienta de gestión pesquera no origina ineficiencias al momento de realizar las capturas.

Al igual a lo que sucede con las variables analizadas para abulón amarillo a nivel de bloque, la implementación de reservas marinas ofrece mejorías tanto a nivel de biomasa, talla y peso para abulón azul. Se evidenció a través de las diferentes variables para medir eficiencia relativa, que los bloques que son convertidos desde el año 2006 en áreas marinas protegidas incrementan sus puntajes de eficiencia relativa y van obteniendo mejores posiciones con respecto al resto de bloques, situándose en la mayoría de casos por encima a los bloques que se tiene como referencia. De igual forma, se observa que existen otros bloques como el F2 (El Placas), F7 (El Triángulo), C7 (Piedras Verdes), C1 (El Tivo), D1 (Babencho) o C8 (El Diente - El Corralito - Reventadora de Babencho) que a pesar de ser bloques destinados a tareas de pesca y captura de abulón, presentan puntajes de eficiencia relativos altos y se ubican entre los más eficientes, teniendo características para convertirse en áreas marinas protegidas, desde el punto de vista biológico.

Por lo tanto, las variables analizadas a través de puntajes de eficiencia relativa como compuesta, tanto a nivel de zona como de bloque, confirman que la implementación de las reservas marinas generó un mejoramiento desde un punto de vista biológico. Este mejoramiento en aspectos biológicos no solamente ayuda en la conservación de este recurso marino, sino en todo el ecosistema (aspecto que se debería estudiar en un futuro) para el beneficio de la sociedad. Lo importante es determinar si la implementación de esta herramienta de gestión y conservación marina también reporta bienestar para los pescadores desde un punto de vista económico. Es decir, si también existe una viabilidad económica en su ejecución, situación que se estudia en la siguiente sección.

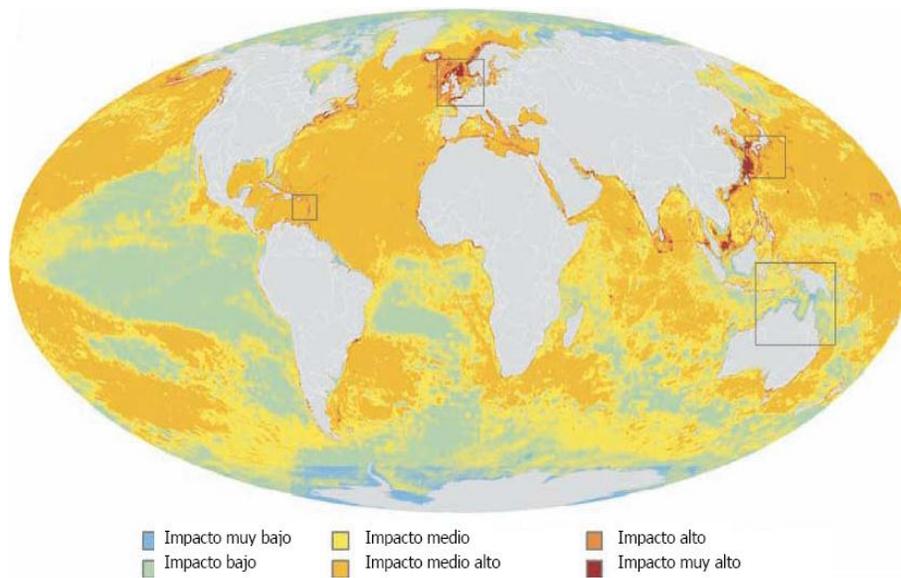
4.5. Costo de oportunidad de la implementación de una reserva marina

El hecho de implementar áreas o bloques cerrados para la pesca genera un costo económico en el corto plazo para los pescadores ya que dejarán de pescar en dichas zonas y por ende les reportará un menor ingreso económico. Pero al mismo tiempo, dichas pérdidas en el corto plazo se transformarán en ganancias en un mediano o largo plazo, en el entendido que el hecho de cerrar áreas genera un aumento en la biomasa de recursos pesqueros (en este caso el abulón). Cada bloque que se cierra con el paso del tiempo, se irá repoblando y llegando a su capacidad de carga, biomasa adicional empezará a migrar a bloques adyacentes o áreas donde se permite la pesca (dispersión de larvas de abulón) y que con el paso de los años será recurso que se puede explotar. Entonces se puede deducir que la implementación de reservas marinas, puede generar costos en el corto plazo y ganancias en un mediano o largo plazo (dependiendo de la capacidad de reproducción del recurso natural).

4.5.1. ¿Cuál es el valor económico total de una reserva marina?

Como ya se indicó, una reserva marina se define como un área del océano completamente protegida de actividades que extraen animales y plantas o alteran los hábitats, con excepción de aquellas requeridas para el monitoreo científico (Partnership for Interdisciplinary Studies of Coastal Oceans, 2007). Esta herramienta de conservación y manejo pesquero con enfoque de ecosistema está propuesta como una de las soluciones para contrarrestar la crisis ambiental que se viene presentando en los océanos (Comunidad y Biodiversidad, 2010). Los primeros pasos para establecer reservas marinas protegidas empiezan en los comienzos de la década de los años 80; sin embargo, hay quienes mencionan que ya se utilizaban en Oceanía antes de la llegada de los primeros europeos (1550), con la finalidad de conservar el recurso (Johannes, 1978).

Figura 37. Mapa global de los impactos humanos en los ecosistemas marinos

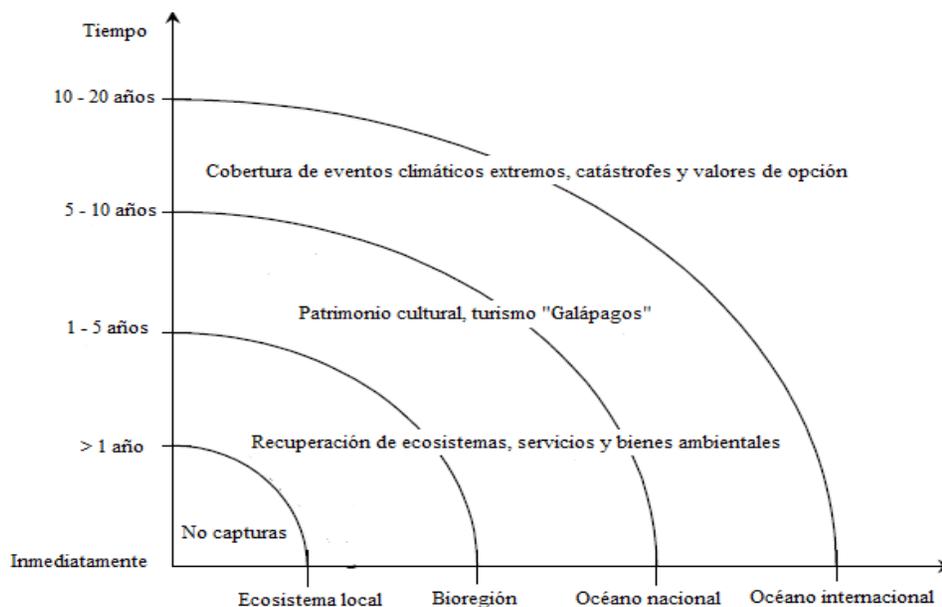


Según la Organización para la Alimentación y la Agricultura de las Naciones Unidas (FAO, 2003), un diez por ciento (10%) de los principales recursos pesqueros marinos está significativamente explotado, un 18% está sobreexplotado y un 47% está completamente explotado. De igual forma, Halpern et al. (2008) desarrollaron un mapa donde se resume los impactos humanos en los ecosistemas marinos (tanto por contaminación, sobreexplotación, introducción, de especies, destrucción de hábitat y cambio climático), donde mencionan que solo un cuatro por ciento queda libre de algún impacto gracias a su aislamiento (Ártico y la Antártida) (Figura 37).

Todos estos acontecimientos ocasionan una reducción en cantidad y calidad de los bienes y servicios ambientales que puede prestar el océano, en la medida en que este va perdiendo su resiliencia con el paso de los años y con el incremento de las actividades humanas. Existe un sinnúmero de trabajos que muestran las ventajas y desventajas de la implementación de esta herramienta de gestión pesquera, principalmente desde un punto de vista biológico como por ejemplo los efectos de desbordamiento a través de migración de larvas o adultos (Gell & Roberts, 2003), protección de la estructura, función e integridad de los ecosistemas (Bohnsack, 1998), incremento de los valores estéticos y recreativos (Bhat, 2003), reducción de la probabilidad de extinción de especies (Grafton et al., 2005), entre otros.

Sin embargo, a pesar de sus ventajas, todavía la pesquería en el mundo se maneja a través de herramientas o gestiones tradicionales basada en el control de los inputs como licencias, estándares tecnológicos o en los outputs como las capturas totales autorizadas, cuotas individuales transferibles o no. Como ya se señaló, para el año 2006 existían en el mundo menos de 4.500 áreas marinas protegidas, que abarcaban en su totalidad 2,2 millones de km², que equivale a un 0,6% del océano. De estas 2,2 millones de km², solo un 0,01% están completamente protegidas; es decir, solo 36.000 km² (Pisco, 2007).

Gráfico 27. Aspectos temporales y espaciales de una reserva marina



Fuente: Scholz & Fujita, 2001.

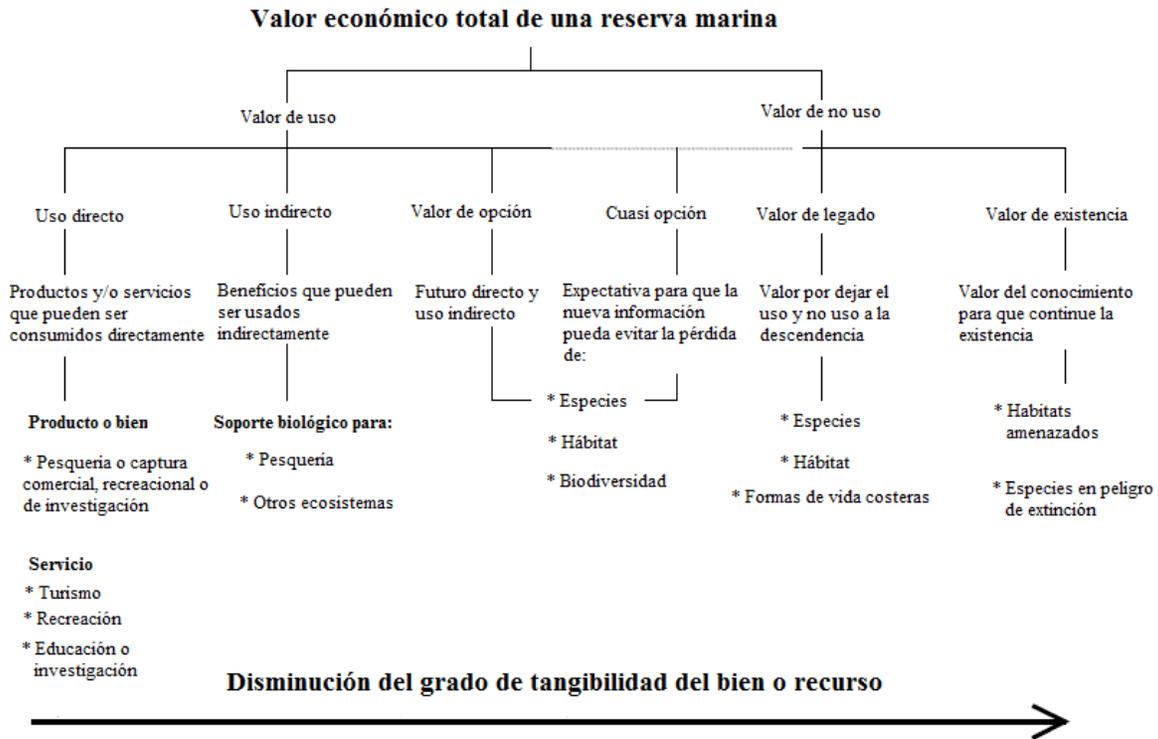
Como indica Holland y Brazee (1996), la principal razón para que no se establezcan reservas marinas es que las autoridades pesqueras en el mundo son reacias por la preocupación de que las restricciones sobre las capturas en las áreas cerradas origine menores niveles de captura, menor calidad en los productos, aumento en los costos variables de los pescadores y por ende un aumento en los precios. Esto puede llegar a ocurrir en un corto plazo, pero es totalmente diferente en un largo plazo (Pisco, 2007), donde se generan beneficios en recuperación de ecosistemas, servicios y bienes ambientales, mayores coberturas a eventos climáticos o catástrofes ambientales con el pasar de los años. De igual forma, los beneficios que se vayan logrando con la implementación de una reserva marina serán en una primera etapa locales, para que con el pasar de los años sean a un nivel internacional (Scholz & Fujita, 2001). Con seguridad, las medidas pesqueras están más encaminadas a tener resultados en un corto o mediano plazo y no a un largo plazo.

La extensa literatura sobre reservas marinas, casi en su totalidad está dirigida a temas biológicos como los mencionados anteriormente. Para que las autoridades pesqueras tomen la decisión de implementar o no esta herramienta de gestión pesquera, además de la parte biológica es necesario desarrollar estudios que analicen bajo qué condiciones los beneficios económicos son mayores a los costos económicos. Sin embargo, por su dificultad para medirlos debido a las múltiples y complejas interacciones entre factores sociales, económicos, biológicos e institucionales, se debe tratar de realizar una aproximación. En el entendido de la necesidad de tener un argumento económico donde se contabilice el costo de oportunidad de los pescadores por dejar cerradas algunas áreas donde realizan sus actividades laborales en el corto plazo versus los beneficios que lograrían en un futuro por ejemplo por la generación de migración de larvas y adultos a zonas contiguas aumentando la biomasa y por ende las capturas.

Una vez que se establece una reserva marina, las características o las funciones ambientales del ecosistema varían, para lo cual se debe cuantificar monetariamente la importancia de dicho recurso o ecosistema para la sociedad. Es decir, se debe realizar una valoración económica ambiental del ecosistema después de la implementación de dicha herramienta de gestión pesquera a través del valor económico ambiental para medir aquellos bienes y servicios ambientales que ofrece. El gráfico 28 presenta un esquema del valor económico total del establecimiento de una reserva marina.

Se puede observar que el valor económico total del establecimiento de una reserva marina se divide en valor de uso y valor de no uso. El valor de uso se divide en uso directo, uso indirecto y valor de opción. El valor de uso directo son aquellos bienes y servicios ambientales que presta el ecosistema y que pueden ser consumidos directamente como la pesquería comercial o recreacional en zonas adyacentes de la reserva marina o el hecho de realizar turismo, buceo, fotografía, apreciación de la naturaleza o investigación. El valor de uso directo es relativamente fácil de medir económicamente, ya que existen mercados con precios.

Gráfico 28. Valor económico total (VET) del establecimiento de una reserva marina (RM)



Fuente: Scholz & Fujita, 2001.

Los valores de uso indirecto se refieren a aquellos bienes y servicios que no se pueden consumir de manera directa pero que reportan beneficios indirectamente. En el caso del establecimiento de una reserva marina, el valor de uso indirecto está relacionado con un aumento o mejoría en algunas variables biológicas. Por ejemplo, Lester citado en Pisco (2007) reporta que los peces, invertebrados y algas tuvieron incrementos significativos dentro de las reservas. En promedio la biomasa se incrementó en un 446%, la densidad en un área determinada se incrementó en un 166%, el tamaño de los organismos se incrementó un 28% y la diversidad o número de especies se incrementó un 21%.

El valor de opción corresponde a la cantidad monetaria que los usuarios de la reserva marina estarían dispuestas a pagar por conservar los recursos para un uso futuro, donde dicho uso puede ser directo o indirecto. En tal sentido, los potenciales usuarios buscan salvaguardar los usos futuros de la biodiversidad y recursos marinos en la medida en que pueden pensar que se pueden ver comprometidos por la insostenibilidad de la pesquería que se viene desarrollando. El valor de opción se puede medir económicamente, a través de alguna metodología de valoración económica como valoración contingente con la finalidad de estimar la disponibilidad a pagar de los agentes económicos.

El valor de no uso se divide en valor de legado y valor de existencia. El valor de legado se refiere a aquellas actitudes de querer conservar algún bien o servicio ambiental para que futuras generaciones puedan disfrutar de ellas. Por ejemplo, si los agentes económicos están dispuestos a pagar algún monto económico con la finalidad de establecer una reserva marina y que por medio de esto se conserven recursos marinos (por ejemplo abulón) para

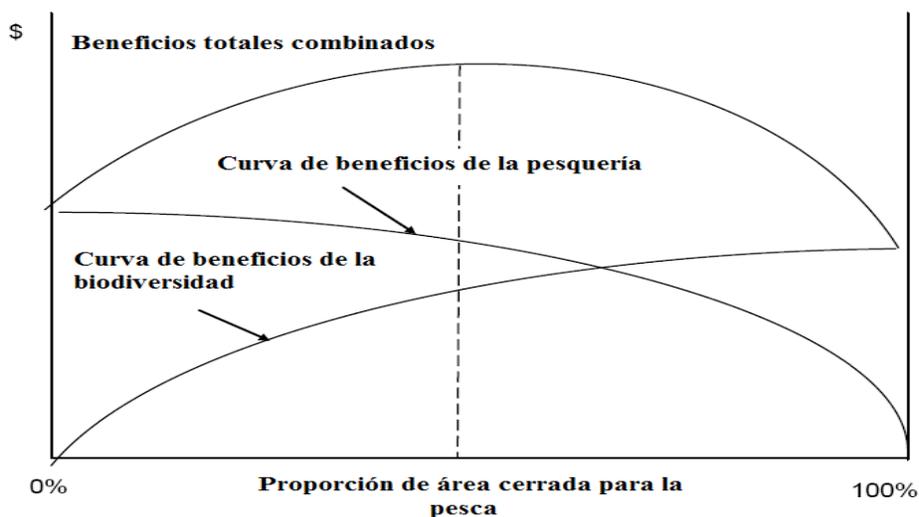
que sus hijos o nietos puedan disfrutar de ellos. En el caso del valor de existencia, se refiere al valor económico o apreciación del valor inherente de la vida silvestre marina y ecosistemas marinos sanos que le puedan dar los agentes económicos. Por ejemplo, puede haber personas que nunca visitarán las costas de Isla Natividad en su vida, pero el hecho de saber que existen reservas marinas que buscan conservar un ecosistema, estarían dispuestas a donar fondos económicos para su establecimiento.

Finalmente, el valor de cuasi opción, que puede ser clasificado como valor de uso o de uso dependiendo de la decisión que tome el agente económico, se presenta cuando no se tiene seguridad de lo que valdrá un ecosistema pero que considera que su valor puede ser elevado o que su explotación y conservación en el presente puede ser irreversible. En el caso de una reserva marina, ésta por ejemplo puede reducir la incertidumbre de las capturas futuras ante fenómenos climáticos como el fenómeno del niño, con la finalidad de mejorar la gestión pesquera.

Cesar et al. (2000) recomiendan que los costos que se deben tomar en cuenta para establecer una reserva marina deben ser el costo de oportunidad o pérdidas de ganancias potenciales de los pescadores por i) reducciones en la pesca en el corto plazo, ii) disminución en los ingresos por actividades prohibidas como extracción de coral o conchas, iii) generación de turismo a gran escala y que no sea con finalidad de investigación o buceo sin fines extractivos, iv) desarrollo industrial y/o de infraestructura. Otros costos directos que se deben considerar son los debidos al establecimiento, administración, empleo, vigilancia y ejecución de la reserva marina. Los costos indirectos consideran los pagos que se puedan llegar a realizar como compensación a los pescadores por dejar de capturar, la creación de empleos alternativos y por posibles reubicaciones de comunidades para que realicen otras actividades económicas.

Por lo tanto, se observa que la implementación de una reserva marina genera tanto beneficios como costos económicos para la comunidad con el paso del tiempo y que dichos montos económicos decidirán si se debe implementar o no dicha herramienta de gestión pesquera. De forma conjunta, el estudio de la implementación debe analizar el tamaño o área de pesca o captura que debe ser cerrada y que de manera directa modificará los beneficios o costos económicos de implementar la reserva marina (The Allen Consulting Group, 2009). El siguiente gráfico muestra como varían los beneficios a medida que se modifica el área cerrada que se destina a un área marina protegida. Se debe analizar que a medida que el área cerrada para la pesca aumenta, los beneficios de la pesquería por esa área irán disminuyendo, pero de igual forma los beneficios por aumentos en la biodiversidad irán en aumento. Estas dos curvas de beneficios van en sentido contrario, entonces en un corto plazo se puede presentar un trade off entre reducción de beneficios por pérdida de pesquería versus aumento en beneficios por biodiversidad y otros servicios ambientales, con lo cual se debe buscar un punto óptimo que llegue al balance a través de una curva de beneficios que combine ambos beneficios y que reportará el tamaño óptimo de la reserva.

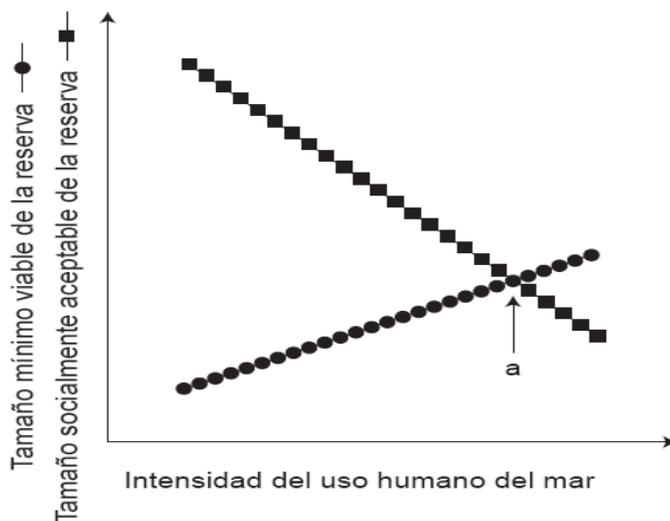
Gráfico 29. Beneficios atribuibles a la implementación de una reserva marina dependiendo de la proporción de área que se destine a ésta



Fuente: The Allen Consulting Group, 2009.

El tamaño de la reserva como se identificó, dependerá de los beneficios económicos combinados que ella genere a la comunidad y por ende de la intensidad del uso humano del mar. Es decir, como muestra el gráfico siguiente, a medida que la intensidad del uso humano del mar se hace mayor, el tamaño que la sociedad o comunidad estará dispuesta a ceder como reserva marina será menor debido a que su economía gira principalmente de esta actividad. De igual forma, a medida que la intensidad del uso humano del mar aumenta, se necesitará un tamaño mínimo viable mayor para que la reserva logre tener los beneficios biológicos esperados en mayor o menor tiempo. Lo cual, hace que se debe buscar un equilibrio entre ambas decisiones, que permitirá diseñar la reserva marina con un tamaño óptimo (Roberts & Hawkins, 2000).

Gráfico 30. Tamaño de la reserva aceptable para la población local



Fuente: Roberts & Hawkins, 2000.

Después de haber identificado a través del valor económico total (VET) los bienes y servicios ambientales que puede mejorar y/u ofrecer la implementación de una reserva marina, el siguiente paso es tratar de realizar una aproximación de lo que sucede en el caso del Proyecto Piloto de Reservas Marinas en Isla Natividad. En este caso, a la investigación le interesa calcular el **VALOR DE USO DIRECTO POR EL TEMA DE DISPERSION DE LARVAS DE ABULON, QUE ORIGINARIA UNA VARIACION EN LA CANTIDAD DE CAPTURA EN UN FUTURO**, esto con la finalidad de dar una respuesta a los pescadores de la Isla que tomaron voluntariamente la decisión de cerrar áreas o bloques en su zona de pesca. A los pescadores más les interesa saber ese costo de oportunidad de no pescar en ciertas áreas, esperando los beneficios futuros por el desbordamiento o migración de larvas o adultos de abulón. Es decir, les interesa comparar los costos de no pescar en este momento, frente a los beneficios futuros de mayores pescas en áreas adyacentes a las reservas.

4.5.1.1. Valor de uso directo o costo de oportunidad de los pescadores de Isla Natividad a consecuencia de la implementación de una reserva marina

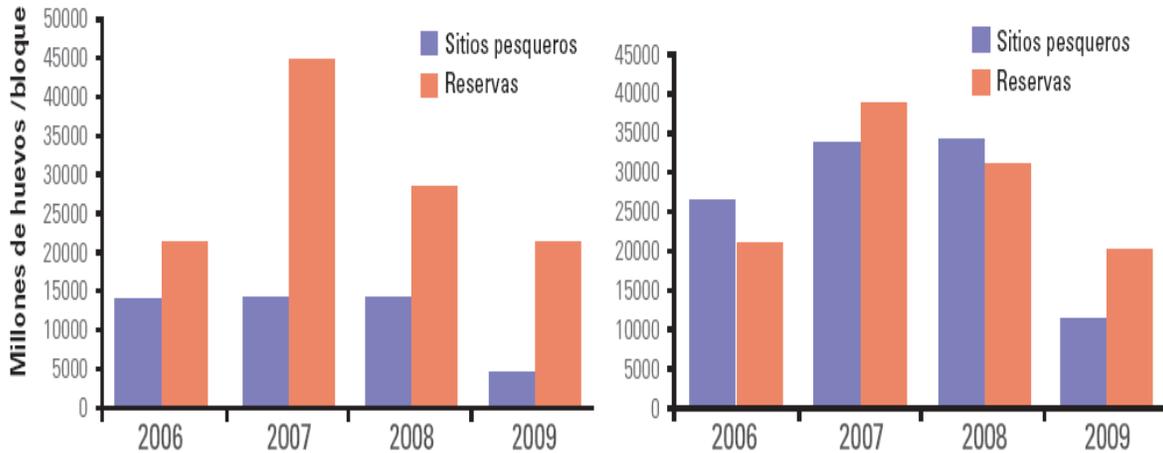
Desde el año 2003, la ONG Comunidad y Biodiversidad (COBI) empieza a negociar con la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Buzos y Pescadores de Isla Natividad (que mantiene acceso exclusivo a recursos marinos selectos a lo largo de periodos de 20 años - concesiones), el cierre de algunas zonas o bloques de pesca. Después de varias reuniones, consultas y participación de la comunidad local, desde febrero de 2006 tres bloques pesqueros (La Plana, Las Cuevas y Punta Prieta) fueron cerrados completamente a las actividades extractivas. Estas zonas cubren aproximadamente el nueve por ciento de su territorio pesquero y tienen como objetivo estudiar y entender cómo se podrían recuperar los ecosistemas marinos, así como mejorar las condiciones de vida de la población local. Los pescadores y COBI están interesados en valorar económicamente en qué momento la inversión por abstenerse de capturar abulón en algunas áreas se podría recuperar gracias a la dispersión de larvas, siendo potenciales adultos y por ende capturas en un futuro, a sitios o bloques pesqueros adyacentes (COBI, 2010).

En el capítulo donde se estudió la eficiencia de la implementación de reservas marinas, se evidenció que su presencia favorece a que las poblaciones de abulón de aquellos bloques donde se implementó dicha herramienta de gestión pesquera presenten mejores rendimientos en indicadores biológicos como talla promedio, peso promedio, talla mínima, abundancia en comparación con el resto de bloques donde se permita actividades extractivas. De igual forma, se evidenció a través de la historia oral de los pescadores y con datos biológicos, que aquellos organismos que son más grandes en talla y peso, producen más descendencia. El gráfico 31, muestra que la producción de huevos en las reservas es hasta cinco veces mayor, en el caso de abulón azul, y tres veces mayor, para el amarillo, que en los sitios pesqueros.

Por lo tanto, estas evidencias demuestran que las reservas marinas establecidas en Isla Natividad son un verdadero semillero de larvas de abulón y que benefician a un posible incremento futuro en el nivel de biomasa tanto dentro de las áreas cerradas, como en las áreas adyacentes, situación que cientos de laboratorios lograrían (aproximadamente 319 laboratorios de acuerdo a cálculos propios). Comunidad y Biodiversidad conjunto con

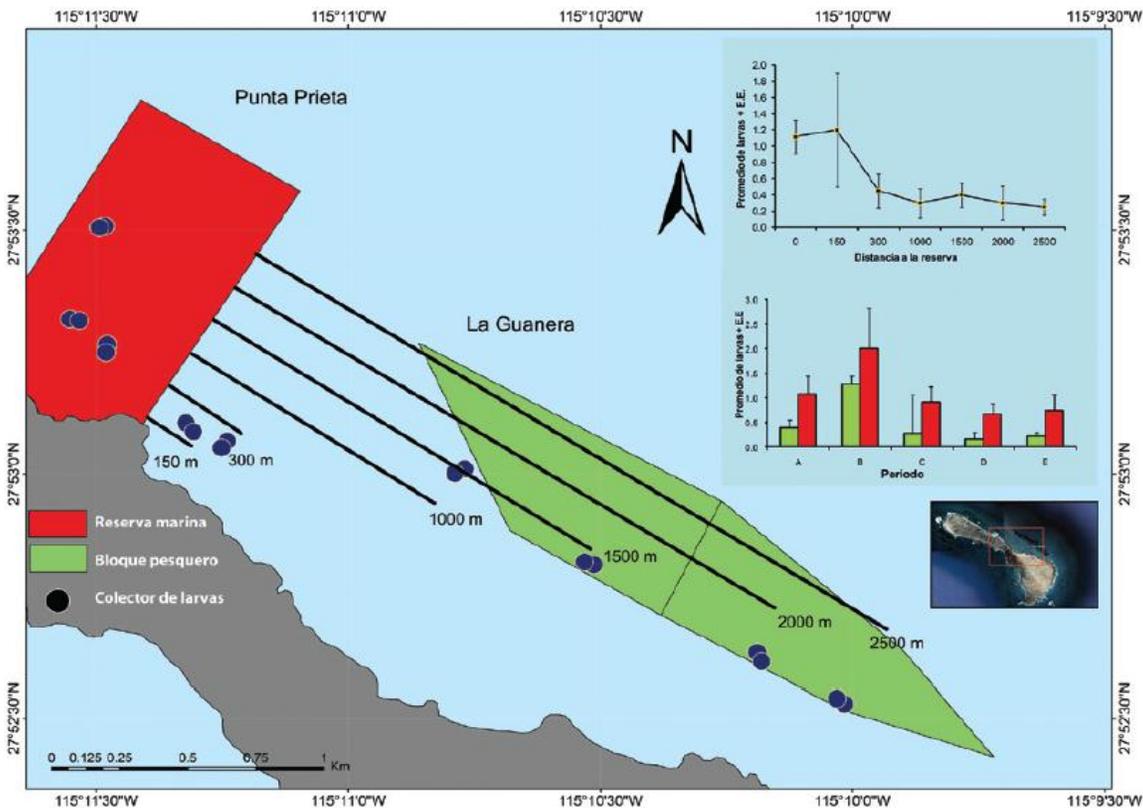
buzos de la Cooperativa diseñaron un experimento para observar y estudiar si las larvas que se producen dentro de la reserva son exportadas a áreas adyacentes. Para ello, colocaron una serie de colectores a diferentes gradientes de distancia entre la reserva Punta Prieta (bloque rojo) y el bloque pesquero (bloque verde) (Gráfico 32).

Gráfico 31. Potencial reproductivo abulón azul (izq.) y amarillo (der.) en Isla Natividad



Fuente: Comunidad y Biodiversidad, 2010.

Gráfico 32. Efecto “desbordamiento” de larvas de abulón en Isla Natividad



Fuente: Comunidad y Biodiversidad, 2010.

Los resultados indican que existe reclutamiento tanto dentro de la reserva como en zonas adyacentes. El reclutamiento como se puede observar en las gráficas pequeñas de abajo hacia arriba, muestra que el promedio de larvas dentro de las reservas (columna roja) siempre es mayor que fuera de ella (columna verde), confirmando que aquellos bloques cerrados para la captura de abulón son cada vez más productivos y eficientes. Y la gráfica pequeña superior muestra el efecto “desbordamiento”, donde aquellas zonas más cercanas a la reserva, son aún más productivas. Se observa que se encontraron larvas de abulón hasta a una distancia de 2.500 metros con respecto a la reserva marina. Pero en mayor medida, en bloques que se encuentran a 150 metros.

Con todo esto, se confirma que la presencia de reservas marinas es beneficiosa para el incremento de la eficiencia de la pesquería y conservación de abulón tanto dentro como fuera de las áreas cerradas. Se confirma a través de los colectores de larvas ese desbordamiento a zonas contiguas y que en un futuro, dichas larvas que migran, al ser adultas, son candidatas a ser capturadas cumpliendo la talla mínima establecida.

4.5.1.2. Valor de uso directo de la implementación de una reserva marina por dispersión de larvas a nivel de bloque

La región que tiene concesionada la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Buzos y Pescadores de Isla Natividad está dividida en seis zonas (A, B, C, D, E y F) y en 34 bloques. El análisis para estimar el valor de uso directo por la captura de abulón a consecuencia de la implementación de una reserva marina, consiste en simular que se cierra algún bloque y que el bloque cerrado genera un efecto “desbordamiento” de larvas a algún bloque adyacente. Que con el pasar de los años, estas larvas que llegan por el efecto desbordamiento ya consiguen un tamaño mínimo para ser capturadas como abulones adultos. Para comparar los diferentes escenarios, se tiene conocimiento del precio y costo monetario de la captura de abulón en la Isla, con lo cual se estima el beneficio económico neto que obtendrían los pescadores para los diferentes escenarios.

Se considera un periodo de 25 años de vigencia de la reserva marina, que es aproximadamente lo que puede llegar a durar la concesión del recurso. Por lo tanto, lo que sucederá en cada año o temporada será:

Año 1:

- Se cierra algún bloque, por ejemplo el bloque “A1”, por ende en dicho bloque no se realizará ninguna captura de abulón.
- El bloque cerrado, en este caso bloque “A1”, empezará a repoblarse. Es decir, se originará un aumento en el nivel de biomasa en un “X”%.
- Este bloque cerrado, generará cierta cantidad de larvas, de las cuales sobrevivirá un “Y”%.
- De las larvas que sobreviven, una parte “Z”% se queda en el bloque cerrado, bloque “A1”, y el resto “(1-Z)”% emigra al bloque adyacente, en este caso al bloque “A2”. Estas larvas empiezan a crecer, pero todavía no pueden ser capturadas.
- En el bloque “A2”, continúa la captura de abulones que son producidos en el mismo bloque.

Año 2:

- Se cierra algún bloque, por ejemplo el bloque “A1”, por ende en dicho bloque no se realizará ninguna captura de abulón.
- El bloque cerrado, en este caso el bloque “A1”, empezará a repoblarse. Es decir, se originará un aumento en el nivel de biomasa en un “X”%.
- Este bloque cerrado, generará cierta cantidad de larvas, de las cuales sobrevivirá un “Y”%.
- De las larvas que sobreviven, una parte “Z”% se queda en el bloque cerrado, bloque “A1”, y el resto “(1-Z)”% emigra al bloque adyacente, en este caso al bloque “A2”. Estas larvas empiezan a crecer, pero todavía no pueden ser capturadas.
- En el bloque “A2”, continúa la captura de abulones que son producidos en el mismo bloque.

Año 3:

- Se cierra algún bloque, por ejemplo el bloque “A1”, por ende en dicho bloque no se realizará ninguna captura de abulón.
- El bloque cerrado, en este caso el bloque “A1”, empezará a repoblarse. Es decir, se originará un aumento en el nivel de biomasa en un “X”%.
- Este bloque cerrado, generará cierta cantidad de larvas, de las cuales sobrevivirá un “Y”%.
- De las larvas que sobreviven, una parte “Z”% se queda en el bloque cerrado, bloque “A1”, y el resto “(1-Z)”% emigra al bloque adyacente, en este caso al bloque “A2”. Estas larvas empiezan a crecer, pero todavía no pueden ser capturadas.
- En el bloque “A2”, continúa la captura de abulones que son producidos en el mismo bloque.

.....

.....
.....
.....
.....

Año 8:

- Se cierra algún bloque, por ejemplo el bloque “A1”, por ende en dicho bloque no se realizará ninguna captura de abulón.
- El bloque cerrado, en este caso el bloque “A1”, empezará a repoblarse. Es decir, se originará un aumento en el nivel de biomasa en un “X”%.
- Este bloque cerrado, generará cierta cantidad de larvas, de las cuales sobrevivirá un “Y”%.
- De las larvas que sobreviven, una parte “Z”% se queda en el bloque cerrado, bloque “A1”, y el resto “(1-Z)”% emigra al bloque adyacente, en este caso al bloque “A2”. Estas larvas empiezan a crecer, pero todavía no pueden ser capturadas.
- En el bloque “A2”, continúa la captura de abulones que son producidos en el mismo bloque.

- Las larvas que llegaron en el año 1 del bloque “A1”, ya alcanzan la madurez sexual y se convierten en abulones que son aptos para la captura.

Año 9:

- Se cierra algún bloque, por ejemplo el bloque “A1”, por ende en dicho bloque no se realizará ninguna captura de abulón.
- El bloque cerrado, en este caso el bloque “A1”, empezará a repoblarse. Es decir, se originará un aumento en el nivel de biomasa en un “X”%.
- Este bloque cerrado, generará cierta cantidad de larvas, de las cuales sobrevivirá un “Y”%.
- De las larvas que sobreviven, una parte “Z”% se queda en el bloque cerrado, bloque “A1”, y el resto “(1-Z)”% emigra al bloque adyacente, en este caso al bloque “A2”. Estas larvas empiezan a crecer, pero todavía no pueden ser capturadas.
- En el bloque “A2”, continúa la captura de abulones que son producidos en el mismo bloque.
- Las larvas que llegaron en el año 2 del bloque “A1”, ya alcanzan la madurez sexual y se convierten en abulones que son aptos para la captura.

Año 10:

- Se cierra algún bloque, por ejemplo el bloque “A1”, por ende en dicho bloque no se realizará ninguna captura de abulón.
- El bloque cerrado, en este caso el bloque “A1”, empezará a repoblarse. Es decir, se originará un aumento en el nivel de biomasa en un “X”%.
- Este bloque cerrado, generará cierta cantidad de larvas, de las cuales sobrevivirá un “Y”%.
- De las larvas que sobreviven, una parte “Z”% se queda en el bloque cerrado, bloque “A1”, y el resto “(1-Z)”% emigra al bloque adyacente, en este caso al bloque “A2”. Estas larvas empiezan a crecer, pero todavía no pueden ser capturadas.
- En el bloque “A2”, continúa la captura de abulones que son producidos en la misma zona.
- Las larvas que llegaron en el año 3 del bloque “A1”, ya alcanzan la madurez sexual y se convierten en abulones que son aptos para la captura.

Año

-
-
-
-

Año 25:

- Y así hasta llegar al año 25 donde las larvas que llegaron en el año 22 del bloque “A1”, ya alcanzan la madurez sexual y se convierten en abulones que son aptos para la captura.

Los supuestos para el análisis son los siguientes:

1. El resto de bloques que no son áreas marinas protegidas y que no reciben el efecto “desbordamiento” de larvas continúan con las capturas de abulón dentro de sus límites.
2. Cada inicio de temporada o año de captura, se supone que solo un 10% del stock es abulón adulto y potencial a ser capturado.
3. Cada abulón adulto puede generar 2 millones 200 mil larvas (2.200.000) por temporada o año.
4. Del total de larvas que se genera, sólo sobreviven un 0,05%. De cada abulón que sobrevive, un 0,01 llega a reclutarse (Hamasaki, 2008).
5. Del total de larvas de abulón que sobreviven y que son generadas en una reserva marina, el 50% se queda en dicho bloque y el resto pasa a un bloque adyacente.
6. El efecto “desbordamiento” que ocurre en una reserva marina sólo afecta al bloque adyacente (como se observa en el gráfico 28), las larvas emigran en su mayoría hasta 150 metros (aunque la información reporta migraciones hasta los 2.500 metros).
7. El esfuerzo que emplean los pescadores irá aumentando cada año en un 15%. Este dato se obtuvo al observar la tendencia de las capturas por unidad de esfuerzo; es decir, cada año que pasa los pescadores utilizan más minutos para obtener una captura de abulón.
8. Las corrientes marinas que permiten el efecto “desbordamiento” van en dirección noroeste al sureste, siguiendo la corriente de California.
9. Los ingresos y costos de la captura de abulón para los siguientes 25 años (2006 al 2030), son estimados haciendo una proyección con la tendencia que dichas variables presentaron en el periodo de 1990 a 2005.
10. Los beneficios económicos por las capturas de cada bloque fueron estimados para cada año, desde el 2006 al 2030. Para poder comparar la evolución de dichos beneficios entre los bloques, se trajo a valor presente todos los beneficios utilizando una tasa de descuento o tasa de interés del 4,36% (Tasa de rendimiento de un Certificado de la Tesorería de la Federación - CETES - a 365 días).

En tal sentido, lo que se busca es maximizar el Valor Presente Neto (VPN) de las capturas de abulón para los siguientes 25 años de los 34 bloques de pesca:

$$\text{Maximizar el VPN} = \sum_{i=1}^{34} \sum_{j=1}^{25} [\rho^j * (P_j - D_j) * X_{i,j}]$$

donde i se refiere al bloque ($i = 1, 2, \dots, 34$) y j al año ($j = 1, 2, \dots, 25$). P es el precio y D es el costo del producto. X son las capturas, ρ es el factor de descuento y δ es la tasa de descuento o tasa de interés:

$$\rho = \frac{1}{1 + \delta}$$

Las capturas ($X_{i,j}$) se calculan al multiplicar el esfuerzo de pesca por el coeficiente de capturabilidad estimado a través de modelos bioeconómicos (sección 4.3.) y por el stock del recurso:

$$X_{i,j} = (\text{Esf}_{i,j} * q_i * S_{i,j})$$

El stock está compuesto por la tasa de crecimiento, más el stock de un periodo pasado, menos las capturas de un periodo, más las larvas que produce el mismo bloque y las larvas que produce el bloque adyacente (en ambos casos, deben pasar ocho años para que estas larvas sean consideradas adultas y puedan ser capturadas).

$$S_{i,j} = (\Delta S_{i,j} + S_{i,j-1} - C_{i,j-1} + L_{i,j-7} + L_{i-1,j-7})$$

Finalmente, la tasa de crecimiento está formulada de la siguiente manera:

$$\Delta S_{i,j} = \left\{ (r_i * S_{i,j-1}) - \left[r_i * \left(\frac{S_{i,j-1}^2}{K_i} \right) \right] \right\}$$

donde r_i es la tasa intrínseca de crecimiento y K_i la capacidad de carga (ambos estimados por modelos bioeconómicos en la sección 4.3.).

Para estimar el valor de uso directo (captura de abulón) de la implementación de una reserva marina (Valor Presente Neto), se consideró los siguientes 34 bloques que rodean Isla Natividad y que son utilizados por los pescadores para realizar sus actividades de captura de abulón (Gráfico 29):

Zona A: A1 = Anegados, A2 = Barrita Anegados, A3 = Barrita Novillo, A4 = Cagadas del Novillo, A5 = Punta Prieta, A6 = La Guanera Norte y Sur.

Zona B: B1 = Anegados Cabo Pruneda, B2 = La Punta Cabo Pruneda, B3 = Punta María Costa.

Zona C: C1 = El Tivo, C2 = El Tivo y Morro Prieto, C3 = Morro Prieto, C4 = LA Barrita, C5 = El Cerro Alto, C6 = La Poza, C7 = Piedras Verdes, C8 = El Diente/El Corralito/Reventadora de Babencho.

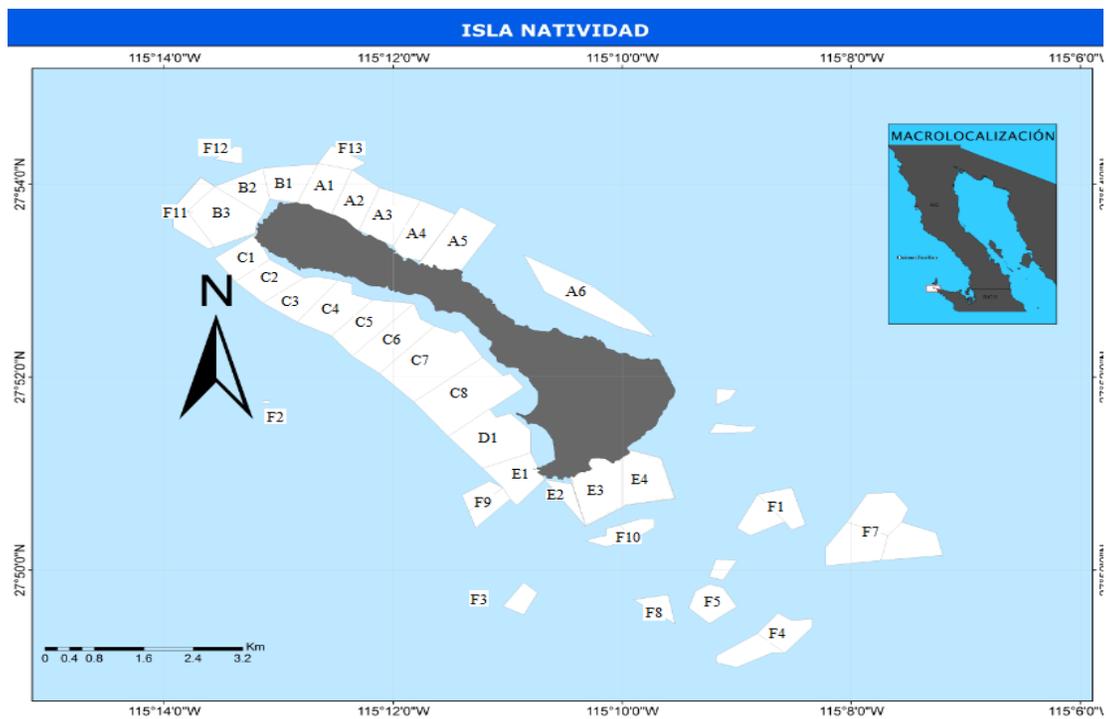
Zona D: D1 = Babencho.

Zona E: E1 = El Nido, E2 = Las Cuevas, E3 = Las Cuevas/Los Muertos/El Puerto/Los Pangos, E4 = La Plana.

Zona F: F1 = La Dulce Norte y Sur, F2 = El Placas, F3 = El Raymundo, F4 = Loma Linda, F5 = En Medio, F7 = El Triángulo, F8 = La Chuparrosa, F9 = La Vela, F10 = Piedras Altas, F11 = Piedra María, F12 = La Sargacera, F13 = Los Anegados Bajo.

En este análisis, se simuló que pasa con el valor presente neto de los beneficios económicos de las capturas de abulón a consecuencia de implementar reservas marinas o cerrar bloques. Lo que se intentó medir principalmente es qué sucede con los ingresos económicos de los pescadores por el efecto “desbordamiento” de larvas a bloques adyacentes. Para eso, se estudio el caso del cierre de los bloques A5 (Punta Prieta), E3 (Las Cuevas/Los Muertos/El Puerto/Los Pangos) y E4 (La Plana) que son los bloques que la Cooperativa cerró desde el año 2006.

Gráfico 33. Bloques de Isla Natividad considerados para estimar el valor de uso directo de la implementación de reservas marinas



Fuente: Comunidad y Biodiversidad, 2011.

La siguiente tabla, presenta los resultados tanto del beneficio económico como del valor presente neto por estimar el valor de uso directo o el costo de oportunidad que realizan los

pescadores por la implementación de las actuales reservas marinas en su concesión frente al valor que hubieran obtenido si no hubieran implementado dichas reservas marinas.

Tabla 40. Resultados estimación valor de uso directo o costo de oportunidad de los pescadores de Isla Natividad a consecuencia de la implementación de las actuales reservas marinas

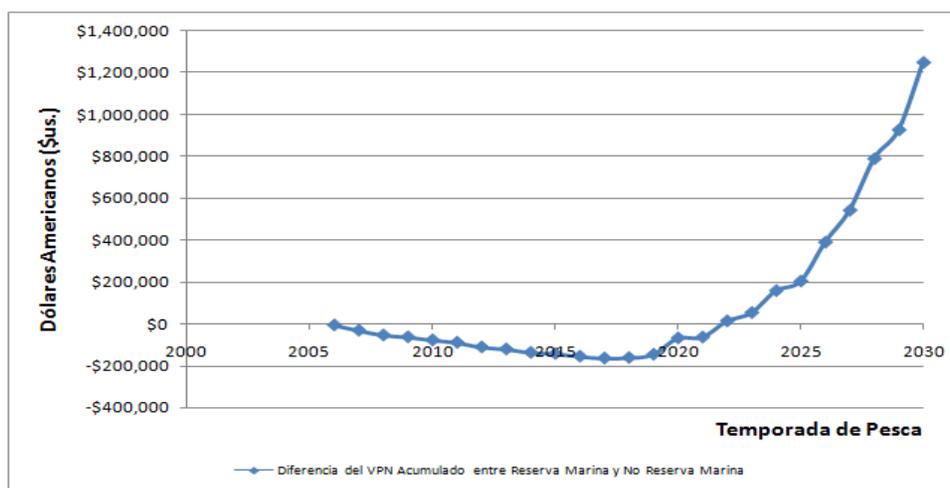
COSTO DE OPORTUNIDAD DE IMPLEMENTAR LAS ACTUALES RESERVAS MARINAS			
Dólares	No Reserva Marina	Reserva Marina	Diferencia
TOTAL BENEFICIO ECONOMICO	\$66,385,998	\$69,779,704	\$3,393,706
VPN DEL BENEFICIO ECONOMICO	\$30,399,333	\$31,650,065	\$1,250,732

Fuente: Elaboración Propia, 2011.

Al comparar los resultados del escenario con las actuales reservas marinas frente al escenario si no hubieran decidido cerrar las áreas, les representa una ganancia aproximada de 1 millón 250 mil dólares. Es decir, el hecho de haber cerrado esas áreas, les produce a los pescadores pérdidas económicas en los primeros años por disminuciones en sus capturas; sin embargo, después de un periodo entre 13 y 16 años, dichos costos son superados por los beneficios económicos a consecuencia del efecto “desbordamiento de larvas”. Al hacer una comparación entre los años de pérdidas y años de ganancia, el resultado a 25 años es que los pescadores obtienen mayores ganancias, siendo la decisión de cerrar dichas áreas la más acertada.

Ya se constató que el hecho de cerrar esos tres bloques, reporta unos beneficios económicos a largo plazo a los pescadores de la Isla. Al comparar el valor presente neto (VPN) de ambos escenarios (con reserva y sin reserva marina), los pescadores compensan las pérdidas económicas de los primeros años a partir del año 2015. Deben pasar como mínimo nueve años para que el beneficio económico acumulado sea igual al costo económico acumulado de implementar una reserva marina. Es decir, en ese año ya compensaron todas las pérdidas de no capturar el recurso por implementar una reserva marina (Gráfico 34).

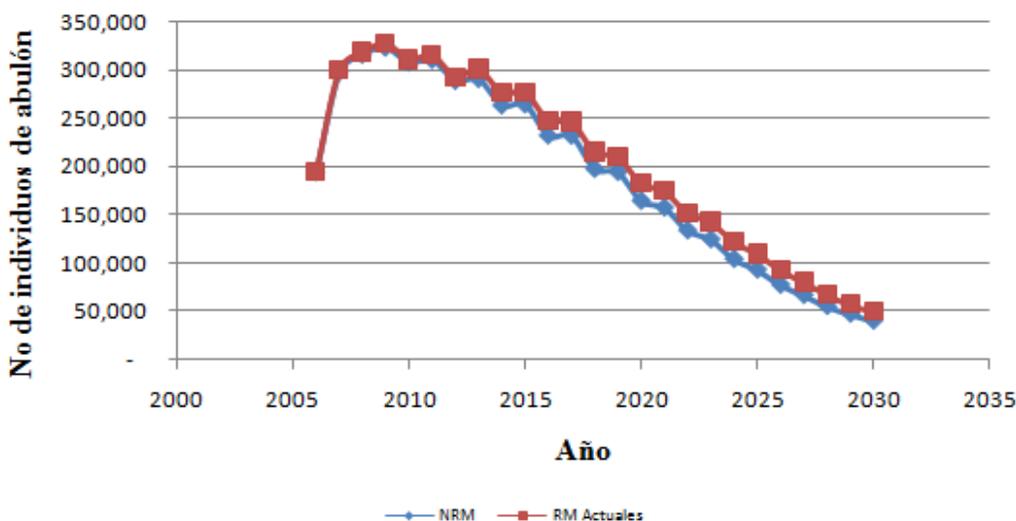
Gráfico 34. Evolución de la diferencia del valor presente neto (VPN) acumulado entre el escenario de establecer una reserva marina y no establecer



Fuente: Elaboración Propia, 2011.

Finalmente, podemos ver en el siguiente gráfico la evolución de las sendas del stock menos las capturas para los dos escenarios ya estudiados; es decir, la senda del recurso si se implementa las actuales reservas y la senda si no se hubieran implementado. Si no se hubieran implementado las actuales reservas (NRM) y con los supuestos establecidos, el número de individuos de abulón descendería drásticamente hasta la desaparición comercial de recurso para el periodo de años 2035-2040. Mientras que en el caso de la senda con implementación de las actuales reservas (RM), se evidencia que desciende el número de abulones en menor medida que sin reservas marinas.

Gráfico 35. Senda: Stock menos captura de abulón en Isla Natividad con la implementación y no de las actuales reservas marinas



Fuente: Elaboración Propia, 2011.

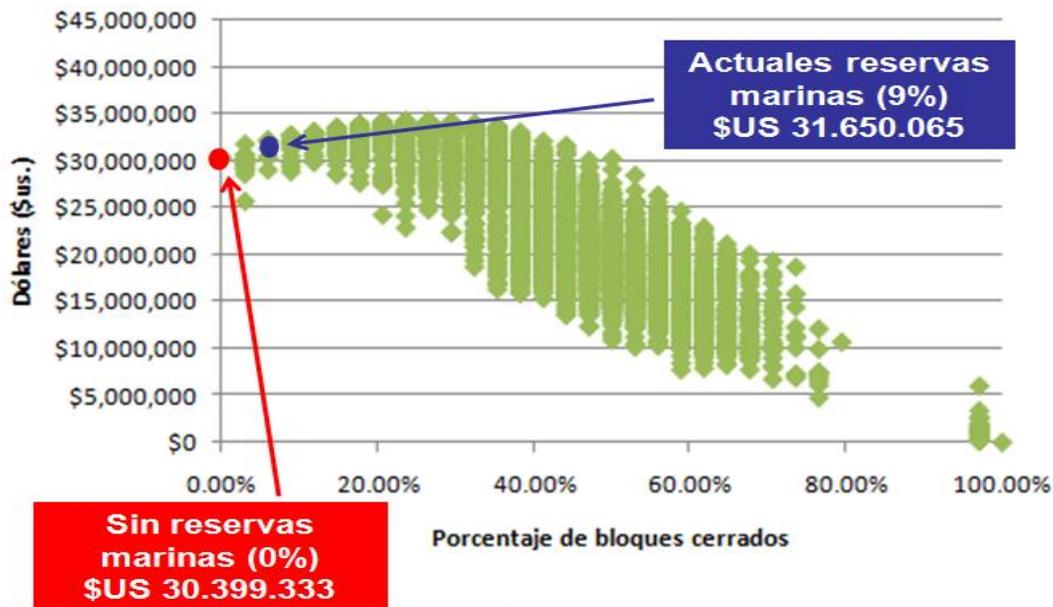
Después de haber comprobado que la implementación de las actuales reservas marinas, que en la actualidad representan un nueve por ciento del área de pesca, generan tanto un beneficio económico a mediano o largo plazo (13-16 años) y un beneficio en conservar el recurso, lo importante es hallar el porcentaje óptimo que se debería cerrar de estos 34 bloques de pesca que maximicen el valor presente neto (VPN). Con los 34 bloques pesqueros, potenciales reservas marinas, se puede estimar a través de combinaciones sin repeticiones, aproximadamente 17 mil millones de escenarios para escoger los bloques que pueden ser reservas marinas, como se observa en el siguiente cálculo:

$$\sum_{r=1}^{34} \frac{n!}{r!(n-r)!} = \frac{34!}{1!(34-1)!} + \frac{34!}{2!(34-2)!} + \dots + \frac{34!}{34!(34-34)!} = 17.179.869.184$$

Cada posible escenario genera un valor presente neto (VPN) que dependerá de la cantidad de bloques de pesca cerrados y de cuál bloque se haya cerrado. El siguiente gráfico muestra los diferentes resultados donde se observa que hasta cierto punto, el incrementar el porcentaje de bloques cerrados reporta aumentos en el VPN hasta un punto máximo. Luego de ese punto máximo, el incrementar los bloques cerrados disminuye el ingreso económico de las capturas de abulón (VPN). El gráfico presenta remarcado dos puntos que

corresponden en primera instancia al VPN del escenario donde no se cierra ningún bloque de pesca (punto rojo), con un valor de VPN = \$us. 30.399.333 por 25 años de pesca, y un segundo escenario con los actuales bloques cerrados como áreas marinas (punto azul), con un valor de VPN = \$us. 31.650.065. Como se puede observar en la nube de puntos, existen otras combinaciones de bloques que pueden reportar un mayor o menor valor presente neto que los anteriores puntos (sin reserva y con las actuales reservas), que dependerá de qué bloques de cierren y del porcentaje de bloques que se cierre (Gráfico 36).

Gráfico 36. Valor Presente Neto (VPN) por establecer áreas marinas protegidas



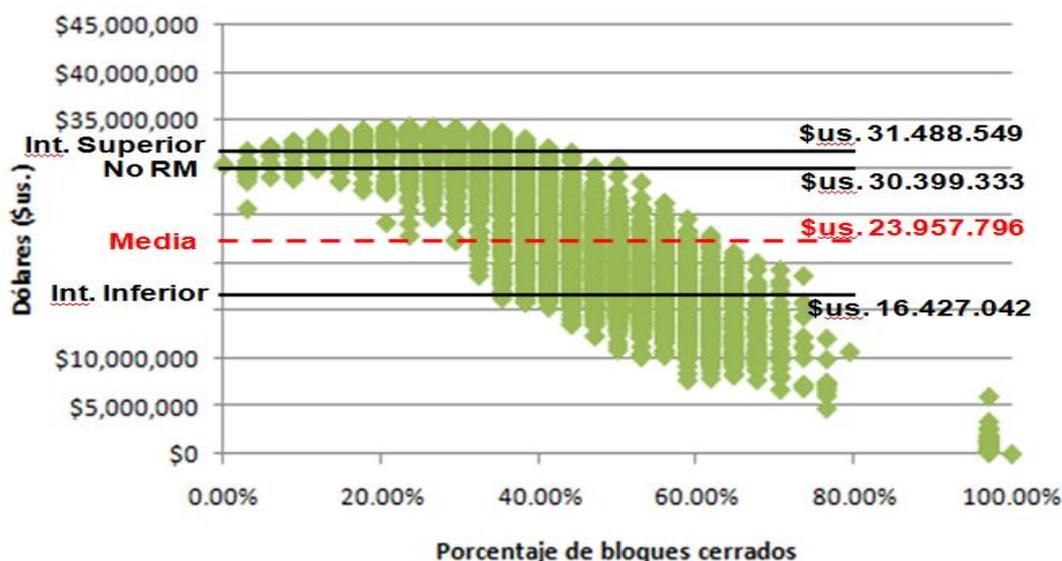
Fuente: Elaboración Propia, 2011.

Por lo tanto, es bueno aumentar el porcentaje de bloques a cerrar hasta cierto punto para aumentar el VPN; pero al mismo tiempo, es necesario cerrar los bloques correctos. De este total de valores presentes netos para las diferentes combinaciones para establecer reservas marinas en Isla Natividad, se puede sacar un intervalo al 5% donde estarían las ganancias de los pescadores (\$us.31.488.549 - \$us.16.427.042). De igual forma, se puede observar que el valor medio de los VPN (\$us.23.957.796) es inferior al hecho de no establecer reservas marinas (\$us.30.399.333); por lo tanto, existen algunas combinaciones de bloques de pesca que reportan mayor VPN que el hecho de no tener bloques cerrados (Gráfico 37).

Esta nube de puntos se puede dividir en cuatro zonas (Gráfico 38) tomando como base el VPN de las actuales reservas marinas, se observa que si la decisión es situarse en un punto de la zona I, se reduce el porcentaje de áreas cerradas que se tienen en este momento, pero se obtendría un VPN menor. Si se desplaza la decisión a un punto que está dentro de la zona III, se necesitan cerrar más bloques y se obtienen menos ganancias para el VPN con respecto a las áreas marinas protegidas que ya se tienen establecidas. Finalmente, se tiene la zona II, en la cual se debe aumentar el número de bloques de pesca cerrados, pero que genera una mayor cantidad de ingresos (VPN) para los pescadores de Isla Natividad.

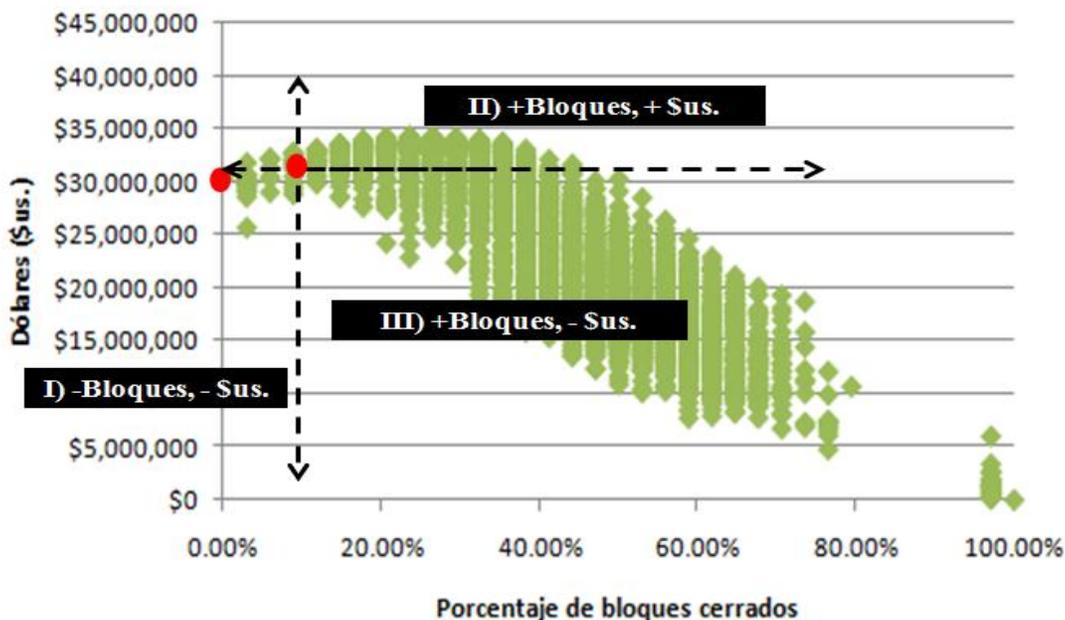
De igual forma, dentro de esta zona II con mayores valores presentes netos, existe una zona o una combinación de los bloques que maximiza el VPN por establecer áreas marinas protegidas en Isla Natividad (Gráfico 39). Para poder hallar ese máximo global, se recurre al complemento de Excel llamado Crystal Ball (herramienta OptQuest), el cual encuentra mediante técnicas avanzadas de optimización, la combinación correcta de variables (qué bloques de pesca se deben dejar abiertos o cerrados) para producir el mejor resultado posible (máximo valor presente neto) en modelos de simulación, como el que se tiene en esta investigación.

Gráfico 37. Valor medio e intervalo de los diversos VPN



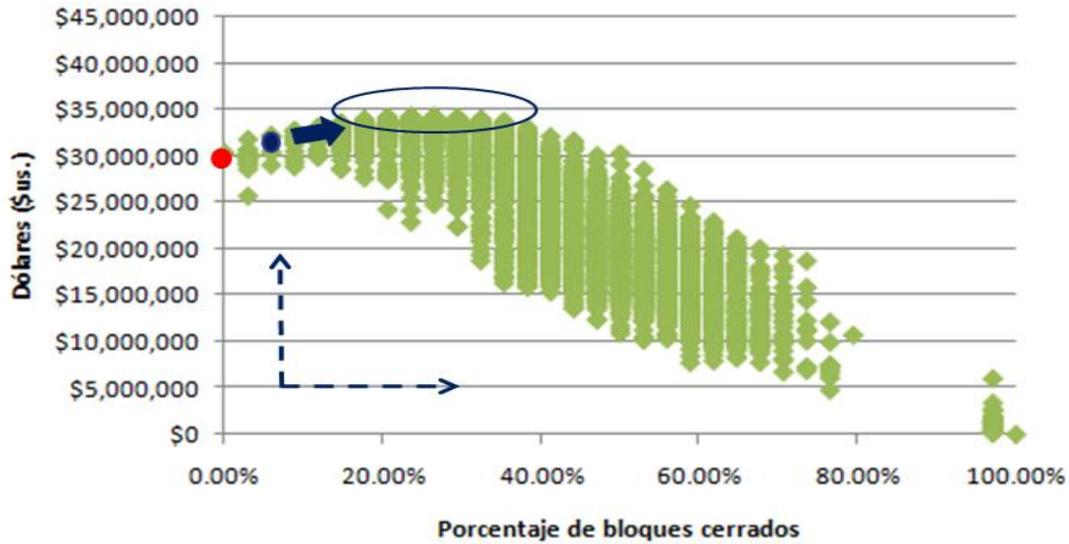
Fuente: Elaboración Propia, 2011.

Gráfico 38. Zonas donde varía el VPN por establecer áreas marinas protegidas



Fuente: Elaboración Propia, 2011.

Gráfico 39. Zona donde se maximiza el VPN por establecer áreas marinas protegidas



Fuente: Elaboración Propia, 2011.

Después de realizar la optimización, se confirma que el valor presente neto de 25 años por la implementación de las actuales áreas marinas protegidas reporta una ganancia de \$us.31.650.065, que corresponde a cerrar un nueve por ciento de los bloques de pesca (Gráfico 40).

Gráfico 40. Escenario con las actuales áreas marinas protegidas



Fuente: Elaboración Propia, 2011.

La maximización del valor presente neto (VPN) indica que lo más óptimo es cerrar entre un 25-35% del área de bloques de pesca. El mayor valor para el VPN se encuentra si se cierra un 26,5%, con este porcentaje, el VPN asciende a \$us.34.390.153. Es decir, el pasar de 9%

de bloques cerrados (actuales reservas marinas) a 26,5% (escenario óptimo), genera un aumento del 8,6% en el VPN (ganancias que recibirían los pescadores en Isla Natividad por captura de abulón). Los bloques que se deberían cerrar para lograr un escenario óptimo son: i) A5 (Punta Prieta), ii) B1 (Anegados Cabo Pruneda), iii) C3 (Morro Prieto), iv) C6 (La Poza), v) E1 (El Nido), vi) E3 (Las Cuevas-Los Muertos-El Puerto-Los Pangos), vii) F1 (La Dulce Norte y Sur), viii) F3 (El Raymundo) y ix) F11 (Piedra María) (Gráfico 41).

Lo interesante del porcentaje óptimo hallado que se debe cerrar para maximizar el VPN (26,5%) tomando en cuenta aspectos biológicos y económicos, coincide con el porcentaje hallado en la sección de economía experimental de esta investigación (Tabla 14) cuando se preguntó a personas de la comunidad por medio de encuestas qué porcentaje de la zona de pesca designaría como reserva marina si se presentara o no el fenómeno de la baja de oxígeno. Ellos indicaban que si no se presentara dicho fenómeno, estarían dispuestos a cerrar en promedio de un 21 a 30%; mientras que si se presenta baja de oxígeno, estarían dispuestos a ceder de un 41 a 50%. Es decir, el porcentaje hallado por medio de la optimización estaría en el rango en el cual las personas de Isla Natividad estarían dispuestas a ceder.

Gráfico 41. Escenario que maximiza el VPN de establecer áreas marinas protegidas

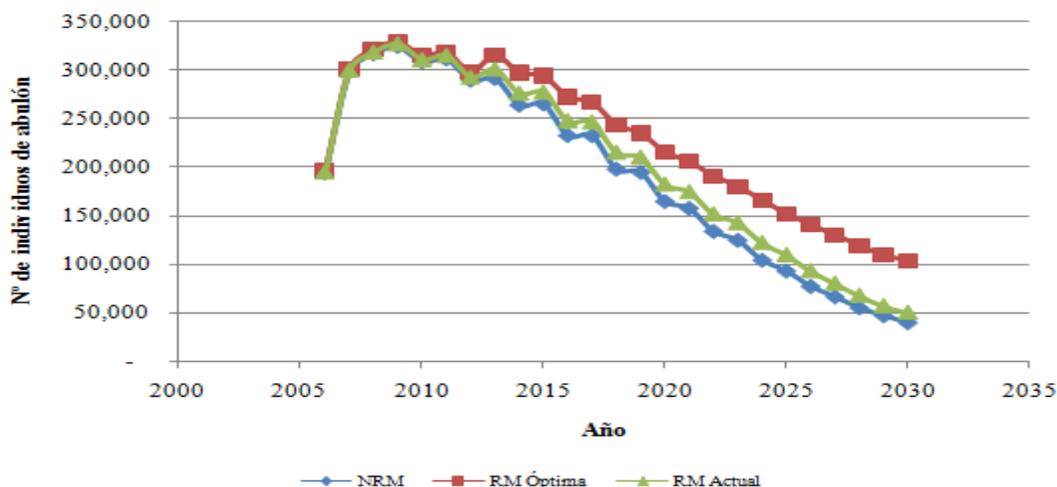


Fuente: Elaboración Propia, 2011.

Esta solución óptima para la implementación de una red de reservas marinas en Isla Natividad genera que la cantidad de abulones (Senda: Stock menos captura) sea más sostenible que no implementar reservas marinas o el escenario de las actuales reservas marinas (Gráfico 42). Es decir, el implementar la mejor solución genera que los pescadores de Isla Natividad además de recibir mayores ganancias económicas por establecer reservas

marinas con un horizonte de vida de 25 años, logren tener un mayor stock de abulones con respecto a no implementar reservas o con las actuales reservas marinas.

Gráfico 42. Senda: Stock menos captura de abulón en Isla Natividad sin reserva marina (NRM), con las actuales reservas marinas (RM Actual) y con la mejor solución encontrada para el establecimiento de reservas marinas (RM Óptima)



Fuente: Elaboración Propia, 2011.

Debido a que cerrar un 25%-30% de los bloques de pesca puede generar diversas opiniones a favor y en contra dentro de la comunidad, se puede pensar en tener soluciones tipo second best (mejores segundas soluciones) con menores ingresos económicos (VPN) para los 25 años de horizonte de vida de una reserva marina, frente a menores porcentajes de bloques cerrados y con horizontes de vida del recurso más cortos (menos tiempo para llegar a un colapso del recurso). En tal sentido, la siguiente tabla presenta escenarios alternativos con información de cuánto porcentualmente se reduce el valor presente neto del mejor o primera solución óptima frente a alternativas de solución, identificando el porcentaje de bloques que se debería dejar de cerrar.

Tabla 41. Otros mejores escenarios que maximizan el VPN de establecer áreas marinas protegidas

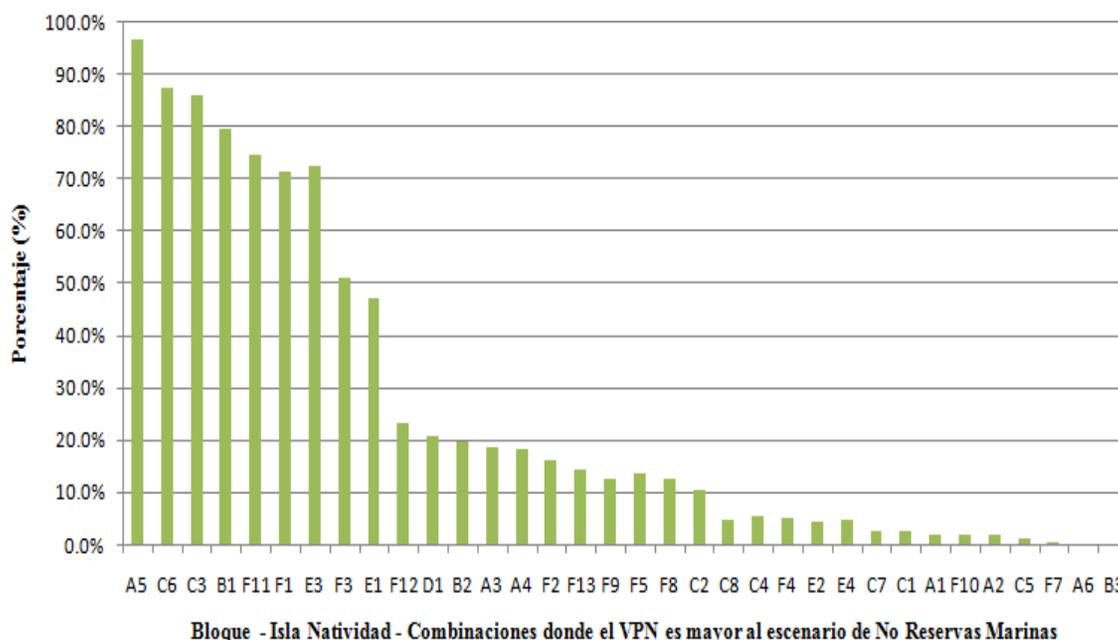
ESCENARIO	VPN	VAR. VPN	%	BLOQUES
Mejor	\$34,390,153		26.47%	A5, B1, C3, C6, E1, E3, F1, F3, F11
Segundo	\$34,368,110	-0.06%	23.52%	A5, B1, C3, C6, E3, F1, F3, F11
Tercero	\$34,327,821	-0.18%	20.58%	A5, B1, C3, C6, E3, F1, F11
Cuarto	\$34,021,595	-1.08%	17.64%	A5, B1, C3, C6, F1, F11
Quinto	\$33,674,564	-2.13%	14.70%	A5, B1, C3, C6, F1
Sexto	\$33,208,460	-3.56%	11.80%	A5, B1, C3, C6
Séptimo	\$32,851,191	-4.68%	8.80%	A5, C3, C6
Octavo	\$32,312,835	-6.43%	5.90%	A5, C3
Noveno	\$31,866,018	-7.92%	2.90%	A5
Actuales RM	\$31,650,065	-8.66%	8.80%	A5, E3, E4
No RM	\$30,399,333	-13.13%	0.00%	NINGUNO

Fuente: Elaboración Propia, 2011.

Por ejemplo, si los habitantes de la Isla deciden no implementar la solución óptima (cerrar un 26,5% de los bloques) y deciden cerrar un 14,7% (mayor porcentaje a lo que se tiene cerrado en la actualidad), esta decisión les reportaría una reducción de dos por ciento en el valor presente neto que podrían recibir por establecer áreas marinas protegidas; pero seguirían obteniendo un valor presente neto (VPN) superior a lo que recibirían con las actuales reserva y obviamente mayor a no tener ningún bloque cerrado (No RM).

De igual forma, se identificó el número de veces que un bloque aparece como cerrado o como reserva marina en las diversas combinaciones de los 34 bloques de pesca, pero tomando aquellas combinaciones que reportaran un VPN mayor al escenario de no implementar reservas marinas (Gráfico 43). Se evidencia que los bloques A5, B1, C3, C6, E3, F1 y F11 son aquellos que presentan mayor potencial para ser áreas marinas protegidas.

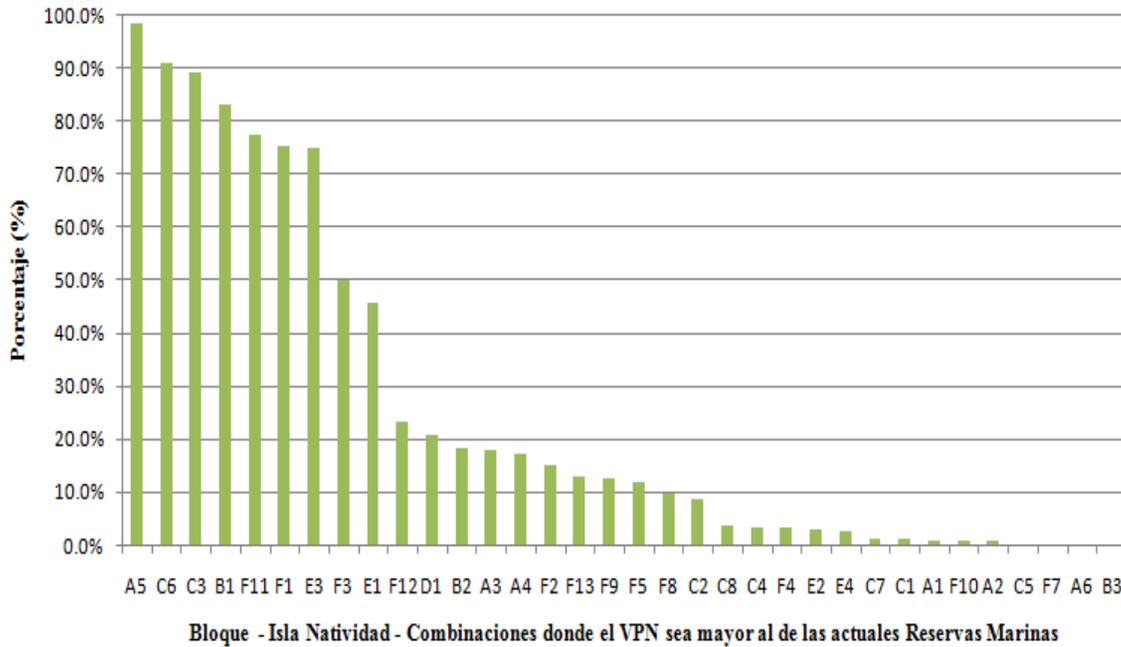
Gráfico 43. Porcentaje de veces que aparece un bloque cerrado cuando el VPN es mayor al VPN del escenario de No Reservas Marinas (NRM)



Fuente: Elaboración Propia, 2011.

También se estudió qué bloques de pesca son los que tienen mayor repetición o presencia cuando su combinación con otros bloques reporte un VPN mayor al escenario de las actuales reservas marinas (bloques A5, E3 y E4) (Gráfico 44). Se identifica que los bloques con mayor potencial para obtener un mayor VPN son A5, B1, C3, C6, E3, F1 y F11. Lo interesante de estas soluciones (Gráficos 39 y 40), es que cuando los pescadores con el asesoramiento de Comunidad y Biodiversidad decidieron cerrar bloques en el año 2006, escogieron los bloques correctos. Después de algunos años, se puede pensar en mantener los actuales bloques, cambiar alguno por otro o aumentar el número de bloques cerrados con la finalidad de mayores beneficios tanto económicos como biológicos para los habitantes de la comunidad local, y biológicos (conservación) para la comunidad global (resto de personas que viven en el mundo).

Gráfico 44. Porcentaje de veces que aparece un bloque cerrado cuando su VPN es mayor al VPN del escenario con las actuales Reservas Marinas (RM)



Fuente: Elaboración Propia, 2011.

Finalmente, se puede concluir que la implementación de las actuales reservas marinas en Isla Natividad son beneficiosas desde un punto de vista bioeconómico (biológico y económico). La implementación de las actuales reservas marinas ha posibilitado que bajo los supuestos del modelo, el recurso abulón no se agote (años 2035-2040). Las ganancias esperadas (VPN) para un horizonte de 25 años de cerrar los bloques son mayores que si no se hubieran cerrado. De igual forma, se evidencia que existen otras combinaciones de bloques que se pueden cerrar y que reportarían mayores ganancias económicas para los pescadores (escenario óptimo y segundas mejores soluciones). Se puede sacrificar ganancias económicas y decidir cerrar menos porcentaje de bloques con respecto al óptimo económico (con lo cual se puede buscar un equilibrio entre lo óptimo que se debe cerrar económicamente y lo que las personas de la Isla estén dispuestos a ceder). Existen bloques pesqueros (A5, B1, C3, C6, entre otros) que en un gran porcentaje de veces en las combinaciones que se realiza aparecen como bloques potenciales para seguir siendo o ser considerados como áreas marinas protegidas.

Un punto importante a estudiar es saber cómo varía el VPN ante variaciones en variables como el nivel de esfuerzo empleado para capturar abulón, porcentaje de larvas de abulón que migran de una reserva marina a un bloque contiguo y porcentaje de sobrevivencia-reclutamiento de los abulones. La siguiente sección está destinada a esto, para eso se crea y se calcula diversas elasticidades.

4.5.1.3. Elasticidades que miden la variación en el valor presente neto (VPN) ante cambios en el nivel de esfuerzo, porcentaje de larvas que migran al bloque contiguo y porcentaje de sobrevivencia-reclutamiento

Dentro los supuestos que se establecieron para la modelación del ejercicio de optimización se especificó que: i) el nivel de esfuerzo de los pescadores irá aumentando cada año en un 15%, ii) del total de larvas que sobreviven y que son generadas en una reserva marina, el 50% se queda en dicho bloque y el resto migra al bloque adyacente y iii) del total de larvas que se genera, sólo sobrevive un 0,05% y de cada abulón que sobrevive, un 0,01 llega a reclutarse. Entonces, lo que se busca es ver como varía el valor presente neto (VPN) de la implementación de reservas marinas ante variaciones en los tres supuestos especificados. Para esto, se diseñó y se calculó tres medidas de elasticidad que son las siguientes:

4.5.1.3.1. Elasticidad VPN del nivel de esfuerzo y sobrevivencia-reclutamiento manteniendo constante el porcentaje que migra de un bloque al otro (50%)

a) Elasticidad VPN del nivel de esfuerzo manteniendo constante el porcentaje que migra de un bloque al otro

Esta elasticidad mide la variación relativa o porcentual que experimenta el valor presente neto (VPN) como consecuencia de una variación en el nivel de esfuerzo empleado por los pescadores en la captura de abulón para diferentes valores de sobrevivencia-reclutamiento de larvas. Es decir, mide la intensidad con la que responde el VPN a una variación en el nivel de esfuerzo de captura.

$$\epsilon_{\text{VPN Nivel de Esfuerzo}} = \frac{\text{Variación \% VPN}}{\text{Variación \% Esfuerzo}} = \frac{\frac{VPN_1 - VPN_0}{VPN_0}}{\frac{Esf_1 - Esf_0}{Esf_0}}$$

La siguiente tabla presenta los valores de cambios porcentuales en el valor presente neto (VPN) ante cambios porcentuales en el nivel de esfuerzo para diversos escenarios de sobrevivencia-reclutamiento de larvas en Isla Natividad (el escenario base para sobrevivencia-reclutamiento es 0,00001 = 0%). Por ejemplo, se observa que si la sobrevivencia-reclutamiento es igual a 0,000016, un aumento del 3% en el nivel de esfuerzo, origina un aumento del 23,3% en el VPN. La elasticidad promedio del VPN ante cambios en el esfuerzo es igual a 21,4%; es decir, un aumento del 3% en el esfuerzo, genera en promedio un aumento del VPN en 21,4%.

Tabla 42. Elasticidad VPN nivel de esfuerzo en diferentes escenarios de sobrevivencia de larvas, manteniendo constante % que migra de larvas de un bloque al otro (50%)

		Sobrevivencia-Reclutamiento de Larvas											Promedio
		-100%	-80%	-60%	-40%	-20%	0%	20%	40%	60%	80%	100%	
Esfuerzo (+)	30%-27%	0.7%	0.0%	2.1%	5.9%	5.0%	6.9%	10.7%	6.1%	6.4%	6.8%	3.3%	
	27%-24%	1.4%	1.6%	4.5%	5.8%	3.6%	6.2%	-0.2%	4.8%	7.7%	5.1%	4.5%	
	24%-21%	4.6%	3.7%	4.0%	6.6%	5.0%	5.0%	5.6%	6.5%	4.0%	6.4%	8.1%	
	21%-18%	1.2%	1.6%	3.2%	2.6%	5.8%	5.2%	6.8%	6.6%	12.1%	6.2%	5.3%	
Relación es positiva o en la misma dirección	18%-15%	5.9%	5.7%	6.6%	8.8%	10.3%	11.4%	11.0%	11.1%	7.9%	12.1%	13.7%	
	15%-12%	16.1%	14.9%	15.1%	15.8%	16.0%	17.4%	18.6%	19.8%	20.3%	21.8%	19.2%	
	12%-9%	24.5%	26.7%	26.7%	27.1%	28.2%	29.6%	30.8%	31.6%	32.0%	30.2%	32.1%	
	9%-6%	38.4%	38.7%	39.5%	40.7%	42.9%	43.4%	43.6%	42.7%	43.5%	44.1%	44.2%	
	6%-3%	45.6%	45.7%	46.6%	47.2%	47.5%	48.4%	48.9%	50.3%	50.1%	51.1%	51.6%	
	3%-0%	46.5%	46.8%	47.1%	47.6%	47.6%	47.6%	48.1%	48.7%	49.0%	49.2%	49.2%	
Promedio		18.5%	18.5%	19.6%	20.8%	21.2%	22.1%	22.4%	22.8%	23.3%	23.3%	23.1%	21.4%

Fuente: Elaboración Propia, 2011.

b) Elasticidad VPN de sobrevivencia-reclutamiento manteniendo constante el porcentaje que migra de un bloque al otro

Esta elasticidad mide la variación relativa o porcentual que experimenta el valor presente neto (VPN) como consecuencia de una variación en el nivel de sobrevivencia-reclutamiento de abulón para diferentes valores de esfuerzo. Es decir, mide la intensidad con la que responde el VPN a una variación en el nivel de sobrevivencia-reclutamiento de larvas.

$$\varepsilon_{\text{Sobr.-Reclutamiento}}^{\text{VPN}} = \frac{\text{Variación \% VPN}}{\text{Variación \% Sobrevivencia - Reclutamiento}} = \frac{\frac{VPN_1 - VPN_0}{VPN_0}}{\frac{SR_1 - SR_0}{SR_0}}$$

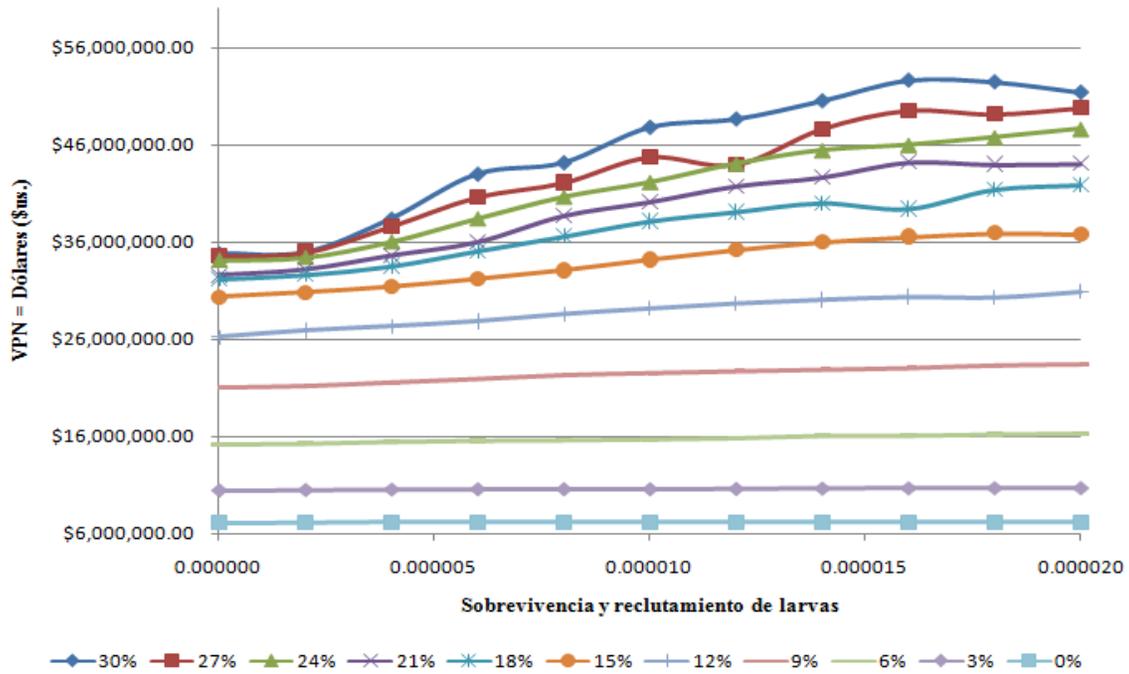
Se observa que a medida que la sobrevivencia-reclutamiento de larvas aumenta en un 20%, el VPN aumenta en un 2,1% en promedio para cualquier nivel de esfuerzo.

Tabla 43. Elasticidad VPN de sobrevivencia-reclutamiento en diferentes escenarios de esfuerzo, manteniendo constante % que migra de larvas de un bloque al otro (50%)

		Sobrevivencia-reclutamiento de larvas (+ = Relación es positiva o en la misma dirección)										Promedio
		$\Delta+20\%$	$\Delta+20\%$	$\Delta+20\%$	$\Delta+20\%$	$\Delta+20\%$	$\Delta+20\%$	$\Delta+20\%$	$\Delta+20\%$	$\Delta+20\%$	$\Delta+20\%$	
Esfuerzo	30%	0.3%	10.0%	12.0%	2.7%	8.2%	1.8%	3.8%	4.2%	-0.3%	-2.0%	4.1%
	27%	1.0%	7.7%	8.0%	3.7%	6.3%	-1.7%	8.3%	4.0%	-0.8%	1.3%	3.8%
	24%	0.8%	4.7%	6.6%	5.9%	3.7%	4.6%	3.1%	1.2%	1.7%	1.9%	3.4%
	21%	1.8%	4.3%	4.0%	7.5%	3.7%	4.1%	2.2%	3.6%	-0.5%	0.2%	3.1%
	18%	1.4%	2.7%	4.7%	4.3%	4.3%	2.5%	2.3%	-1.5%	5.0%	1.1%	2.7%
	15%	1.5%	1.9%	2.5%	2.8%	3.3%	2.9%	2.3%	1.4%	1.1%	-0.3%	1.9%
	12%	2.5%	1.7%	1.9%	2.6%	2.0%	1.8%	1.3%	1.0%	-0.2%	1.9%	1.7%
	9%	0.7%	1.7%	1.6%	1.8%	0.9%	0.8%	0.7%	0.7%	1.2%	0.5%	1.1%
	6%	0.5%	1.1%	0.7%	0.3%	0.6%	0.7%	1.4%	0.1%	0.8%	0.4%	0.6%
	3%	0.5%	0.5%	0.3%	0.0%	0.0%	0.3%	0.5%	0.2%	0.1%	0.1%	0.2%
0%	0.2%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
Promedio												2.1%

Fuente: Elaboración Propia, 2011.

Gráfico 45. Sendas de VPN y sobrevivencia-reclutamiento ante diferentes escenarios de esfuerzo, manteniendo constante % que migra de larvas de un bloque al otro (50%)



Fuente: Elaboración Propia, 2011.

Estas elasticidades se pueden observar en el gráfico anterior, en el cual se observa las diferentes sendas del valor presente neto (VPN) para diferentes niveles de sobrevivencia-reclutamiento (horizontalmente) y para diferentes niveles de esfuerzo (verticalmente). El VPN varía ante cambios en el nivel de esfuerzo que ejerzan los pescadores o ante cambios en la tasa de sobrevivencia-reclutamiento del recurso abulón. El VPN es más elástico en el caso de cambios en el nivel de esfuerzo. También se puede evidenciar, que el VPN puede tener mayores o más notorios cambios ante un nivel de esfuerzo alto y un mayor nivel de la tasa de sobrevivencia-reclutamiento.

4.5.1.3.2. Elasticidad VPN del porcentaje que migra de un bloque al otro y del nivel de esfuerzo, manteniendo constante la sobrevivencia-reclutamiento (0,00001)

a) Elasticidad VPN del porcentaje de larvas que migra de un bloque al otro manteniendo constante la sobrevivencia-reclutamiento de larvas

Esta elasticidad mide la variación relativa o porcentual que experimenta el valor presente neto (VPN) como consecuencia de una variación en la cantidad de larvas que migran de un bloque a otro bloque adyacente, para diferentes valores de sobrevivencia-reclutamiento de larvas. Es decir, mide la intensidad con la que responde el VPN a una variación en el porcentaje de larvas que migra de un bloque a otro.

$$\varepsilon_{\text{Migración}}^{\text{VPN}} = \frac{\text{Variación \% VPN}}{\text{Variación \% Migración}} = \frac{\frac{VPN_1 - VPN_0}{VPN_0}}{\frac{Mig_1 - Mig_0}{Mig_0}}$$

La siguiente tabla presenta los valores de cambios porcentuales en el valor presente neto (VPN) ante cambios en el porcentaje de larvas que migran de un bloque a otro bloque contiguo, para diversos escenarios de esfuerzo empleados por pescadores en Isla Natividad. Por ejemplo, se observa que si el nivel de esfuerzo es igual a tres por ciento, un aumento del 10% de las larvas que se quedan en el bloque, produce que el VPN disminuya un 0,2%. La elasticidad promedio del VPN ante cambios en la cantidad de larvas que migran de un bloque a otro es igual a -1,2%; es decir, un aumento del 10% en la cantidad de larvas que se quedan en un bloque (reserva marina), genera en promedio una disminución del VPN en 1,2%.

Tabla 44. Elasticidad VPN del nivel de larvas que migran de un bloque a otro en diferentes escenarios de esfuerzo, manteniendo constante la sobrevivencia-reclutamiento (0,00001)

		Nivel de esfuerzo empleado en la captura de abulón							Promedio
		0%	3%	6%	9%	12%	15%	18%	
Porcentaje Queda (-)	100%-90%	-0.2%	-0.5%	-0.5%	-0.7%	-2.5%	-1.5%	-1.3%	
	90%-80%	-0.3%	-0.5%	-1.1%	-1.6%	-1.6%	-1.8%	-2.6%	
	80%-70%	0.0%	-0.3%	-0.7%	-1.6%	-1.9%	-2.5%	-6.1%	
	70%-60%	0.0%	0.0%	-0.3%	-1.8%	-2.6%	-3.1%	-1.0%	
Relación es negativa o en diferente dirección	60%-50%	0.0%	0.0%	-0.6%	-0.9%	-2.0%	-3.3%	-5.2%	
	50%-40%	0.0%	-0.3%	-0.7%	-0.8%	-1.8%	-2.5%	-3.6%	
	40%-30%	0.0%	-0.5%	-1.1%	-0.7%	-1.3%	-1.5%	-0.3%	
	30%-20%	0.0%	-0.2%	-0.7%	-0.7%	-0.7%	-1.9%	-0.8%	
	20%-10%	0.0%	-0.1%	-0.4%	-1.2%	-0.8%	-0.3%	-4.2%	
	10%-0%	0.0%	0.0%	-0.4%	-0.5%	-1.2%	-1.3%	-0.8%	
Promedio		0.0%	-0.2%	-0.6%	-1.0%	-1.6%	-2.0%	-2.6%	-1.2%

Fuente: Elaboración Propia, 2011.

b) Elasticidad VPN del nivel de esfuerzo manteniendo constante la sobrevivencia-reclutamiento de larvas

Esta elasticidad mide la variación relativa o porcentual que experimenta el valor presente neto (VPN) como consecuencia de una variación en el nivel de esfuerzo de captura de abulón para diferentes porcentajes de larvas que migran de un bloque a otro. Es decir, mide la intensidad con la que responde el VPN a una variación en el nivel de esfuerzo.

$$\varepsilon_{\text{Esfuerzo}}^{\text{VPN}} = \frac{\text{Variación \% VPN}}{\text{Variación \% Esfuerzo}} = \frac{\frac{VPN_1 - VPN_0}{VPN_0}}{\frac{Esf_1 - Esf_0}{Esf_0}}$$

Se observa que a medida que el esfuerzo por la captura de abulón aumenta en un 3%, el VPN aumenta en un 16,2% en promedio, para cualquier porcentaje de larvas que migran de un bloque a otro.

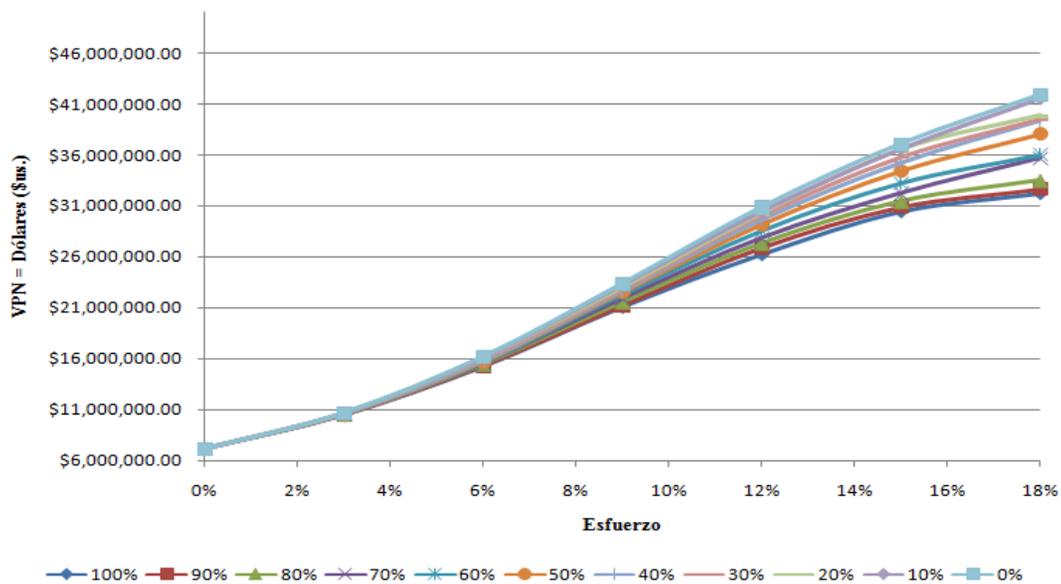
Tabla 45. Elasticidad VPN esfuerzo en diferentes escenarios para % de larvas que migran de un bloque a otro adyacente, manteniendo constante la sobrevivencia-reclutamiento (0,00001)

Esfuerzo empleado en la captura de abulón (+ = Relación es positiva o en la misma dirección)									
		$\Delta+3\%$	Promedio						
Porcentaje Queda	100%	46.5%	45.6%	38.4%	24.5%	16.1%	5.9%		14.7%
	90%	46.8%	45.7%	38.7%	26.7%	14.9%	5.7%		14.9%
	80%	47.1%	46.6%	39.5%	26.7%	15.1%	6.6%		15.1%
	70%	47.6%	47.2%	40.7%	27.1%	15.8%	10.6%		15.8%
	60%	47.6%	47.5%	42.9%	28.2%	16.4%	8.3%		15.9%
	50%	47.6%	48.4%	43.4%	29.6%	18.0%	10.5%		16.5%
	40%	48.1%	48.9%	43.6%	30.8%	18.9%	11.8%		16.8%
	30%	48.7%	49.8%	43.1%	31.6%	19.1%	10.5%		16.9%
	20%	49.0%	50.6%	43.0%	31.6%	20.7%	9.2%		17.0%
	10%	49.2%	51.1%	44.1%	31.1%	20.1%	13.5%		17.4%
	0%	49.2%	51.6%	44.2%	32.1%	20.1%	13.0%		17.5%
Promedio									16.2%

Fuente: Elaboración Propia, 2011.

Las elasticidades descritas en la tabla anterior se pueden observar en el gráfico siguiente, en el cual se observa las diferentes sendas del valor presente neto (VPN) para diferentes valores de esfuerzo (ver puntos horizontalmente) y para diferentes porcentajes de larvas que migran de un bloque (reserva marina) a otro bloque adyacente (ver puntos verticalmente). Resumiendo, se puede indicar que si aumenta el nivel de larvas que migran de un bloque a otro o el nivel de esfuerzo, el VPN aumenta, pero en mayor medida para el caso del esfuerzo (VPN es más elástico). En el gráfico, se observa que a medida que el esfuerzo por la pesca de abulón aumenta, el VPN también aumenta; pero en mayor medida si las larvas que se quedan en la reserva marina son menores en cantidad.

Gráfico 46. Sendas de VPN y esfuerzo ante diferentes escenarios de % de larvas que se queda en la reserva marina, manteniendo constante la sobrevivencia-reclutamiento (0,00001)



Fuente: Elaboración Propia, 2011.

4.5.1.3.3. Elasticidad VPN del porcentaje de larvas que se queda en el bloque (reserva marina) y sobrevivencia-reclutamiento de larvas, manteniendo constante el esfuerzo empleado para la captura de abulón (15%)

a) *Elasticidad VPN del porcentaje de larvas que se quedan en el bloque manteniendo constante el esfuerzo para la captura de abulón*

Esta elasticidad mide la variación relativa o porcentual que experimenta el valor presente neto (VPN) como consecuencia de una variación en el porcentaje de larvas que se queda en el bloque para diferentes valores de sobrevivencia-reclutamiento de larvas. Es decir, mide la intensidad con la que responde el VPN a una variación en el porcentaje de larvas que se quedan en el bloque (reserva marina).

$$\varepsilon_{\substack{VPN \\ \% \text{ Queda}}} = \frac{\text{Variación \% VPN}}{\text{Variación \% Queda}} = \frac{\frac{VPN_1 - VPN_0}{VPN_0}}{\frac{Q_1 - Q_0}{Q_0}}$$

La siguiente tabla presenta los valores de cambios porcentuales en el valor presente neto (VPN) ante cambios en el porcentaje de larvas que se quedan en el bloque (reserva marina) para diversos escenarios de sobrevivencia-reclutamiento de larvas en Isla Natividad (el escenario base para sobrevivencia-reclutamiento es 0,00001 = 0%). Por ejemplo, se observa que si la sobrevivencia-reclutamiento es igual a 0,000016 (aumento del 60%), un aumento del 10% en el porcentaje de larvas que se quedan en el bloque, origina que el VPN disminuya en un 2,3%. La elasticidad promedio del VPN ante cambios en el porcentaje de larvas que se quedan en el bloque es igual a -1,6%; es decir, un aumento del 10% en el porcentaje de larvas que se quedan, genera en promedio una disminución del VPN de 1,6%.

Tabla 46. Elasticidad VPN del porcentaje de larvas que se quedan en el bloque en diferentes escenarios de sobrevivencia-reclutamiento de larvas, manteniendo constante el esfuerzo empleado para la captura de abulón (15%)

		Sobrevivencia-Reclutamiento de Larvas											
		-100%	-80%	-60%	-40%	-20%	0%	20%	40%	60%	80%	100%	
Porcentaje Queda (-) Relación es negativa o en diferente dirección	100%-90%	0.0%	0.0%	-0.2%	-0.6%	-1.0%	-1.5%	-1.9%	-2.3%	-2.7%	-3.0%	-3.3%	Promedio
	90%-80%	0.0%	-0.2%	-0.8%	-1.4%	-1.6%	-1.8%	-2.0%	-2.8%	-3.4%	-4.6%	-5.5%	
	80%-70%	0.0%	-0.3%	-0.9%	-1.1%	-1.2%	-2.5%	-3.8%	-4.6%	-5.5%	-5.5%	-5.5%	
	70%-60%	0.0%	-0.5%	-0.8%	-0.9%	-2.5%	-3.1%	-3.9%	-3.1%	-4.1%	-3.7%	-3.6%	
	60%-50%	0.0%	-0.5%	-0.6%	-1.9%	-2.5%	-3.3%	-2.5%	-4.0%	-1.2%	-2.1%	-1.5%	
	50%-40%	0.0%	-0.4%	-0.6%	-1.9%	-2.7%	-2.5%	-2.9%	-1.8%	-2.4%	-1.0%	-2.2%	
	40%-30%	0.0%	-0.4%	-1.2%	-2.1%	-2.1%	-2.3%	-1.2%	-0.1%	-0.4%	-0.6%	1.4%	
	30%-20%	0.0%	-0.4%	-1.0%	-1.9%	-1.7%	-0.9%	-1.2%	-1.8%	-1.0%	0.2%	-2.1%	
	20%-10%	0.0%	-0.3%	-1.1%	-1.6%	-0.7%	-0.6%	-1.8%	-0.1%	-0.6%	-2.6%	-1.1%	
10%-0%	0.0%	-0.3%	-1.3%	-0.7%	-2.0%	-0.7%	-0.9%	-0.4%	-1.7%	0.2%	-0.7%		
Promedio		0.0%	-0.3%	-0.9%	-1.4%	-1.8%	-1.9%	-2.2%	-2.1%	-2.3%	-2.3%	-2.4%	-1.6%

Fuente: Elaboración Propia, 2011.

b) Elasticidad VPN de sobrevivencia-reclutamiento de larvas manteniendo constante el esfuerzo para la captura de abulón

Esta elasticidad mide la variación relativa o porcentual que experimenta el valor presente neto (VPN) como consecuencia de una variación en el nivel de sobrevivencia-reclutamiento de larvas de abulón para diferentes valores del porcentaje de larvas que se quedan en el bloque (reserva marina). Es decir, mide la intensidad con la que responde el VPN a una variación en el nivel de sobrevivencia-reclutamiento de larvas.

$$\varepsilon_{\text{Sobr.-Reclutamiento}}^{\text{VPN}} = \frac{\text{Variación \% VPN}}{\text{Variación \% Sobrevivencia - Reclutamiento}} = \frac{\frac{VPN_1 - VPN_0}{VPN_0}}{\frac{SR_1 - SR_0}{SR_0}}$$

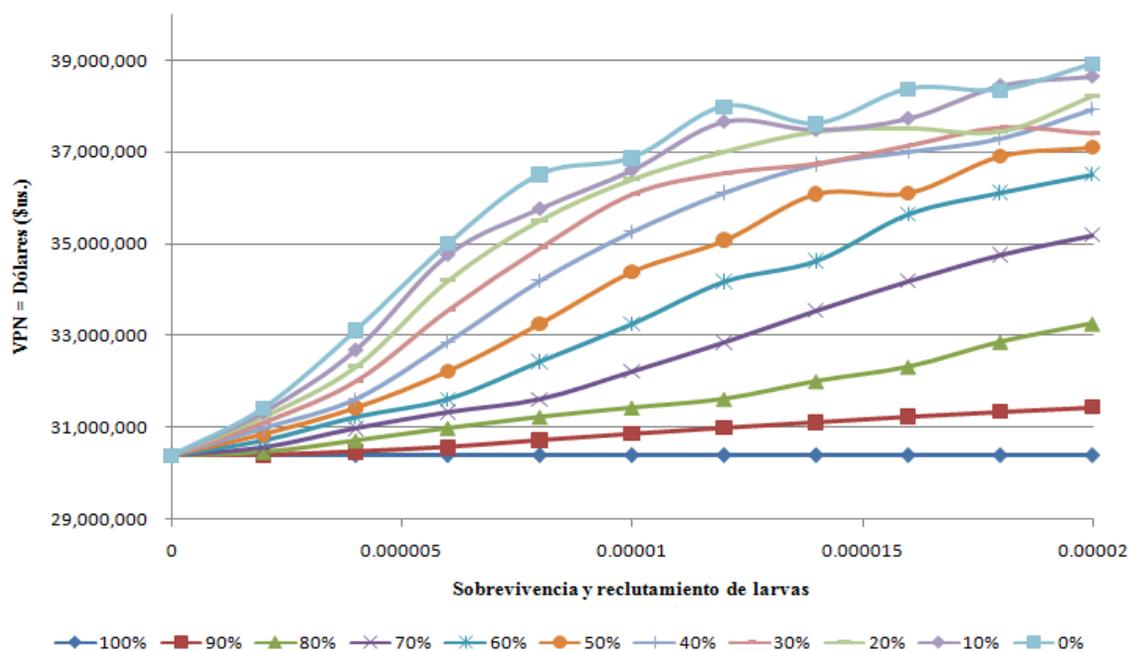
Se observa que a medida que la sobrevivencia-reclutamiento de larvas aumenta en un 20%, el VPN aumenta en promedio en 1,7% para cualquier valor de porcentaje de larvas que se queda en un bloque (Tabla 47). Estas elasticidades se pueden observar en el gráfico 47, en el cual se observa las diferentes sendas del valor presente neto (VPN) para diferentes niveles de sobrevivencia-reclutamiento (horizontalmente) y para diferentes porcentajes de larvas que se quedan en el bloque (verticalmente). Se evidencia que si aumenta la sobrevivencia-reclutamiento de larvas o si disminuye el porcentaje de larvas que se queda en el bloque (reserva marina), el VPN aumenta. El VPN aumenta en mayor medida (mayor elasticidad) cuando la sobrevivencia-reclutamiento de larvas es mayor, pero cuando el porcentaje de larvas que se queda en un bloque (reserva marina) es menor.

Tabla 47. Elasticidad VPN de sobrevivencia-reclutamiento de larvas en diferentes escenarios de porcentaje de larvas que se quedan en el bloque, manteniendo constante el esfuerzo empleado para la captura de abulón (15%)

Sobrevivencia-Reclutamiento de Larvas (+ = Relación es positiva o en la misma dirección)												
		Δ+20%	Promedio									
Porcentaje Queda	100%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	90%	0.0%	0.2%	0.3%	0.5%	0.5%	0.4%	0.4%	0.4%	0.3%	0.3%	0.3%
	80%	0.2%	0.8%	0.9%	0.8%	0.6%	0.6%	1.2%	1.0%	1.7%	1.2%	0.9%
	70%	0.6%	1.4%	1.1%	0.9%	1.9%	2.0%	2.1%	1.9%	1.7%	1.2%	1.5%
	60%	1.1%	1.7%	1.3%	2.6%	2.5%	2.8%	1.3%	2.9%	1.3%	1.1%	1.9%
	50%	1.5%	1.9%	2.5%	3.2%	3.4%	2.0%	2.9%	0.1%	2.2%	0.5%	2.0%
	40%	2.0%	2.0%	3.9%	4.1%	3.1%	2.4%	1.7%	0.7%	0.8%	1.7%	2.2%
	30%	2.3%	2.9%	4.8%	4.0%	3.3%	1.3%	0.6%	1.1%	1.0%	-0.3%	2.1%
	20%	2.7%	3.5%	5.8%	3.8%	2.5%	1.7%	1.2%	0.2%	-0.2%	2.1%	2.3%
	10%	3.1%	4.3%	6.3%	2.9%	2.4%	2.9%	-0.5%	0.7%	1.9%	0.5%	2.4%
0%	3.4%	5.4%	5.7%	4.3%	1.0%	3.0%	-1.0%	2.0%	-0.1%	1.5%	2.5%	
PROMEDIO												1.7%

Fuente: Elaboración Propia, 2011.

Gráfico 47. Sendas de VPN y sobrevivencia-reclutamiento ante diferentes escenarios de porcentaje de larvas que se queda en el bloque (reserva marina), manteniendo constante el esfuerzo empleado para la captura de abulón (15%)



Fuente: Elaboración Propia, 2011.

Una vez estimadas las diversas elasticidades del valor presente neto (VPN) ante cambios en el nivel de esfuerzo ejercido por los pescadores para la captura de abulón, porcentaje de larvas que migran de un bloque cerrado (reserva marina) a otro bloque contiguo y porcentaje de sobrevivencia-reclutamiento de abulones, se evidencia que el VPN es más elástico o más sensible a cambios en el nivel de esfuerzo. Lo importante de esta variable (esfuerzo) es que está bajo control de los mismos pescadores y de la autoridad pesquera; no así el resto de variables que son biológicas. En tal sentido, mayores cambios (incrementos o reducciones) en el VPN ante variaciones (incrementos o reducciones) en el porcentaje de bloques de pesca que se puedan destinar a reservas marinas dependerán en mayor medida de cambios en el nivel de esfuerzo que cambios en el porcentaje de larvas que migran de un bloque a otro y del porcentaje de sobrevivencia-reclutamiento.

4.5.2. Conclusiones costo de oportunidad de la implementación de una reserva marina en Isla Natividad a consecuencia de la dispersión de larvas

La implementación de una reserva marina ofrece un mejoramiento y un sinnúmero de bienes y servicios ambientales para la comunidad tanto local como global. En el caso de los usuarios directos, servicios como aumentos en la captura en bloques adyacentes, recursos biológicos de mayor tamaño y peso, mayor descendencia para las especies, seguro contra el cambio climático, buceo, turismo, fuentes de empleo, entre otros que pueden aumentar el bienestar social y económico. Usuarios no directos, como aquellos que gozan por saber que su existencia mejora ecosistemas, preserva recursos que pudieron haber sido extinguidos o por el hecho de dejar un legado a sus futuras descendencias, estarían dispuestos a pagar algún monto económico para implementar dicha herramienta de gestión y conservación.

Después de realizar un análisis de simulación a nivel bloque, se observó y se confirmó que la implementación de reservas marinas, además de tener beneficios biológicos para el ecosistema, reporta beneficios económicos para la comunidad. En este caso, para los pescadores de Isla Natividad. Si las actuales áreas cerradas en la Isla permanecieran cerradas por un lapso de 25 años, los pescadores obtendrían una ganancia adicional de casi un millón 250 mil dólares frente a la decisión de no haberlas cerrado por el solo hecho de dispersión de larvas de abulón. Es decir, la decisión tomada en el año 2006 por la Asamblea de la Cooperativa de cerrar estos bloques les reportará beneficios en unos cuantos años. Es importante indicar que este dinero que ganarán adicional por implementar las reservas actuales, sólo corresponde al cálculo de una sola especie y de un solo servicio ambiental (captura de abulón por dispersión de larvas). Obviamente que dicho valor aumentaría si se contabilizaría otras especies como la langosta, pepino de mar, escama entre otros de lo cual se puede sacar mayor provecho.

A este valor se le puede sumar otras actividades como buceo en los bloques cerrados, investigación, ecoturismo, etc. Es decir, el valor calculado solo es una parte del valor total que puede reportar el implementar una reserva marina en Isla Natividad. Sería excelente en futuros trabajos poder estimar otros Pagos por Servicios Ambientales Marinos y Costeros (PSAMC) que puede ofrecer la implementación de esta herramienta de gestión pesquera (escapa al ámbito de estudio de esta investigación) y que beneficiaría a toda la comunidad, dando un respiro a la extracción de recursos marinos para su conservación sin ir en contra de la economía de los pescadores.

Los pescadores de la Isla deben esperar como mínimo nueve (9) años para que los beneficios acumulados sean mayores a los costos acumulados por la implementación de las actuales reservas marinas. A partir del siguiente año, después de haber compensado los costos, las ganancias que obtienen por el efecto “desbordamiento” de larvas mejoran el bienestar económico y ofrece evidencia de que implementar este tipo de herramienta de gestión reporta beneficios y que puede ser tomada en cuenta por otras Cooperativas de la zona y por otras pesquerías en el país. Lo importante es poder identificar fuentes alternas de ingresos para poder compensar a los pescadores por esos primeros años en que sus ingresos se reducirán por dejar de capturar. Se podría pensar en desarrollar Pagos por Servicios Ambientales como los hay en el sector forestal, donde se paga a personas que dejen de talar alguna especie para su conservación.

Con los 34 bloques de pesca que se tiene disponible en la Isla, se puede realizar un sinnúmero de combinaciones con la finalidad de obtener otros escenarios que reporten mayores beneficios que con las actuales reservas marinas. En la actualidad el área destinada a áreas marinas protegidas es del 9%, si los pescadores decidieran cerrar un 26,5% obtendrían un 8,6% más de beneficios económicos. Es decir, a medida que se cierran más porcentaje de bloques, los pescadores lograrán mayores beneficios; pero hasta llegar a un máximo, después del cual los beneficios irán reduciendo. En este punto, también es importante indicar que se deben cerrar los bloques correctos, es decir, el hecho de cerrar un 26,5% con otros bloques no los correctos puede llevar a generar incluso menores ganancias.

Este proceso de optimizar por el cual se quiere llegar a maximizar las ganancias de captura de abulón por dispersión de larvas, lleva a identificar a ciertos bloques de pesca como los potenciales bloques a ser considerados como reservas marinas. En este grupo de bloques están el A5, B1, C3, C6, E3, F11 entre otros. Y lo importante es observar que de este grupo de bloques potenciales, dos son ya reservas marinas; es decir, la decisión de cerrar bloques en el año 2006 fue la correcta y se escogieron los bloques correctos.

Al analizar como varía el valor presente neto (VPN) por las capturas de abulón por la implementación de reservas marinas en un horizonte de vida de 25 años, se identifica que dicha variable es más sensible a cambios en el nivel de esfuerzo empleado por los pescadores en las actividades de captura que ante cambios en otras variables biológicas. Se podría indicar que este resultado es positivo en la medida en que el esfuerzo es una variable que puede ser controlada tanto por los pescadores de la Isla como por la autoridad pesquera.

Finalmente, indicar que la decisión tomada en el año 2006 por la Cooperativa de Buzos y Pescadores de Isla Natividad fue la acertada desde un punto de vista biológico y económico. En un futuro, los miembros de la Cooperativa deberían pensar en mantener o tratar de incrementar el porcentaje de bloques cerrados, obviamente esto les puede traer pérdidas en un corto plazo, pero ganancias en un mediano o largo plazo pensando en las futuras generaciones de pescadores.

5. Conclusiones de la investigación

Los recursos marinos en la región de Baja California siempre han sido importantes en su historia y en su desarrollo, empezando desde los inicios con la llegada de los primeros habitantes cazadores recolectores a la península, que poco a poco incorporaron los frutos del mar como un alimento muy importante en su dieta, en especial los mariscos como fuente de proteína (Erlandson, 1988). En la actualidad, la pesca de abulón al tener un alto valor comercial en el mercado internacional, es considerada una actividad en la cual muchas familias o regiones basan tanto su actividad económica y/o social como los habitantes de Isla Natividad.

Las capturas reportadas en los últimos años, son aproximadamente un poco menos del quince por ciento de las reportadas en los años de 1950. Las hipótesis acerca de las causas de esa disminución están asociadas a una fuerte presión de pesca, cambios en el clima marino, pesca ilegal, pesca no registrada o una combinación de éstas (Ponce Díaz, 2008). Sin embargo, otra hipótesis indica que la baja de la captura se debe a la estrategia de manejo que se viene aplicando con la reducción de las cuotas de captura y no a una disminución proporcional de la biomasa (INP, 2006). Las especies abulón azul (*Haliotis Fulgens*) y abulón amarillo (*Haliotis Corrugata*) son prácticamente una fracción de lo que fueron históricamente; mientras que el abulón chino (*Haliotis sorenseni*) y el abulón negro (*Haliotis cracherodii*), están casi extirpados de las costas de Baja California (Sáenz-Arroyo, 2008).

Esta pérdida de especies y el deterioro de ecosistemas, genera la necesidad de realizar estudios sobre historia ecológica y estimación de líneas base de abundancia como un primer paso para tratar de hacer una restauración o como para tener un punto de referencia y así

poder diseñar políticas óptimas no solo para el manejo de recursos marinos, sino todo tipo de recursos naturales.

En el caso del abulón en Baja California, se constató a través de encuestas a buzos, que generaciones pasadas obtenían mejores capturas tanto en peso (kilogramos) y medida (centímetros) en comparación con las que se obtienen hoy. Esta reducción tanto en tamaño y peso de abulones genera que con el paso del tiempo se vea afectada la capacidad de descendencia, expresada en la cantidad de huevos que se deja de producir. En el caso del abulón azul, se evidencia que a través de la descripción de los buzos de diferentes generaciones, la descendencia que un abulón puede generar se redujo en casi un 70%. En tal sentido, se podría pensar que además de tener medidas mínimas para la captura, se debería implementar medidas máximas para conservar a aquellos especímenes que puedan generar mayores descendencias. La gran reducción del potencial reproductivo de estos organismos indica que es urgente establecer adicionalmente una medida que proteja los bancos reproductivos a través de una red de reservas completamente protegidas. Esto permitirá mantener las poblaciones y recuperarlas ante un ambiente cada día más variable.

Para el éxito en el diseño, implementación y desarrollo de reservas marinas se debe tomar en cuenta aspectos económicos, biológicos y culturales o sociales entre otros. En el caso de aspectos sociales, es bueno que los diseñadores de política estudien esas variables de capital social que influyen en la toma de decisiones que toman los pescadores o habitantes de las zonas costeras, como es el caso de Isla Natividad. Se evidenció a través de juegos económicos experimentales que personas de la comunidad tienen respuestas diferentes a personas de la ciudad, en este caso estudiantes. En el caso de los habitantes de la Isla, políticas dirigidas a través de incentivos no económicos como el comanejo o el llamado de atención o el descrédito ante sus vecinos tiene un mejor resultado para reducir sus niveles de capturas y obtener mayores beneficios económicos. La aplicación de este tipo de políticas, genera una mejor distribución de los beneficios económicos entre los habitantes, tratando de alejarnos del óptimo de Nash con dirección a un óptimo social. Por el lado de los estudiantes, se evidencia que una política económica como la aplicación de un impuesto ofrece mejores resultados para disminuir sus capturas del recurso.

Estos comportamientos de ambos grupos (habitantes de la Isla frente estudiantes), constata que dependiendo del grupo donde la autoridad ambiental desee implementar cierto tipo de política tendrá diversos resultados. Al comparar estos comportamientos, los estudiantes obtienen en promedio mayores niveles de beneficios o puntos y se podría pensar que dicho grupo explota de mejor manera el recurso; sin embargo, cuando ya se analiza la cantidad de puntos o beneficios económicos que obtienen una persona promedio de cada grupo por cada captura que realiza, el grupo de los habitantes de la Isla obtiene un mayor puntaje. En otras palabras, los habitantes de la Isla tienen un manejo más eficiente de los recursos naturales. Se pensaría que los estudiantes tratan de sacar la mayor cantidad de recursos que pueden actuando de manera racional, mientras que los habitantes de Isla Natividad realizan menos capturas pensando en dejar algún recurso para un futuro. Es este tipo de actitudes, que hacen que variables sociales como el altruismo, la cooperación, la reciprocidad, el castigo social, entre otras actúen en las decisiones de los habitantes de estas comunidades como en Isla Natividad y que deben ser tomadas en cuenta para el desarrollo de políticas.

Es importante involucrar a la comunidad en el diseño, implementación y desarrollo de políticas pesqueras como es el caso del establecimiento de reservas marinas. En Isla Natividad, los habitantes en compañía de Comunidad y Biodiversidad (COBI A.C.) desarrollaron, implementaron y vienen ejecutando un proyecto piloto de reservas marinas. Ellos tomaron la decisión de establecer dichas reservas en sus áreas de pesca con la finalidad de conservar un recurso de uso común.

Al estudiar la respuesta de estudiantes y habitantes ante la posibilidad de implementar una reserva marina como un seguro contra la posible presencia de un fenómeno natural como la baja de oxígeno que aumenta la mortandad del abulón, un 85% de los habitantes tomaron la decisión de implementarla en su área de pesca frente a un 73% de los estudiantes. De igual manera, se les preguntó a los habitantes cuánto sería el porcentaje que estarían dispuestos a ceder de su área para establecer una reserva marina y dijeron que de un 21% a 30% en caso que no se presentará la baja de oxígeno y de un 41%-50% si se presentara dicho fenómeno, porcentaje superior al que tienen realmente cerrado en este momento (9% de su área de pesca). Este resultado muestra, que los habitantes de la Isla están más dispuestos a ceder parte de sus ganancias en el corto plazo que los estudiantes (posible reducción de sus capturas en un corto plazo), que tienen una visión de mantener o tratar de conservar el recurso natural para futuras generaciones.

Estas conductas de no actuar de manera racional como el homo economicus de los habitantes de la Isla, hace que por ejemplo una vez establecida la reserva sigan disminuyendo sus niveles de extracción del recurso, mientras que en el grupo de reservas marinas de los estudiantes los estimula a mantener o aumentar sus niveles de captura. La actitud tomada por los habitantes de la Isla, hace que además de implementar una reserva, capturen menos cantidad del recurso pero tengan unas ganancias promedio por habitante superior a las que obtienen los estudiantes. De igual forma se evidencia, que los habitantes tienen una mejor relación puntos o beneficios económicos por captura que los estudiantes, confirmando el resultado hallado en el otro juego que los habitantes de la Isla realizan una pesca más sustentable y eficiente del recurso.

Otro punto importante al momento de implementar alguna política pública es identificar la respuesta a nivel de género. En la presente investigación, se confirmó un mejor comportamiento por parte de las mujeres que de los hombres al momento de tomar la decisión en su nivel de captura de un recurso de uso común. Las mujeres en los diversos juegos aplicados tanto a estudiantes como habitantes de la Isla demostraron un comportamiento más conservador o menos arriesgado que los hombres. Según la literatura sobre género y recursos naturales, este comportamiento se puede deber a que las mujeres presentan una mayor relación con la tierra, con el manejo y conservación de los recursos; frente a una conducta más de cazador recolector de los hombres. De igual forma, se constató que ante la presencia de diversos grados de control o de ser sorprendido infringiendo una medida, las mujeres son más adversas al riesgo o sienten mayor culpa por malos actos. En ese sentido, también sería importante que en el diseño de políticas públicas referidas al manejo de un RUC, se considere también a las mujeres como un actor importante.

El análisis de eficiencia relativa y compuesta demostró a través de variables biológicas la importancia del establecimiento de reservas marinas como una herramienta de conservación. Aquellas zonas y bloques donde se implementó dicha herramienta, muestran una tendencia a mejorar por aumentos en niveles de biomasa, captura o capturas por unidad de esfuerzo. Por otro lado, los modelos bioeconómicos desarrollados mostraron que las actuales zonas de pesca en Isla Natividad presentan cierto grado de sobreexplotación y que una buena solución puede ser el establecer una red de reservas marinas. Pero debe estar claro, que esta solución debe ir acompañada de otras medidas como tallas mínimas, tallas máximas, una concesión marina más amplia (en el entendido de no solo especies, sino de todo un ecosistema) para poder dar mayor margen o campo de trabajo para los pescadores y no enfocar el esfuerzo pesquero en pocas especies, políticas alternativas para aprovechar las reservas marinas como buceo de turismo científico, ecoturismo, búsqueda de mercados donde se pueda desarrollar pagos por servicios ambientales costeros y marinos.

Se identificó que el implementar reservas marinas es beneficioso desde un punto de vista biológico, pero para las personas que viven de la pesca lo importante es desde un punto de vista económico. Se pensaría que estas reducciones en las capturas en un corto o mediano plazo en las áreas cerradas generaría una reducción en los ingresos económicos de los pescadores. Es decir, a medida que se van cerrando las áreas de pesca, menos recursos para pescar y por ende menos producto para vender. Esto puede ser cierto a corto plazo o en la medida en que los recursos marinos que habitan dentro de dichas áreas empiecen a reproducirse, crecer y a migrar a áreas adyacentes tanto como larvas o especies adultas. El objetivo de implementar una reserva marina además de conservación, es tratar que en un futuro los pescadores logren iguales o mejores condiciones económicas debido al costo de oportunidad que ellos enfrentan al tomar la decisión de cerrar un área.

En el caso de Isla Natividad, al tomar la decisión de cerrar tres bloques de pesca, los pescadores tratan conservar un recurso del cual obtienen altas ganancias económicas y de las cuales lograron vivir por varios años. La idea es dejar un legado o un recurso para sus generaciones. Después de hacer un análisis bioeconómico y el planteamiento de un modelo donde se confrontó la decisión de haber cerrados bloques de pesca frente a no cerrarlos, se verificó que el haber tomado la decisión de cerrar esos tres bloques fue positivo para los pescadores. Se encontró que en un horizonte de 25 años de permanencia de las reservas marinas, los pescadores obtendrán beneficios económicos superiores en comparación de dejarlas abiertas por un valor de aproximadamente un millón 250 mil dólares americanos. Es decir, ese es valor económico a valor presente de comparar los dos escenarios, cerrar o dejar abiertos esos tres bloques. Como se decía anteriormente, los pescadores tendrán unas pérdidas económicas en los primeros años del establecimiento de esta herramienta de gestión pesquera; pero después de unos años, dichos costos serán compensados y superados debido a la migración de larvas de las áreas cerradas a las áreas adyacentes destinadas a la pesca. En el caso de Isla Natividad, tendrá que pasar como mínimo nueve años para compensar dichos costos.

Después de haber constatado que cerrar un nueve por ciento de los bloques de pesca (actuales reservas marinas) fue beneficioso desde un punto de vista biológico y económico, la meta fue encontrar el porcentaje de área de pesca que se debe cerrar para maximizar el valor presente neto de los beneficios económicos por la dispersión de larvas. Esto se realizó

a través de un modelo de optimización matemática donde se encontró que lo óptimo es cerrar entre un 25 y 35 por ciento del área de pesca en Isla Natividad. Por ejemplo, el hecho de pasar de nueve por ciento de área cerrada a un 26,5%, representaría un aumento en los beneficios económicos (valor presente neto) del 8,6%. Es necesario indicar, que si la decisión es incrementar los bloques de pesca cerrados con la finalidad de buscar mayores ingresos económicos al cabo de 25 años, deben cerrarse los bloques correctos o los adecuados. En ese sentido, se identificó que los bloques A5, B1, C3, C6, E3, F1 y F11 (Punta Prieta, Anegados Cabo Pruneda, Morro Prieto, La Poza, Las Cuevas, La Dulce y Piedra María) son bloques que presentan las mejores características para ser considerados como reservas marinas. Lo importante de estos bloques, es que ya dos de ellos son reservas marinas desde el año 2006. Es decir, cuando se tomó la decisión de cerrar bloques en el año 2006, se cerró los bloques correctos.

De igual forma, es bueno hacer referencia que estas ganancias económicas por el tema de la dispersión de larvas de un bloque a otro bloque, solo es un beneficio que ofrece y que se cuantificó por establecer dichas reservas marinas. Solo se cuantificó un valor económico de uso directo como es el aumento de la pesca. Se debería pensar en hacer una cuantificación de otros valores económicos como turismo, soporte biológico, valores de opción, valores de legado o de existencia. Se debe identificar que esta herramienta de gestión pesquera, además de conservar un recurso o un ecosistema, permite que los habitantes que viven de ella sigan disfrutando de estos y otros bienes y servicios ambientales que ofrece, y que les permitirá obtener ingresos económicos iguales o mayores a los actuales, beneficiando tanto a la comunidad local como global.

Bibliografía

Abesamis R.A. & G.R. Russ. 2005. *Ecological Applications*. No. 15, p.p. 1798-1812.

Aceves, A. K. N. SF. La inmigración japonesa a Ensenada durante la primera mitad del siglo XX. *Revista Calafia*, I(1-8). Retrieved from <http://www.uabc.mx/historicas/Revista/Vol-I/Numero%201-8/Contenido/La%20inmigracion.htm>

Agnello R.J. & L.G. Anderson. 1983. Production responses for multi-species fisheries. *Can. Fisheries Aquat. Sci.* No. 38, p.p. 1393-1404.

Aguilar A. 2005. Ecological indicators and society's values: monitoring, research and management of water quality in rivers. En: Burk, A.R. (ed.) *Progress in aquatic ecosystem research*, New York: Nova Science Publishers, p.p. 37-60.

Aguilar, A. P. 2002. *Historia de Baja California: De cueva pintada a la modernidad*

Arriaga Cabrera, L., Vázquez Domínguez, J. González Cano, R. Jiménez Rosenberg, R., Muñoz López, E. & V. Aguilar Sierra. 1998. *Regiones marinas prioritarias de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México.

Ascensión, A. d. l. 1916. Brief Report of the Discovery in the South Sea. In H. E. Bolton (Ed.), *Spanish Exploration in the Southwest, 1542 - 1706*. (pp. 104-134). New York: Charles Scribner's Sons.

Barclay P. 2004. Trustworthiness and competitive altruism can also solve the tragedy of the commons. *Evolution and human behavior*, Volume 25, pp. 209-220.

Barco, M. d. 1988. *Historia Natural y Crónica de la Antigua California: adiciones y correcciones a la Noticia de Miguel Venegas*. México: Instituto de Investigaciones Históricas - Universidad Nacional Autónoma de México.

Bauer P. 1990. Recent Developments in the econometrics estimation of frontiers. *Journal of Econometrics*. No. 46, p.p. 39-56.

Baum, J. K., & Myers, R. A. 2004. Shifting baselines and the decline of pelagic sharks in the Gulf of Mexico. *Ecol. Lett.*, 7, 135-145.

Bhat, M.G. 2003. Application of non-market valuation to the Florida Keys marine reserve management. *Journal of Environmental Management*, Volume 67, pp. 315-325.

Bennett, L. R., Haaker, P. L., Huff, T. O., & Dayton, P. K. 2002. Estimating Baseline Abundance of Abalone in California for Restoration: CalCOFI.

Bohnsack J.A. 1992. Reef resource habitat protection: the forgotten factor. *Stemming the Tide of Coastal Fish Habitat Loss. Marine Recreational Fisheries*, Volume 14, pp. 117-129.

Bohnsack, J.A. 1998. Application of marine reserves to reef fisheries management. *Australian Journal of Ecology*, Volume 23, pp. 298-304.

Bolton, H. E., Garrido, F., & Padilla, G. G. 2001. *Los confines de la cristiandad: una biografía de Eusebio Francisco Kino, misionero y explorador de Baja California y la Pimería Alta*.

Bonnot, P. 1948. The abalones of California. *California Fish and Game*, 34, 141-170.

Bowles, S. 2004. *Microeconomics: behavior, institutions and evolution*. Princeton University Press.

Callum, M.R. & J.P. Hawkins. 2000. *Reservas marinas totalmente protegidas: una guía. Campaña Mares en Peligro del WWF, 1250 24th Street, NW, Washington, DC 20037, EE.UU. y Environment Department, University of York, York, YO10 5DD, Reino Unido*.

Carballo, G. L., & Díaz, M. M. 1996. Pesquería de Abulón. In SEMARNAP, G. d. E. d. BCS, ONU, U. A. d. BCS, C. d. I. B. d. Noroeste, C. I. d. C. Marinas & C. R. d. I. Pesqueras (Eds.), *Estudio del Potencial Pesquero y Acuícola de Baja California Sur (Vol. I)*. México.

Cárdenas, J.C. 2001. How do groups solve local commons dilemmas? Lessons from experimental economics in the field. *Environment, Development and Sustainability* N° 2, pp. 305-322. Kluwer Academic Publishers.

Cárdenas, J.C. 2002. Real Wealth and Experimental Cooperation: Evidence from Field Experiments. *Journal of Development Economics*, 70(2), 263 - 289.

Cárdenas, J. & J. Carpenter. 2003. Pro-social behavior in the global commons: a north-south experiment. *Middlebury College Economics Discussion Paper* N° 03-29.

Cárdenas, J.C. & E. Ostrom. 2004. What do people bring into the game? How norms help overcome the tragedy of the commons. *Agricultural Systems* N° 82, pp. 307-326.

Cárdenas, J.C. & P. A. Ramos. 2006. Manual de juegos económicos para el análisis del uso colectivo de los recursos naturales. Proyecto Uso Sostenible de la Tierra en Cuencas Hidrográficas de los Andes. Cooperación entre el Centro Internacional de la Papa (CIP) y el Gobierno de Alemania-Ministerio de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ).

Castellanos, J. F., & Cruz, A. 1995. Aprovechamiento de los moluscos en la dieta aborigen. In U. A. d. B. C. Sur (Ed.), *Ecohistoria de los californios*. La Paz - México.

Castillo, D. & K. Saysel. 2005. Simulation of Common Pool Resources Field Experiments: A Behavioural Model of Collective Action. *Ecological Economics* 55, 220 - 236.

Cavalcanti, C., Schläpfer, F. & B. Schmid. 2009. Public participation and willingness to cooperate in common-pool resource management: A field experiment with fishing communities in Brazil. *Ecological Economics* xxx, xxx - xxx.

Cesar, H., M.C. Ohman, P. Espeut & M. Honkanen. 2000. Economic Valuation of an Integrated Terrestrial and Marine Protected Area: Jamaica's Portland Bight. En H. Cesar (Ed.) *Collected Essays on the Economics of Coral Reefs*. CORDIO. Universidad de Kalmar, Kalmar, Suecia.

Chan, F., Barth, J.A., Lubchenco, J., Kirincich, A., Weeks, H., Peterson, W.T. & Menge B.A. 2008. Emergence of Anoxia in the California Current Large Marine Ecosystem. *Science*, Vol. 319(5865), p. 920.

Chapman M.R. & D.L. Kramer. 1999. Gradients in coral reef fish density and size across the Barbados marine reserve boundary: effects of reserve protection and habitat characteristics. *Marine Ecology Progress Series* 181, p.p. 81-96.

Clark C.W. 1985. *Bioeconomic modeling of fisheries management*. J. Wiley & Sons, New York.

Clark C.W. and G. Munro. 1975. The economics of fishing modern capital theory: a simple approach. *Journal of Environmental Economics and Management* No. 2, p.p. 92-106.

Clavigero, F. S. (1970). *Historia de la Antigua California* (Primera ed.). México.

Commission, T. C. F. a. G. 2005. Abalone Recovery and Management Plan.

Comunidad y Biodiversidad. 2006. Proyecto Piloto de Reservas Marinas en Isla Natividad. Disponible en <http://www.cobi.org.mx/index.php?idioma=esp&pag=publicaciones&aniod=2006&anioc=&anior=>.

Comunidad y Biodiversidad. 2010. Proyecto Piloto de Reservas Marinas en Isla Natividad: A Cuatro Años de Trabajo por la Conservación Marina. Disponible en <http://www.cobi.org.mx/descargas/proyecto-natividad-2010.pdf>.

Comunidad y Biodiversidad. 2010. Implementación de Reservas Marinas en México. Primera Edición.

Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA). 2004. Metodología y fórmula tarifaria para regular los servicios públicos de acueducto y alcantarillado. Documento de trabajo. Bogotá - Colombia.

CONAPESCA. 2003. Estudio de la Cadena Productiva de Abulón: Alternativas para Fortalecer la Cadena Productiva de la Pesquería de Abulón. Elaboración CIBNOR y con colaboración de BANCOMEXT y Federación de Cooperativas Pesqueras “Baja California”.

Cota, A. G. 2009. Bahía Tortugas - Monografía. Bahía Tortugas, Baja California Sur.

Côté, I.M. & Darling E.S. 2010. Rethinking Ecosystem Resilience in the Face of Climate Change. *PLoS Biology*, Volume 8(7), e1000438.

Cox, K. W. 1962. California Abalones, Family Haliotidae.

Croker, R. 1929. The Commercial Fish Catch of California for the Year 1929.

Dayton, P. K., Tegner, M. J., Edwards, P. B., & Riser, K. L. 1998. Sliding baselines, ghosts and reduced expectations in kelp forest communities. *Ecological Applications*, 8(2), 309-322.

Dayton, P. K., Tegner, M. J., Edwards, P. B., & Riser, K. L. 1998. Sliding Baselines, Ghosts, and Reduced Expectations in Kelp Forest Communities. *Ecological Applications*, 8(2), 309-322.

Dayton, J. 2000. Determinants of Collective Action on the Local Commons: a model with evidence from Mexico. *Journal of Development Economics*, 62, 181 - 208.

Diez, L. S. 2007. Conchas y caracoles: ese universo maravilloso. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Erlandson, J. M. 1988. The Role of Shellfish in Prehistoric Economies: A Protein

Perspective. *American Antiquity*, 53(1), 102-109.

Erlandson, J. M., Moss, M. L., & Lauriers, M. D. 2008. Life on the edge: early maritime cultures of the Pacific Coast of North America. *Quaternary Science Reviews*, 27(23-24), 2232-2245.

Estes, D. H. 1977. Kondo Masaharu and The Best of All Fisherman. *The Journal of San Diego History*, 23(3).

Falk A., E. Fehr & U. Fischbacher. 2002. Appropriating the commons: a theoretical explanation. En E. Ostrom, T. Dietz, N. Dolsak, P.C. Stern, S. Stonich, and E.U. Weber, (Eds), *The drama of the commons*, pp. 157-191. Washington: National Academy Press.

FAO. 2003. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2002*. Fisheries Department. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.

Faysse N. 2005. Coping with the tragedy of the commons: game structure and design of the rules. *Journal of Economics Surveys*, Vol. 19 (2), p.p. 239-261.

Feely, R.A., Sabine, C.L., Hernandez-Ayon, J.M., Ianson, D. & B. Hales. 2008. Evidence for Upwelling of Corrosive "Acidified" Water onto the Continental Shelf. *Science*, Volume 320(5882), pp. 1490-1492.

Fischer M., B. Irlenbusch & A. Sadrieh. 2004. An intergenerational common pool resource experiment. *Journal of Environmental Economics and Management* N° 48, p.p. 811-836.

Fomento, S. d. 31 de marzo de 1886. Contrato celebrado entre el ciudadano General Carlos Pacheco, Secretario de Fomento, en representación del Ejecutivo de la Unión, y el Sr. Luis Hüller, para hacer pesca en el Océano Pacífico, desde el paralelo 22° hasta la línea divisoria entre México y Estados Unidos, así como en el Golfo de California; y también para explotar el guano y otras sustancias, las canteras y demás materiales de construcción, tanto en los lugares expresados como en las islas del Socorro, Guadalupe y Cedros, a fin de favorecer a las Colonias que en ellas ha comenzado a fundar, proporcionando elementos de vida a los colonos que ya estableció y a las que en lo sucesivo tiene que establecer. *El Siglo XIX*.

Fomento, S. d. A. y. 28 de agosto de 1920. Contrato celebrado C. Ing. Pastor Roucix, Secretario de Agricultura y Fomento en representación del Ejecutivo de la Unión y el C. Luis Montes Oca representante de la Compañía de Productos Mexicanos S.A. para manufacturar toda clase de artículos de concha madre perla y demás productos similares. *Periódico Oficial del Estado de Sinaloa*.

Fomento, S. d. A. y. 28 de junio de 1932. Acuerdo que establece un período de veda para la pesca de abulón en Baja California. *Periódico Oficial del Estado de Baja California Norte*.

Freón P. & E. Yáñez. 1995. Influencia del medio ambiente en evaluación de stock: una aproximación con modelos globales de producción. *Invest. Mar.*, Valparaiso, No. 23, p.p. 25-47.

Friedman, C. S., Andree, K. B., Beauchamp, K. A., Moore, J. D., Robbins, T. T., Shields, J. D., et al. 2000. *Candidatus Xenohalictis californiensis*, a newly described pathogen of abalone, *Haliotis* spp., along the coast of North America. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 50, 847–855.

Fujita, H. 1999. Informe final de la primera fase del Proyecto Identificación y Catalogación de los Sitios Arqueológicos del Área del Cabo, B.C.S. México: Archivo Técnico del Instituto Nacional de Antropología e Historia - México.

García-Oliva, F. 2005. Algunas bases del enfoque ecosistémico para la restauración. In I. N. d. Ecología (Ed.), *Temas sobre restauración ecológica* (pp. 255). México.

Gell, F.R. & C.M. Robert. 2003. Benefits beyond boundaries: the fisheries of marine reserves. *Trends in Ecology and Evolution*. Volume 18, pp. 448-455.

Gerhardinger, L.C., Godoy, E. & P. Jones. 2009. Local ecological knowledge and the management of marine protected areas in Brazil. *Ocean & Coastal Management* 52, 154 - 165.

Gluyas-Millán, M. G., & Talavera-Maya, J. 2003. Composición por tallas y edades de las poblaciones de abulón *Haliotis Fulgens* y *H. Corrugata* de la zona de Bahía Tortugas, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas*, 29(001), 89-101.

Grafton, R.Q., T. Kompas & D. Lindenmayer. 2005. Marine Reserves with Ecological Uncertainty. *Bulletin of Mathematical Biology*, Volume 67, pp. 957-961.

Guzmán del Prío, S.A., Carreón Palau, L., Pérez, J.B., Laguna Carrillo, J. & R. Herrera Fragoso. 2003. Effects of the “El Niño” event on the recruitment of benthic invertebrates in Bahía Tortugas, Baja California Sur. *Geofísica Internacional*, Vol. 42 (3), pp. 429-438.

Haaker, P. L., Parker, D. O., Togstad, H., Richards, D., Davis, G. E., & Friedman, C. S. 1992. Mass mortality and withering syndrome in black abalone, *Haliotis cracherodii*, in California. In S. A. Shepherd, M. J. Tegner & S. A. G. d. Proo (Eds.), *Abalone of the world: biology, fisheries and culture*. Baja California Sur, México: Fishing News Books, Cambridge.

Hanna, S. & S. Jentoft. 1996. *Rights to Nature: Ecological, Economics, Cultural and Political Principles of Institutions for the Environmental*. Island Press, Washington DC.

Halpern, B.S., S. Walbridge, K.A. Selkoe, C.V. Kappel, F. Micheli, C. D'Agrosa, J.F. Bruno, K.S. Casey, C. Ebert, H.E. Fox, R. Fujita, D. Heinemann, H.S. Lenihan, E.M.P. Madin, M.T. Perry, E.R. Selig, M. Spalding, R. Steneck y R. Watson. 2008. Global map of human impact on marine ecosystems. *Science*, Volumen 319, pp. 948-952.

- Hardin G. 1968. The tragedy of commons. *Science* N° 162, p.p. 1243-1248.
- Hawkins J.P., C.M. Roberts, T. van't Hof, K. de Meyer, J. Tratalos & C. Aldam. 1999. Effects of recreational scuba diving on Caribbean coral and fish communities. *Conservation Biology* 13, p.p. 888-897.
- Heath, H. 1925. The abalone question.
- Hughes T.P., D.R. Bellwood, C. Folke, R.S. Steneck & J. Wilson. 2005. New paradigms for supporting the resilience of marine ecosystems. *Trends in Ecology & Evolution*. 20(7), p.p. 380-386.
- Instituto Nacional de Ecología (INE). 2000. Programa de Manejo Reserva de la Biósfera El Vizcaíno, México.
- Instituto Nacional de la Pesca (INP). 2006. Abulón en Sustentabilidad y Pesca Responsable en México, Evaluación y Manejo. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
- Jackson, J. B. C., Kirby, M. X., Berger, W. H., Bjorndal, K. A., Botsford, L. W., Bourque, B. J., et al. 2001. Historical overfishing and the recent collapse of coastal ecosystems. *Science*, 293(5530), 629-637.
- Jaworski, A., Solmundsson, J. & Ragnarsson S.A. 2006. The effects of area closures on the demersal fish community off the east coast of Iceland. *ICES Journal of Marine Science*, Volume 63, pp. 897-911.
- Johannes, R.E. 1978. Reproductive Strategies of Coastal Marine Fishes in the Tropics. *Environmental Biology of Fishes*, Volume 3, pp. 65-84.
- Jones, P.J.S. 2009. Equity, justice and power issues raised by no-take marine protected area proposals. *Marine Policy* 33, 759 - 765.
- Kauda-Arara B. & G.A. Rose. 2004. *Environmental Biology of Fishes*. No. 70, p.p. 363-372.
- Kelleher G., C. Bleakley & S. Wells. 1995. A Global Representative System of Marine Protected Areas. Volume I. The Great Barrier Reef Marine Authority, The World Bank and The World Conservation Union (IUCN). Environment Department, The World Bank, Washington, DC, USA.
- Kino, E. F. 1985. Crónica de la Pimería Alta: Favores Celestiales. Sonora: Gobierno del Estado de Sonora.
- Lafferty, K. D., & Kuris, A. M. 1993. Mass mortality of abalone *Haliotis cracherodii* on the Channel Islands: tests of epidemiological hypotheses. *Marine Ecology Progress Series*, 96, 239-248.

Lavaniegos, B. E., Gaxiola-Castro, G., Pérez, L. C. J., González-Esparza, M. R., Baumgartner, T., Durazo, R., et al. 2000. Efectos del evento climático El Niño 1997-98 sobre el ecosistema pelágico de la Corriente de California. Paper presented at the 1er. Simposium de Responsables de Proyectos de los Efectos del Fenómeno El Niño en México, Ciudad de México.

Lelevier, G. A. L., León, J. G., Ortiz, M., Turrubiates, J. R., González, J. G., & Reineke, M. A. 1989. Análisis biológico pesquero del stock de abulón en la península de Baja California durante las temporadas de pesca 1981-1988.

León, C. J. G., & Muciño, M. 1995. Nota informativa sobre la pesquería de abulón en Baja California

Levhari, D. & L.J. Mirman. 1980. The great fish war. *Bell Journal of Economics*, 11, 244 - 322.

Maldonado, J.H. & R. Moreno. 2007. Gobernabilidad y Recursos de Uso Común: El caso del Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo (Colombia). Centro de Estudios sobre Desarrollo Económico (CEDE). Facultad de Economía. Universidad de los Andes.

Maldonado, J.H. & R. Moreno. 2009. Does Scarcity Exacerbate the Tragedy of the Commons? Evidence from Fishers' Experimental Responses. Centro de Estudios sobre Desarrollo Económico (CEDE). Facultad de Economía. Universidad de los Andes.

Mange J.M. 1792. Diario de los descubrimientos y viajes del alférez Juan Mateo Mange (hacia el oeste de Sonora para California) en compañía de los Jesuitas Eusebio Francisco Kino, Marcos Antonio Kappus Adamigilo, Francisco Gonzalez y Juan María de Salvatierra en diseño de unas casas grandes halladas en el región del Gilas. *Archivo General de la Nación*, GD257, Vol. 17, Exp. 27, Fs. 1792.

Marina, S. d. 5 de abril de 1944. Acuerdo que autoriza a las Sociedades Cooperativas de Pescadores de Abulón, para destinar al consumo interior del territorio norte de Baja California, parte del producto de su pesca. *Periódico Oficial del Esatado de Baja California Norte*.

McEvoy, A. F. 1990. *The Fisherman's Problem: Ecology and Law the California Fisheries, 1850-1980*: Cambridge University Press.

Micheli F., A.O. Shelton, S.M. Bushinsky, A.L. Chiu, A.J. Haupt, K.W. Heiman, C.V. Kappel, M.C. Lynch, R.G. Martone, R.B. Dunbar & J. Watanabe. 2008. Persistence of depleted abalones in marine reserves of central California. *Biological Conservation*. 141(4), p.p. 1078-1090.

Moore, J., Finley, C., Robbins, T., & Friedman, C. S. 2002. Withering syndrome and restoration of southern California abalone populations. *CALCOFI Reports* 43, 112-117.

Morgan, L., Maxwell, S., Tsao, F., Wilkinson, T.A.C. & P. Etnoyer. 2005. Marine Priority Conservation Areas: Baja California to the Bering Sea. Commission for Environmental Cooperation of North America and the Marine Conservation Biology Institute. Montreal.

Muciño M. y P. Sierra. 2000. Estado de las poblaciones de abulón azul *Haliotis fulgens* y abulón amarillo *H. corrugata* por zona reglamentada en la costa occidental de la península de Baja California. Temporada 2005-2006. Instituto Nacional de Pesca, Programa Evaluación y Manejo de la Pesquería de Abulón en México, Informe de Investigación.

Myers, R. A., & Worm, B. 2003. Rapid worldwide depletion of predatory fish communities. *Nature*, 423, 280-283.

Niiya, B. 1993. Japanese American history: an A-to-Z reference from 1868 to the present. Los Angeles California: Verlag für die Deutsche Wirtschaft AG.

Noguera, P. & M. Semitiel. 2009. El Capital Social en las Comunidades Pesqueras de El Vizcaíno. En *Capital Social, Género y Desarrollo: Los Sistemas Productivos Pesqueros de la Reserva de la Biósfera el Vizcaíno, México*.

Norte, P. O. d. E. d. B. C. 10 julio de 1924. Solicitud de concesión con zonas de reserva presentada por el señor Keichilto, en representación del señor Masaharu Kondo en Baja California. Periódico Oficial del Estado de Baja California.

Novelo, M. E. B. d. 1982. Descubrimientos y Expediciones. In C. d. I. H. UNAM-UABC & U. A. d. B. California (Eds.), *Visión histórica de Ensenada. Mexicali - México*.

Olson, M. 1965. *Logic of Collective Action: Public Goods and the Theory of Groups*. Cambridge, Mass: Harvard University Press.

Olson, M. 1992. *La Lógica de la Acción Colectiva. Bienes Públicos y la Teoría de Grupos*. Editorial Limusa. México.

Olvera, M. M. C. 1996. *Historia de las relaciones hombre naturaleza en Baja California Sur, 1500-1940 (Primera ed.)*. La Paz - México.

Orr, P. C. 1962. The Arlington Spring Site, Santa Rosa Island, California. *American Antiquity*, 27(3), 417-419.

Ortíz, Q., León, G., & Muciño, M. A. 1988. La pesquería de abulón en la Península de Baja California: Situación actual y perspectivas. In I. N. d. P.-. SEPESCA (Ed.), *Los Recursos Pesqueros del País*. México: Instituto Nacional de Pesca-SEPESCA.

Ostrom, E. 1990. *Governing the commons: the evolution of institutions for collective action*. New York: Cambridge University Press.

Ostrom, E. 1998. A behavioral approach to the rational choice theory of collective action. In M. McGinnis (Ed.), *Polycentric games and institutions*. Ann Arbor: University of Michigan Press.

Ostrom, E. 2000. *El gobierno de los bienes comunales, la evolución de las instituciones de acción colectiva*. UNAM. México.

Ostrom, E. 2000a. *El Gobierno de los Bienes Comunes: La Evolución de las Instituciones de Acción Colectiva*. Universidad Nacional Autónoma de México. México.

Ostrom, E. 2000b. Collective Action and the Evolution of Social Norms. *The Journal of Economics Perspectives*, 14, N° 3, 137 - 158.

Ostrom E., J. Walter & R. Gardner. 1992. Covenants with and without a sword: self-governance is possible. *American Political Science Review* N° 86, p.p. 404-417.

Oviedo J.M. 2005. Programación dinámica. La ecuación de Bellman y el Teorema de la Envoltente.

Partnership for Interdisciplinary Studies of Coastal Oceans (PISCO). 2007. *La Ciencia de las Reservas Marinas*. Disponible en www.piscoweb.org.

Pesca, D. F. y. d. C. y. 24 de julio de 1936. Acuerdo que declara las zonas de explotación para el abulón en las aguas occidentales del país. POE Baja California Norte.

Pesca, D. F. y. d. C. y. 24 de octubre de 1938. Acuerdo que modifica el del 6 de marzo de 1937, relativo al buceo de abulón en el Litoral de Baja California e islas adyacentes. POE Baja California Norte.

Pinto da Silva, P. 2004. From common property to co-management: lessons from Brazil's first maritime extractive reserve. *Marine Policy* 28, 419 - 428.

Ponce-Díaz, G. 2008. Uso de los recursos marinos 1940 - 2003. In S. d. M. A. y. R. N. Universidad Autónoma de Baja California Sur, Instituto Nacional de Ecología, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Ed.), *Del saqueo a la conservación: historia ambiental contemporánea de Baja California Sur, 1940 - 2003*.

Ponce-Díaz, G., Chávez, E. A., & Villanueva, M. R. 2000. Evaluación de la pesquería de abulón azul *haliotis fulgens* en Bahía Asunción, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas*, 26(003), 393-412.

Ponce-Díaz, G., Velázquez, A. V., Villanueva, M. R., León-Carballo, G., & Santiago, R. F. 1998. Socioeconomic characteristics of the abalone fishery along the west cost of the Baja California Peninsula, Mexico. *Journal of Shellfish Research*, 17(3), 853-857.

Ponce Díaz G., A. Vega Velázquez, M. Ramade Villanueva, G. León Carballo & R. Franco Santiago. 1998. Socioeconomic characteristics of the abalone fishery along the west cost of

the Baja California Peninsula, Mexico. *Journal of Shellfish Research*. Vol. 17, No. 3, p.p. 853-857.

Porcasi, J. F., & Fujita, H. 2000. The dolphin hunters: a specialized prehistoric maritime adaptation en the southern California channel islands and Baja California. *American Antiquity*, 65(3).

Portilla, M. L. 2001. *Cartografía y crónicas de la antigua California* (2 ed.). México: Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

Portillo, Á. d. 1982. *Descubrimientos y exploraciones en las costas de california 1532-1650*. Madrid - España: Ediciones Rialp.

Proo, S. A. G. d. 1989. Una revisión sobre biología y pesquería del abulón (*Haliotis* spp.) en México. Paper presented at the I Simposio Internacional Abulón - Biología, Pesquería y Cultivo, La Paz B.C.S. México.

Proo, S. A. G. d., Aceves, V. M., & Aguirre, C. C. 1976. Estructura y abundancia de la población de abulón (*Haliotis* spp) de Baja California en los años 1968/1970. Paper presented at the Simposio sobre Recursos Pesqueros Masivos de México Ensenada, B.C. , Ensenada, B.C. México.

Quintanilla, M. O., & Carballo, G. L. 1992. La pesquería del abulón. In I. N. d. Pesca (Ed.), *Pesquerías relevantes de México* (Vol. I). México: Instituto Nacional de Pesca.

Raimondi, P. T., Wilson, C. M., Ambrose, R. F., Engle, J. M., & Minchinton, T. E. 2002. Continued declines of black abalone along the coast of California: are mass mortalities related to El Niño events? *Marine Ecology Progress Series*, 242, 143-152.

Rakitin A. & D. L. Kramer. 1996. Effect of a marine reserve on the distribution of coral reef fishes in Barbados. *Marine Ecology Progress Series* 131, p.p. 97-113.

Ramade-Villanueva, M., Lluch-Cota, D. B., Lluch-Cota, S. E., Hernández-Vázquez, S., Espinoza-Montes, A., & Vega-Velázquez, A. 1998. An evaluation of the anual quota mechanism as a management tool in the Mexican abalone fishery. *Journal of Shellfish Research*, 17(3), 847-851.

Religious Corporation Jingu Copyright. 2002. Jingu. Retrieved 07 junio, 2010, from <http://www.isejingu.or.jp/english/>

Richards, D. V., & Davis, G. E. 1993. Early warnings of modern population collapse in black abalone *Haliotis cracherodii*, Leach, 1814 at the California Islands. *Journal of Shellfish Research*, 12(2), 189-194.

Rivas-Córdova, R. 1999. Datos históricos sobre la industria de la pesca de Ensenada, Baja California. Paper presented at the Seminario de Historia de Baja California.

- Roberts, C. M. 2003. Our shifting perspectives on the oceans. *Oryx*, 37, 166-177.
- Roberts C. M. y J.P. Hawkins. 2000. Reservas marinas totalmente protegidas: una guía. Campaña Mares en Peligro del WWF, 1250 24th Street, NW, Washington, DC 20037, EE.UU. y Environment Department, University of York, York, YO10 5DD, Reino Unido.
- Roberts C.M. & J.P. Hawkins. 1999. Extinction risk in the sea. *Trends in Ecology and Evolution* 14, p.p. 241-246.
- Rodríguez P. Rossi & Ruzzier. 1999. Consistency conditions: Efficiency Measures for the Electricity Distribution Sector in South America. CEER.
- Rosman J. H., J.R. Koseff, S.G. Monismith & J. Grover. 2007. A field investigation into the effects of a kelp forest (*Macrocystis pyrifera*) on coastal hydrodynamics and transport. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 112.
- Russ G.R. & A.C. Alcala. 1996. Do marine reserves export adult fish biomass? Evidence from Apo island, Central Philippines. *Marine Ecology Progress Series* 132, p.p. 1-9.
- Ruttan, L.M. 2008. Effects on Collective Action and Collective Goods Provisioning. *World Development* 36, N° 5, 969 - 985.
- Sáenz-Arroyo, A. 2008. La paradoja del chimpancé pensante: trayectoria de impacto y estrategias de conservación en el medio marino. In S. d. M. A. y. R. N. Universidad Autónoma de Baja California Sur, Instituto Nacional de Ecología, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Ed.), *Del saqueo a la conservación: historia ambiental contemporánea de Baja California Sur, 1940 - 2003*: Universidad Autónoma de Baja California Sur, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- Sáenz-Arroyo, A., Roberts, C. M., Torre, J., Cariño-Olvera, M., & Enríquez-Andrade, R. R. 2005. Rapidly shifting environmental baselines among fishers of the Gulf of California. *Proceedings of The Royal Society*, 272, 1957-1962.
- SAGARPA. 2003. Anuario estadístico de pesca 2002.
- Sales, L. 1734 (1960). *Noticias de la Provincia de California 1734*: José Porrúa Turanzas.
- Schaefer M.B. 1954. Some aspects of the dynamics of populations important to the management of commercial marine fisheries. *Bull. Inter. Trop. Tunna Comm.* No. 1, p.p. 27-56.
- Scholz, A.J. & R.M. Fujita. Supplementary Report: Social and Economic Implications of a Channel Islands Marine Reserve Network. Environmental defense findings the ways that work. In http://www.edf.org/documents/448_MPAreport.pdf.

Schott S., N. Buckley, S. Mestelman & A. Muller. 2002. Output sharing among groups exploiting common pool resources. Working Paper N° 6, Department of Economics, McMaster University.

Secretaría de Fomento. 23 de agosto y 4 de diciembre de 1886. Informe de la existencia y pesca de abulón en el Partido Norte, remitido por solicitud de la Secretaría de Fomento. Archivo Histórico Pablo Martínez - La Paz. México, 23 de agosto de 1883, Porfiriato, Gobernación, Número 507, Exp. S/N (IV/V-180 BIS/E-S/NL-8/5FF).

Seijo J.C., O. Defeo y S. Salas. 1993. Bioeconomía Pesquera, Teoría y Manejo. Documento No. 368. FAO.

Shepherd, S. A., Prío, S. A. G. d., Turrubiates-Morales, J., Belmar, J., & Sluczanowski, P. R. 1991. Growth, size at sexual maturity and Eggs-Per-Recruit Analysis of the Abalone *Haliotis Fulgens* in Baja California. *The Veliger*, 34, 324-330.

Shepherd, S. A., Turrubiates-Morales, J. R., & Hall, K. 1998. Decline of the Abalone Fishery at La Natividad, Mexico: Overfishing or Climate Change? *Journal of Shellfish Research*, 17(3), 839-846.

Simonit S. & C. Perrings. 2004. Trophic state variables and prices in bioeconomic fishery models: indirect economic indicators of freshwater fish stocks. Working Paper, CEDE/04-01. Center for Environment and Development Economics-University of York.

Singleton, S. 2000. Co-operation or capture? The paradox of co-management and community participation in natural resource management and environmental policy-making. *Environmental Politics* 9, N° 2.

Sociedad Mexicana de Abulón. 2005. ¿ El abulón negro en peligro de extinción?. *Boletín III*, Año 6, Julio-Septiembre.

Stearns, R. 1869. The *Haliotis*, or Pearly Ear-Shell. *The American Naturalist*, 3(5), 250-256.

Stearns, R. 1887. *Ethno-conchology: a Study of Primitive Money*. Washington: Smithsonian.

Steinbeck, J.R. Groff, J.M., Friedman C.S, McDowell, T. & Hedrick R.P. 1992. Investigations into a mortality among populations of the California black abalone, *Haliotis Cracherodii*, on the central coast of California, USA. In Shepherd S.A., Tegner, M.J. & Guzman del Proo S.A. (eds). *Abalone of the world: biology, fisheries and culture*. Proceedings of the 1st International Symposium on Abalone. Fishing News Books, Cambridge, MA, La Paz, Baja California Sur, Mexico.

Steneck R.S., M.H. Graham, B.J. Bourque, D. Corbett, J.M. Erlandson, J.A. Estes & M.J. Tegner. 2002. Kelp forest ecosystems: biodiversity, stability, resilience and future. *Environmental Conservation* 29 (4), p.p. 436-459.

Subprefectura del Partido Centro. 24 de enero de 1879. La Subprefectura del Partido Centro avisa sobre que en la Isla Cedros se encuentra unos chinos pescando abulón. Disposiciones de la Secretaría de Gobernación para la marcha de una expedición al lugar. Archivo Histórico Pablo Martínez - La Paz. Mulegé, 24 de enero de 1879, Porfiriato, Gobernación, Número 42, Exp. 79 (IV/V-147/E-79/L-1/9FF).

Taboada, S. R. 1938. Informe al Presidente Lázaro Cárdenas realizado por el Gobernador Rodolfo Sánchez Taboada. Archivo General de la Nación, Lázaro Cárdenas, Exp. 502,1/28.

The Allen Consulting Group. 2009. The economics of marine protected areas: Application of principles to Australia's South West Marine Region. Report to the Conservation Council of Western Australia.

Thompson, D. a. W. 1910. Historia Animalium. In A. T. C. Press (Ed.), The Works of Aristotle (Vol. IV). Oxford.

Toledo, B., Daniel, J., & Tanaka, M. 1991. Japón: su tierra e historia. México: Colegio de México.

Valles-Ríos H. 2000. Análisis histopatológico del abulón negro *Haliotis cracherodii* afectado por el síndrome de deterioro. Centro Regional de Investigación Pesquera de Ensenada. Ciencia Pesquera No. 14. México.

Varughese G. & E. Ostrom. 2001. The contested role of heterogeneity in collective action: some evidence from community forestry in Nepal. *World development*, Vol. 29, N° 5, p.p. 747-765.

Velázquez-Morales, C. 2007. Japoneses y pesca en la península californiana, 1912-1941. *México y la Cuenca del Pacífico*, 10(29), 73-91.

Velázquez-Morales, C. 2001-2004. Tres migraciones chinas en Baja California, 1899-1945. I(1-8). Retrieved from <http://www.uabc.mx/historicas/Revista/Vol-I/Numero%201-8/Contenido/Tres%20migraciones.htm>

Vélez, M.A., Stranlund, J.K. & J. Murphy. 2005. What Motivates Common Pool Resources Users? Experimental Evidence from the Field. Working Paper N° 4. Department of Resources Economics. University of Massachusetts Amherst.

Venegas, M. 1739 (1943). Noticia de la California y de su conquista temporal y espiritual hasta el tiempo presente: L. Álvarez y Álvarez de la Cadena.

Wallace S.S. 1999. Evaluating the Effects of Three Forms of Marine Reserve on Northern Abalone Populations in British Columbia, Canada. *Conservation Biology*. Vol. 13, No. 4, p.p. 882-887.

Anexo 1. Citas referidas a la presencia de abulón

Personaje	Fecha	Comentario
1.- Fray Antonio de la Ascensión	1602	<i>"Muchas diferencias de peces chicos y grandes, que es de ver los cardumes o bárbaras que andan en ellos; de algunos pondré aquí sus nombres, por ser peces conocidos en otros mares que cogí, tuve en mis manos y comí de ellos para que se entienda la abundancia, bondad y fertilidad de aquel mar; hay, como he dicho, infinitas ballenas muy grandes y grande abundancia de sardinas grandes y pequeñas, lindas y gordas, que es, según dicen, el común sustento de las ballenas, y podrá ser que por esta causa haya aquí tantas; hay chernas, pargos, meros, corbinas, cacones, otollos, esturiones, esmiragalas, ligas, salmones, atunes, rayas, chuchos, caballos roncadore, bonitos dorados, lenguados barbelos, puercos, lagartijas, sirgueros, y ostiones comunes, y de los que crían las perlas y otros muchos no vistos ni conocidos"</i> (del Portillo, 1982, pág. 51).
2.- Luis Sales	1734	<i>"Al paso que la tierra es tan estéril, sus mares son abundantísimos: en ambas costas hay variedad de peces, meros, cabrillas, curbinas, atunes, pargos, bonitos, lisas, roncadore, cazones, tiburones, mantas, rayas, boqueron, jureles, sardinas, bogas y otros infinitos. En el Golfo son más sabrosos que en el Océano. Hay Galapagos, tortugas, almejas, la concha es abundantísima, y de diferentes colores; pero entre ellas hay algunas que tienen un lustre tan vivo, como el nacar mas subido: están cubiertas de un celage azul, el qual es como una telilla delicadísima, ó como un barniz sobrepuesto y transparente, por entre el qual brilla y sobresale lo plateado del fondo"</i> (Sales, 1734, pág. 25-26).
3.- Miguel Venegas	1739	<i>"Yà que la tierra de la californi es poco fertil de frutos, fuple el Mar la falta de baftimentos con los muchos pefcados, que ofrecen entrambas Coftas: en una, y otra es increíble fu muchedumbre, y fu variedad....., dice Fray Antonio de la Afcenfion: Con los Chinchorros, y redes, que cada Navio llevaba, cogieron mucho pefcado de efpecies muy diferentes, y todo muy fabroso, y fano"</i> (Venegas, 1739, pág. 55-56).
4.- Aritóteles	Siglo IV A.C.	<i>"Such are the relations of the anal vent in most of these animals; but in the case of the wild limpet (called by some the "sea-ear"), the residum issues beneath the shell, for the shell is perforated to give an outlet"</i> (D'arcy Wentworth Thompson, pág. 529).
5.- Miguel Venegas	1739	<i>"Vieronfe desde aqui dos Islas à feis, ò fiete leguas de la Cofta, y haviendo difpuefto una balfa de madera, halladas en un parage de la Playa, paffaron à la Isla primera, llamada de los Naturales Afegua, que fignifica Isla de Aves. Es muy pequeña, de medio quarto de legua de largo, y algo menos de ancho, fin habitador alguno, como en extremo eftéril, fin agua, y fin frutos. Solo hay en ella algunos Mezcales tan jugofos, que pueden fuplir de algun modo por comida, y bebida, y gran numero de aves, de donde toma el nombre"</i> (Venegas, 1739, pág. 437).
6.- Miguel Venegas	1739	<i>"En las orillas del Mar fe hallan muchas Conchas de varios generos, y fingularmente las azules, fobre manera vistofas, y bellas"</i> (Venegas, 1739, pág. 438).

Personaje	Fecha	Comentario
7.- Fray Antonio de la Ascensión	1602	".....hay aquí muchos pescados y mucha variedad de mariscos entre las peñas y entre otras había unas lapas o conchas grandes pegadas en las peñas en lo más profundo de ellas que los indios las buscan para sacar de ellas lo que tienen dentro para comer; y estas conchas son muy galanas, de fino nácar" (Ascensión, 1602-1603, pág. 120).
8.- Eusebio Kino	SF	"unas conchas de raro y vistoso oriente de los colores del arcoiris, mayor cada una de ellas que la mayor concha de nácar" (Bolton et al., 2001, pág. 260).
9.- Juan Mateo Mange	1699	".... nos dieron varias conchas azules, que sólo se dan en la contracosta y en la otra mar del Sur....." (León, 2001, pág. 115)
10.- Juan Mateo Mange	1699	"... y por las orejas por arracadas se cuelgan las mujeres dos conchas grandes, y enteras de nacar y otras mayores azules que con el continuo peso se las agovian y crecen mas las orejas que a otras naciones" (Mange, 1792, pág. 216).
11.- Eusebio Kino	SF	"..y ya aquí en Nuestra Señora de los Dolores he recibido muy amigables respuestas,.... Nos dieron varias dádivas de los extraordinarios géneros entre ellas curiosas y vistosas conchas azules que por cuanto me consta que sólo se dan en la constracosta del poniente de la California...." (Kino, 1985, pág. 47).
12.- Miguel del Barco	1760	"Es verdad que los playanos comen muchas almejas, ostiones y demás especies de testáceos (dentro de la clasificación de testáceos se incluye a las conchas azules), pero los comen en la misma playa, para lo cual hacen lumbre y en ella echan las conchas..... Cuando quieren transportar a la serranía esta comida, abren en la playa las conchas y extraen de ellas la comida y la secan. Después en sartas bien largas que de ellas forman, la llevan donde quieren, porque de esta suerte no se corrompe y dura mucho tiempo" (Del Barco, 1988, pág. 145).
13.- Fray Elpidio	1740	"los naturales de esta laguna tienen unos botes redondos con los que se adentran y cuando una ballena se queda varada, la matan, y traen en pedazos para la playa; es también digno de ver la forma en que logran pescar y matar algunas tortugas, que pesan hasta una o dos toneladas a juzgar por los caparozones que he visto; con lo que podeis juzgar que los naturales, aunque no con muchas otras cosas, al igual que las gentes de adentro del desierto, se han desarrollado grandes destrezas para la pesca de ballena, la tortuga y una especie de molusco que yace en el fondo y de forma piramidal y que ellos llaman abulón, y a fe mía es muy sabroso de gusto, aunque indigno de ver" (García Cota, 2009, pág. 35-36).
14.- S. Clavigero	SF	"En la playa del mar pacífico desde los 27° hasta los 31°, hay una increíble multitud de conchas univalvas, que se tienen por las más bellas de cuentas se conocen. Están sombreadas de un lindísimo color lapislázuli sobre el fondo blanco plateado, con cinco pequeños agujeros de un lado" (Clavigero y Palóu, 1975, pág. 41).

Personaje	Fecha	Comentario
15.- Eusebio Kino	SF	<i>"Un año después entré al noroeste ciento setenta leguas y pasé de treinta y dos grados de altura con el padre Adamo Gilg y con el capitán Juan Mateo Manje, por insinuación del padre visitador Horacio Police, y llegué hasta cerca de la junta de los ríos Grande de Gila y Colorado, y los naturales nos dieron unas conchas azules" (Bolton et al., 2001, pág. 527).</i>
16.- Eusebio Kino	SF	<i>"... con las cuatro mejores cabalgaduras mulares que llevábamos, subí a un cerro del poniente, y adonde entendimos divisar ver la mar de la California, y mirando y divisando hacia el Sur y hacia el poniente y sudoeste con antojo y sin antojo de larga vista, más de 30 leguas de tierras llanas, sin mar alguna , habíamos dado vista a las tierras pertenecientes a la California, sin que hubiera mar de por medio que apartase estas tierras della" (Kino, 1985, pág. 67).</i>
17.- Eusebio Kino	SF	<i>"4.ª Porque los naturales más cercanos a ese desemboque, así quiquimas como cutganes, coanopas, ahora y en otras ocasiones nos dieron varias conchas azules que sólo se dan en la contracosta y en la otra mar del sur, por donde viene la nao de China, y nos dieron ahora unas ollitas que poco antes habían traído de dicha contracosta, caminando diez horas de camino de continuada tierra del poniente" (Kino, 1985, pág. 103).</i>
18.- Subprefectura del Partido Centro	1879	<i>"Ha llegado á conocimiento de esta subprefectura por conducto fidedigno que actualmente está una Compañía de Chinos pescando abulones en la Isla de Cedros, del Mar Pacifico, perteneciente á este Partido" (Subprefectura del Partido Centro, 1879).</i>
19.- Secretario de Fomento	1883	<i>"He de merecer de usted se sirva informar á esta Secretaría, lo más circunstancialmente que le sea posible, sobre la existencia de un molusco llamado abulón que se pesca en la parte occidental de esa Península, y cuya pesca se hace de una manera tan inconveniente, segun se dice, que se teme su completa extinción. Esta Secretaría espera de la ilustración de usted el mayor empeño en este asunto" (Secretaría de Fomento, 1883)</i>
20.- Subprefecto del Partido del Norte	1883	<i>"Enterado por el oficio de usted fecha 25 de septiembre de que la Secretaría de Pesca pide se le informe sobre la existencia de un molusco que se pesca en la parte occidental de esta Península y se conoce con el nombre de abulón, debo manifestar á usted que segun lo que he podido inquerir resulta lo siguiente. Efectivamente hay abulón en esta costa; para pescarlo se valen de barras con que lo arrancan de las peñas á las que se encuentran adheridas; se hacen aquí (Todos Santos) y en Santo Tomás pescas abundantes generalmente de marzo a julio, ignoro si en algun otro lugar se pesca tambien" (Secretaría de Fomento, 1883).</i>

Personaje	Fecha	Comentario
21.- Luis Inouye	1973	<i>"Nosotros remojábamos la carne de abulón en tanques grandes llenos de sal, toda la noche; al día siguiente lo lavábamos con agua del mar, puede también ser lavado al remojarlo en agua salada toda la noche; los puntos negros desaparecen fácilmente, después de eso los hervíamos en agua por espacio de una hora a fuego lento, después de hervirlos, se colocaban en redes de alambre que teníamos preparadas en el área de secado, ahí eran dejados por espacio de 2 a 3 días de donde serían llevados a hervir de nuevo en agua salada a fuego intenso después de sacarlos de nuevo, se colocaban nuevamente en las redes de alambre y se dejaban ahí por espacio de una semana, al concluir la semana se hervían por tercera vez en los mismos tiempos, se sacaban y se hacía la misma operación de colocarlos en las redes de alambre y se dejaban hasta que se secaran bien que el abulón quedara duro como una piedra, este procedimiento fue diseñado para mantener la forma dle abulón, si usted hirviera el abulón la primera vez a fuego intenso, la carne del abulón se agrietaría y perdería su forma natural y no sería agradable a la vista, y puede crear gusanos en las grietas del abulón, para completar el proceso del secado se requiere aproximadamente de dos meses, para que pudiera tener aceptación en el comercio chino, que era el mejor comprador de abulón seco" (Estes, 1977).</i>
22.- Luis Inouye	1973	<i>"... había abulón en gran abundancia también, era muy común encontrarlos encimados en capas de 12 a 13 abulones, en esos tiempos un buzo capturaba más de mil kilos de abulón diario; los pocos buzos se habían acostumbrado a sacar de 5 a 6 toneladas al día, los que usaban gancho podían sacar hasta una tonelada al día" (Estes, 1977).</i>
23.- Luis Inouye	1973	<i>"Supervisé la clasificación de carne y concha de abulón en Bahía Tortuga. En 1914, una tonelada de abulón de primera clase se vendió en doscientos dólares. Una tonelada de abulón de segunda categoría se vendió por ciento cincuenta dólares, y una tonelada de tercera clase se vendió en cien dólares. En ese momento, las conchas de abulón valían más que la carne. Las conchas de primera clase se vendían en doscientos cincuenta dólares por tonelada. Las conchas de segunda clase fueron vendidas por doscientos dólares por tonelada, y las conchas de tercera clase se vendieron en ciento cincuenta dólares por tonelada. La primera clase se clasificó tomando en cuenta su buen color y forma. La carne con color medio y forma se clasificó en segunda y la carne de abulón de tercera no tenía ni color ni forma. En cuanto a las conchas, los que no tienen agujeros y rayas se clasificaron como de primera clase. Aquellos con pocos agujeros eran de segunda clase y con muchos agujeros de tercera. Los que no clasificaban se lanzaban al mar" (Estes, 1977).</i>
24.- Rivas	1999	<i>"..... el empresario japonés Masaharu Kondo, se declaró en quiebra. En septiembre de ese mismo año (1931), se incendió accidentalmente su planta empacadora construida en Bahía Tortugas, Baja California Sur. Posteriormente, el gobierno federal incautó la planta por adeudos fiscales y poco después, la vendió al general Abelardo L. Rodríguez quien la reconstruyó y, para operarla, organizó la empresa Pesquera de Bahía Tortugas, S.A." (Rivas, 1999, pág. 47)</i>

Personaje	Fecha	Comentario
25.- Departamento Forestal y de Caza y Pesca	1938	<i>"Artículo 3: En virtud de lo anterior, se declara veda parcial, definitiva y hasta nuevo acuerdo, para el buceo del abulón en las aguas del litoral occidental de la Baja California e islas adyacentes que no se destine al abastecimiento de las plantas empacadoras antes referidas, a excepción del abulón negro que podrá ser explotado por las Sociedades Cooperativas legalmente autorizadas, para su venta y consumo en el país en estado fresco o cocido "(Departamento Forestal, 1938).</i>
26.- Rodolfo Sánchez Taboada	1938	<i>"Que los Representantes de las Cooperativas de Pescadores de San Felipe le avisaron que en el Golfo de California había cuatro barcos japoneses pescando con chinchorro protegidos por las cooperativas de Guaymas y Bahía Kino, con lo cual se colocaba en condiciones desventajosas a los otros pescadores del Golfo, porque al saturar el mercado provocaban la caída de los precios además de destruir la especie por la técnica de pesca que utilizan" (Taboada, 1938).</i>

Fuente: Elaboración Propia, 2011.

Anexo 2. Entrevista

1. Fecha, lugar y hora _____
2. Nombre del Entrevistado _____
3. Profesión _____
4. Lugar de nacimiento _____
5. Sitios en el pacífico donde usted ha trabajado y se siente bien informado _____
6. Edad _____
7. Años pescando en el pacífico _____
8. ¿Cuántas generaciones de su familia han vivido en esta área o en este ámbito? _____
9. ¿Sabe usted de alguna especie que en el pasado fue abundante y hoy en día ya no lo es?

Si () No () No tengo idea ()

Si su respuesta es afirmativa, ¿Cuáles especies?

1. _____
2. _____

10. ¿Sabe usted de alguna especie que en el pasado no fue abundante y hoy en día lo es?

Si () No () No tengo idea ()

Si su respuesta es afirmativa, ¿Cuáles especies?

3. _____
4. _____

11. ¿Usted captura o capturó abulón amarillo, azul, negro y/o chino? Si () No ()

- i. ¿Si la respuesta es afirmativa, cuál es el tamaño, peso, fecha y lugar de abulón amarillo, azul, negro y/o chino más grande que capturó?

_____ centímetros

_____ kilogramos

_____ lugar

_____ año

- ii. ¿Cuál es la marea más grande de abulones amarillos, azul, negro y/o chino que ha tenido?

_____ (Kilogramo de abulones)

¿Dónde fue esto? _____

¿En qué mes y año fue esto? _____

Anexo 3. Pruebas de correlación de Spearman

Este coeficiente es una medida de asociación lineal que utiliza los rangos, números de orden de cada grupo de sujetos y compara dichos rangos. Puede tomar valores entre -1 y +1, valores próximos a uno (1) indican una correlación fuerte y positiva. Valores próximos a menos uno (-1) indican una correlación fuerte y negativa. Valores próximos a cero indican que no hay correlación lineal. La hipótesis nula que se busca es que si los rangos o puntajes entre dos años son o no son independientes.

La finalidad de esta prueba es identificar si existen cambios en los puntajes de eficiencia con el pasar de los años y en especial desde el año 2006 cuando se establece la reserva marina como una herramienta de gestión pesquera, si su implementación genera o no modificaciones en el orden de las zonas o bloques y si son significativas a través de la probabilidad. El número superior muestra el valor del coeficiente de Spearman y el número inferior es el p valor, si dicho p valor es menor a 0,05 se rechaza la hipótesis nula y en tal sentido existe dependencia de un año a otro.

Coefficiente Spearman - Eficiencia relativa del esfuerzo y de metros cuadrados (m²) por esfuerzo (Tabla 34)

AÑO	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
2000	0.943	1.000	1.000	0.714	0.986	0.771	0.829	0.771
	0.005	0.000	0.000	0.111	0.000	0.072	0.042	0.072
2001		0.943	0.943	0.771	0.928	0.829	0.943	0.886
		0.005	0.005	0.072	0.008	0.042	0.005	0.019
2002			1.000	0.714	0.986	0.771	0.829	0.771
			0.000	0.111	0.000	0.072	0.042	0.072
2003				0.714	0.986	0.771	0.829	0.771
				0.111	0.000	0.072	0.042	0.072
2004					0.754	0.943	0.886	0.943
					0.084	0.005	0.019	0.005
2005						0.754	0.812	0.812
						0.084	0.050	0.050
2006							0.943	0.886
							0.005	0.019
2007								0.943
								0.005

AÑO	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
2000	0.829	0.928	0.943	0.486	0.829	0.771	0.714	0.200
	0.042	0.008	0.005	0.329	0.042	0.072	0.111	0.704
2001		0.899	0.943	0.143	0.600	0.486	0.600	-0.086
		0.015	0.005	0.787	0.208	0.329	0.208	0.872

AÑO	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
2002			0.986	0.232	0.754	0.754	0.812	0.058
			0.000	0.658	0.084	0.084	0.050	0.913
2003				0.257	0.771	0.714	0.771	0.029
				0.623	0.072	0.111	0.072	0.957
2004					0.657	0.600	0.371	0.886
					0.156	0.208	0.469	0.019
2005						0.943	0.886	0.486
						0.005	0.019	0.329
2006							0.943	0.543
							0.005	0.266
2007								0.371
								0.069

Coefficiente Spearman - Eficiencia relativa de la captura y metros cuadrados (m²) por captura (Tabla 35)

AÑO	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
2000	0.943	0.943	0.941	0.943	0.829	0.943	0.943	0.886
	0.005	0.005	0.005	0.005	0.042	0.005	0.005	0.019
2001		1.000	0.941	1.000	0.943	1.000	1.000	0.943
		0.000	0.005	0.000	0.005	0.000	0.000	0.005
2002			0.941	1.000	0.943	1.000	1.000	0.943
			0.005	0.000	0.005	0.000	0.000	0.005
2003				0.941	0.941	0.941	0.941	0.880
				0.005	0.005	0.005	0.005	0.021
2004					0.943	1.000	1.000	0.943
					0.005	0.000	0.000	0.005
2005						0.943	0.943	0.886
						0.005	0.005	0.019
2006							1.000	0.943
							0.000	0.005
2007								0.943
								0.005

AÑO	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
2000	0.771	0.771	0.657	1.000	0.943	0.771	0.886	0.600
	0.072	0.072	0.156	0.000	0.005	0.072	0.019	0.208
2001		1.000	0.943	0.771	0.829	1.000	0.943	0.486
		0.000	0.005	0.072	0.042	0.000	0.005	0.329

AÑO	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
2002			0.943	0.771	0.829	1.000	0.943	0.486
			0.005	0.072	0.042	0.000	0.005	0.329
2003				0.657	0.714	0.943	0.886	0.257
				0.156	0.111	0.005	0.019	0.623
2004					0.943	0.771	0.886	0.600
					0.005	0.072	0.019	0.208
2005						0.829	0.943	0.771
						0.042	0.005	0.072
2006							0.943	0.486
							0.005	0.329
2007								0.600
								0.008

Coefficiente Spearman - Eficiencia relativa de la biomasa y metros cuadrados (m²) por biomasa (Tabla 36)

AÑO	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
2000	1.000	0.943	0.943	1.000	1.000	1.000	0.943	0.943
	0.000	0.005	0.005	0.000	0.000	0.000	0.005	0.005
2001		0.943	0.943	1.000	1.000	1.000	0.943	0.943
		0.005	0.005	0.000	0.000	0.000	0.005	0.005
2002			0.829	0.943	0.943	0.943	1.000	1.000
			0.042	0.005	0.005	0.005	0.000	0.000
2003				0.943	0.943	0.943	0.829	0.829
				0.005	0.005	0.005	0.042	0.042
2004					1.000	1.000	0.943	0.943
					0.000	0.000	0.005	0.005
2005						1.000	0.943	0.943
						0.000	0.005	0.005
2006							0.943	0.943
							0.005	0.005
2007								1.000
								0.000

AÑO	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
2000	0.943	1.000	0.714	0.886	0.886	0.943	0.943	0.771
	0.005	0.000	0.111	0.019	0.019	0.005	0.005	0.072
2001		0.943	0.829	0.943	0.943	0.886	0.886	0.886
		0.005	0.042	0.005	0.005	0.019	0.019	0.019

AÑO	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
2002			0.714	0.886	0.886	0.943	0.943	0.771
			0.111	0.019	0.019	0.005	0.005	0.072
2003				0.943	0.943	0.829	0.829	0.886
				0.005	0.005	0.042	0.042	0.019
2004					1.000	0.943	0.943	0.943
					0.000	0.005	0.005	0.005
2005						0.943	0.943	0.943
						0.005	0.005	0.005
2006							1.000	0.829
							0.000	0.042
2007								0.829
								0.042

Coefficiente Spearman - Eficiencia relativa de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) (Tabla 37)

AÑO	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
2000	-0.029	0.279	0.232	-0.348	-0.319	-0.406	-0.087	-0.348
	0.957	0.592	0.658	0.499	0.538	0.425	0.870	0.499
2001		0.812	0.829	0.657	0.714	0.771	0.257	0.657
		0.050	0.042	0.156	0.111	0.072	0.623	0.156
2002			0.986	0.145	0.348	0.348	0.116	0.145
			0.000	0.784	0.499	0.499	0.827	0.784
2003				0.200	0.314	0.371	0.200	0.200
				0.704	0.544	0.469	0.704	0.704
2004					0.829	0.943	0.600	1.000
					0.042	0.005	0.208	0.000
2005						0.943	0.371	0.829
						0.005	0.469	0.042
2006							0.543	0.943
							0.066	0.005
2007								0.600
								0.008

Coefficiente Spearman - Puntajes de eficiencia para las diferentes zonas de captura de abulón en Isla Natividad para diferentes años (Tabla 38)

AÑO	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
2000	0.770	0.677	0.467	0.161	0.759	0.524	0.226	0.955
	0.073	0.139	0.351	0.760	0.080	0.286	0.667	0.003

AÑO	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
2001		0.955	0.515	0.339	0.986	0.941	0.770	0.882
		0.003	0.296	0.511	0.000	0.005	0.073	0.020
2002			0.359	0.226	0.941	0.893	0.807	0.770
			0.484	0.667	0.005	0.017	0.053	0.073
2003				-0.287	0.507	0.515	0.108	0.446
				0.581	0.305	0.296	0.839	0.376
2004					0.334	0.400	0.548	0.400
					0.518	0.432	0.260	0.432
2005						0.928	0.759	0.870
						0.008	0.080	0.024
2006							0.893	0.706
							0.017	0.117
2007								0.462
								0.056

Coeficiente Spearman - Puntaje de eficiencia relativa para los diferentes bloques de Isla Natividad tomando como variable de comparación la biomasa de abulón amarillo (Figura 27)

AÑO	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
2000	0.6687	0.6707	0.5005	0.4378	0.4111	0.5083	0.6301	-0.1161
	0.0000	0.0000	0.0026	0.0096	0.0157	0.0021	0.0001	0.5133
2001		0.5874	0.3507	0.4965	0.3729	0.4584	0.4508	-0.1484
		0.0003	0.042	0.0028	0.0299	0.0064	0.0075	0.4021
2002			0.4739	0.4623	0.3322	0.6084	0.5834	-0.1089
			0.0046	0.0059	0.0549	0.0001	0.0003	0.5397
2003				0.4672	0.6054	0.4751	0.4422	-0.0096
				0.0053	0.0001	0.0045	0.0088	0.9568
2004					0.5415	0.3295	0.4154	-0.1017
					0.0009	0.0571	0.0146	0.5672
2005						0.5328	0.1885	0.0318
						0.0012	0.2856	0.8585
2006							0.3531	0.1172
							0.0405	0.5091
2007								0.0621
								0.7273

Coeficiente Spearman - Puntaje de eficiencia relativa para los diferentes bloques de Isla Natividad tomando como variable de comparación la talla promedio de abulón amarillo (Figura 28)

AÑO	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
2000	0.4856	0.6291	0.2776	0.1649	0.1955	0.347	0.0304	0.0734
	0.0036	0.0001	0.112	0.3515	0.2679	0.0443	0.8643	0.6799
2001		0.2774	0.2105	0.3009	0.2622	0.0926	-0.013	0.0724

AÑO	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
		0.0122	0.232	0.0838	0.1342	0.6026	0.9419	0.6841
2002			0.3734 0.0296	0.1268 0.4748	0.3193 0.0657	0.463 0.0058	0.2502 0.1535	-0.0263 0.8826
2003				0.1347 0.0476	0.2481 0.1571	0.1687 0.3401	0.3074 0.077	0.3198 0.0652
2004					0.0167 0.0254	0.3549 0.0394	0.3526 0.0408	0.2244 0.2019
2005						0.2498 0.0543	0.5025 0.0025	0.2874 0.0994
2006							0.365 0.0338	0.3189 0.0661
2007								0.2232 0.0044

Coefficiente Spearman - Puntaje de eficiencia relativa para los diferentes bloques de Isla Natividad tomando como variable de comparación la talla máxima de abulón amarillo (Figura 29)

AÑO	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
2000	-0.0649 0.7153	0.1091 0.5389	0.1992 0.2587	-0.1966 0.265	-0.1213 0.4945	-0.2406 0.1705	-0.2235 0.2039	-0.0048 0.9786
2001		0.1329 0.4536	0.1968 0.2646	0.0426 0.8109	-0.0591 0.7398	-0.3696 0.0315	-0.197 0.264	0.1238 0.4853
2002			0.4124 0.0154	-0.0601 0.7357	-0.0659 0.7113	-0.0406 0.8197	-0.1733 0.3271	0.1547 0.3824
2003				-0.3355 0.0524	-0.113 0.5247	-0.3518 0.0413	-0.0462 0.7954	0.2084 0.2369
2004					0.1954 0.2682	0.2522 0.1502	0.0142 0.9363	0.1939 0.272
2005						0.3131 0.0714	0.2037 0.248	-0.0707 0.6909
2006							0.2372 0.0769	0.094 0.5969
2007								-0.2284 0.0939

Coefficiente Spearman - Puntaje de eficiencia relativa para los diferentes bloques de Isla Natividad tomando como variable de comparación el porcentaje de abulón amarillo que cumple con la talla mínima (140 centímetros) (Figura 30)

AÑO	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
2000	0.4717 0.0049	0.6867 0.0000	0.4243 0.0124	0.0473 0.7906	0.3778 0.0276	0.3129 0.0716	0.103 0.5622	0.073 0.6816
2001		0.3776 0.0277	0.3919 0.0219	0.5059 0.0023	0.3454 0.0454	0.3879 0.0234	0.1823 0.3021	0.1647 0.3521
2002			0.4735	0.1636	0.197	0.3085	0.1421	-0.0613

AÑO	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
			0.0047	0.3551	0.2641	0.0759	0.4227	0.7304
2003				0.0351 0.8437	0.1457 0.411	0.1306 0.4615	0.0967 0.5864	0.2087 0.2361
2004					0.1521 0.3906	0.0026 0.9884	0.2382 0.1749	-0.017 0.9241
2005						-0.0807 0.0650	0.3738 0.0294	0.149 0.4003
2006							0.0493 0.0819	0.2257 0.1994
2007								0.1242 0.0042

Coefficiente Spearman - Puntaje de eficiencia relativa para los diferentes bloques de Isla Natividad tomando como variable de comparación peso promedio de abulón amarillo (Figura 31)

AÑO	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
2000	0.4486 0.0078	0.6853 0.0000	0.4196 0.0135	0.0885 0.6185	0.3282 0.0581	0.3192 0.0658	0.1024 0.5644	0.0982 0.5807
2001		0.2591 0.1389	0.0674 0.7051	0.3943 0.021	0.3126 0.0719	0.1024 0.5646	-0.0044 0.9805	0.1211 0.4952
2002			0.4673 0.0053	0.2612 0.1357	0.3733 0.0297	0.3916 0.022	0.3709 0.0308	0.1609 0.3632
2003				0.0958 0.5901	0.2411 0.1695	0.1785 0.3125	0.3505 0.0421	0.3802 0.0266
2004					0.1135 0.5229	0.4393 0.0093	0.4093 0.0162	0.2522 0.1501
2005						0.3195 0.0655	0.511 0.002	0.2357 0.1797
2006							0.4346 0.0102	0.3603 0.0363
2007								0.206 0.2424

Coefficiente Spearman - Puntaje de eficiencia relativa para los diferentes bloques de Isla Natividad tomando como variable de comparación la biomasa de abulón azul (Figura 32)

AÑO	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
2000	0.8343 0.0000	0.7785 0.0000	0.6533 0.0001	0.3793 0.0387	0.6507 0.0001	0.6598 0.0001	0.8242 0.0000	0.6152 0.0004
2001		0.7878 0.0000	0.8031 0.0000	0.6503 0.0001	0.6988 0.0000	0.7977 0.0000	0.8642 0.0000	0.7207 0.0000
2002			0.7461 0.0000	0.646 0.0001	0.7167 0.0000	0.7132 0.0000	0.8699 0.0000	0.7004 0.0000
2003				0.7199 0.0000	0.7748 0.0000	0.7901 0.0000	0.9062 0.0000	0.6731 0.0001

AÑO	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
2004					0.5473 0.0021	0.6308 0.0002	0.6851 0.0000	0.5037 0.0053
2005						0.7614 0.0000	0.8436 0.0000	0.6188 0.0003
2006							0.857 0.0000	0.6349 0.0002
2007								0.7279 0.0000

Coefficiente Spearman - Puntaje de eficiencia relativa para los diferentes bloques de Isla Natividad tomando como variable de comparación la talla promedio de abulón azul (Figura 33)

AÑO	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
2000	0.4771 0.0077	0.2328 0.2075	0.0203 0.9151	0.1455 0.4429	0.3462 0.0658	0.1941 0.3131	0.3882 0.0374	0.3159 0.0950
2001		0.0006 0.9977	-0.0086 0.9633	0.0173 0.9276	0.0293 0.8757	0.3296 0.0753	0.4159 0.0248	0.3234 0.0870
2002			0.2392 0.2029	0.2738 0.1432	0.3816 0.0411	-0.0245 0.8997	0.4211 0.0229	0.4205 0.0231
2003				0.2973 0.1106	0.1155 0.5435	0.2754 0.1407	0.3695 0.0485	0.4544 0.0133
2004					0.3125 0.0988	0.2508 0.1895	0.5266 0.0033	0.515 0.0043
2005						0.1935 0.3056	0.5087 0.0048	0.0154 0.9369
2006							0.5134 0.0044	0.2691 0.1580
2007								0.4565 0.0128

Coefficiente Spearman - Puntaje de eficiencia relativa para los diferentes bloques de Isla Natividad tomando como variable de comparación la talla máxima de abulón azul (Figura 34)

AÑO	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
2000	0.5294 0.0026	0.2805 0.1264	0.0964 0.6122	0.4104 0.0243	0.2282 0.2338	0.2636 0.167	0.5855 0.0008	0.2429 0.2041
2001		0.15 0.4289	0.3747 0.0378	0.4133 0.0232	-0.0276 0.883	0.3013 0.1056	0.5748 0.0011	0.2789 0.1429
2002			0.2668 0.1542	0.3436 0.0631	0.2589 0.175	-0.1099 0.5704	0.3295 0.0809	0.1983 0.3024
2003				0.2585 0.1678	-0.0661 0.7287	-0.2945 0.1141	0.3544 0.0593	0.4579 0.0125
2004					0.3725 0.0466	0.384 0.0397	0.8356 0.0000	0.1577 0.4139
2005						0.1225	0.4704	0.1014

AÑO	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
						0.5188	0.01	0.6007
2006							0.4165 0.0246	0.0743 0.7018
2007								0.3393 0.0717

Coefficiente Spearman - Puntaje de eficiencia relativa para los diferentes bloques de Isla Natividad tomando como variable de comparación el porcentaje de abulón azul que cumple con la talla mínima (140 centímetros) (Figura 35)

AÑO	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
2000	-0.1409 0.4576	0.1074 0.5654	-0.4281 0.0183	-0.2064 0.2739	-0.0598 0.7581	0.2139 0.2652	-0.0439 0.8213	0.2024 0.2924
2001		0.0407 0.8307	0.4001 0.0257	0.3931 0.0316	0.4772 0.0066	0.4311 0.0174	0.6951 0.0000	0.1916 0.3193
2002			0.2026 0.2829	0.3403 0.0658	0.2869 0.1313	0.0964 0.6189	0.2884 0.1292	0.5201 0.0038
2003				0.4743 0.0081	0.3219 0.0828	0.2847 0.1273	0.5781 0.001	0.2929 0.123
2004					0.2685 0.1590	0.1162 0.5484	0.6189 0.0003	0.415 0.0252
2005						0.3497 0.0582	0.5176 0.004	0.1877 0.3296
2006							0.6848 0.0000	0.1933 0.3151
2007								0.3073 0.0508

Coefficiente Spearman - Puntaje de eficiencia relativa para los diferentes bloques de Isla Natividad tomando como variable de comparación peso promedio de abulón azul (Figura 36)

AÑO	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
2000	0.306 0.1001	0.2673 0.146	0.1109 0.5595	0.3491 0.0587	0.2001 0.298	0.3244 0.086	0.4102 0.0271	0.2907 0.1261
2001		-0.0605 0.7508	0.1545 0.4067	0.2665 0.1546	0.1333 0.4745	0.5246 0.0029	0.5201 0.0038	0.5445 0.0023
2002			0.4271 0.0186	0.3672 0.0459	0.355 0.0588	0.0525 0.7866	0.4845 0.0077	0.2795 0.142
2003				0.4397 0.015	0.0049 0.9794	0.1956 0.3002	0.4005 0.0313	0.4581 0.0125
2004					0.367 0.0502	0.3079 0.1042	0.6032 0.0005	0.3238 0.0866
2005						0.1796 0.3422	0.449 0.0145	0.0709 0.7148
2006							0.5221	0.4755

AÑO	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
							0.0037	0.0091
2007								0.439 0.0172