

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

FACULTAD DE ECONOMIA

**PROGRAMA DE ECONOMIA DEL MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS
NATURALES**

Análisis bioeconómico de la pesca de camarón blanco en el Pacífico colombiano en presencia del Fenómeno El Niño.

Diana Cecilia Cardona Restrepo

Asesor: Jorge Higinio Maldonado

Diciembre de 2009

Bogotá

RESUMEN

Este trabajo realiza un modelo bioeconómico para la pesca industrial de camarón blanco en el Pacífico Colombiano en presencia del Fenómeno El Niño. Específicamente se analiza el impacto del fenómeno sobre las capturas a través del uso de variables ambientales tales como, temperatura superficial promedio y duración en meses de cada evento asociado al Niño. Dichas variables son introducidas en el modelo de Schaefer y Gordon-Schaefer, con el fin de estimar los Rendimientos Máximo Sostenible (RMS), Rendimiento Máximo Económico (RME) y Rendimiento bajo Libre Acceso (RLA). Los resultados muestran que el Fenómeno si tiene un impacto sobre la pesca y que dicho impacto es diferente de acuerdo con la magnitud y duración de cada evento. Asimismo, se comprueba la hipótesis de existencia de un cambio estructural en la pesquería a partir del año 1984 y la presencia de una tendencia que indica rendimientos negativos en capturas por cada año de actividad, las cuales evidencian el deterioro del recurso producto de años de sobre explotación del mismo.

Palabras clave: Pesca industrial, Bioeconomía pesquera, Manejo de recursos naturales renovables, Fenómeno El Niño.

Clasificación JEL: Q22, Q57

Tabla de contenido

INTRODUCCION	4
1. REVISIÓN DE LITERATURA	6
1.1 Pesca industrial de camarón en el pacífico colombiano.....	6
1.1.1 Pesca industrial de camarón blanco en aguas someras del Pacífico.....	7
1.2 Influencia del fenómeno El Niño en la pesca de camarón.....	11
1.3 Principios de economía pesquera	14
1.4 Investigaciones sobre la pesca de camarón blanco en el Pacífico Colombiano	16
2. OBJETIVOS.....	18
3. MARCO TEÓRICO.....	18
4. MODELO EMPIRICO	23
4.1.1 Nivel de Capturas y Esfuerzo.....	23
4.1.2 Variables climatológicas.....	26
4.1.3 Precios y costos de mercado.....	27
5. MODELO ECONOMETRICO.....	28
6. RESULTADOS	31
6.1 Equilibrios óptimos.....	35
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	37
8. REFERENCIAS.....	39
9. ANEXOS	43

Lista de Figuras

Figura 1. Nivel de capturas y esfuerzo (periodo 1957-2007).....	8
Figura 2. Representación del modelo de Schaefer.....	21
Figura 3. Representación gráfica del modelo bioeconómico de Gordon.....	22
Figura 4. Captura por unidad de esfuerzo.....	24
Figura 5. Nivel de captura en el tiempo.....	25
Figura 6. Curva de producción-esfuerzo con y sin fenómeno El Niño	33
Figura 7. Curva de Producción-Esfuerzo por periodo.....	34

Lista de cuadros

Cuadro 1. Épocas de ocurrencia del Fenómeno el Niño clasificadas por su intensidad.....	12
---	----

Cuadro 2. Duración en meses del Fenómeno El Niño.....	27
Cuadro 3. Estadísticas descriptivas.....	28
Cuadro 4. Variables utilizadas en los modelos econométricos.....	30
Cuadro 5. Resultados regresión econométricas	32
Cuadro 6. Equilibrios óptimos.....	35
Cuadro 7. Equilibrios óptimos por periodo de tiempo Con y Sin El Niño	36

Lista de Anexos.

ANEXO 1. Modelo de Schaefer	43
ANEXO 2. Prueba de Dickey Fuller de raíz unitaria	44
ANEXO 3. Resultados test de Chow	45

INTRODUCCION

El Pacífico Colombiano es una de las principales fuentes de recursos pesqueros en el país debido a la diversidad y abundancia de recursos, entre estos el camarón blanco de aguas someras. Este recurso cuyo nombre científico es *Litopenaeus occidentalis stret*, ha sido explotado principalmente por pescadores industriales desde hace más de cincuenta años, generando importantes rendimientos durante los primeros treinta años de actividad pero mostrando a partir de los años 80's hasta la actualidad, síntomas de deterioro y sobreexplotación, los cuales evidencian un posible cambio estructural presentado a partir de ese periodo.

En relación a esto y dada la antigüedad de la pesquería, han existido múltiples acontecimientos que han marcado su historia, desde su inicio en 1957 con dos embarcaciones que capturaron cerca de 77 toneladas, hasta años recientes con 38 embarcaciones y 145 toneladas capturadas, para el año 2007. Estos acontecimientos hacen alusión, entre otras cosas a variables climatológicas tales como la Oscilación del Sur (ENSO) en una de sus fases, conocida como el Fenómeno El Niño y factores asociados con el esfuerzo pesquero, el cual se incrementó considerablemente a partir de 1957, dados los magníficos rendimientos de pesca y el ingreso generado a partir de estos.

Sin embargo, estos niveles crecientes de esfuerzo pesquero medido por el número de embarcaciones anuales, no permitieron mantener el recurso sostenible en el tiempo y por el contrario cada vez más éste mostraba síntomas de sobre explotación. Esto se evidenció a mediados de los años 80's, cuando el nivel de capturas decreció en mayor proporción que el número de embarcaciones. Para el año 1984 se registraron 103 embarcaciones (el máximo registrado en toda la historia de la pesquería) con un número de capturas de 830 toneladas, mientras que para el año siguiente el número de embarcaciones decreció en 12%, con 90 embarcaciones registradas, las cuales reportaron capturas de 476 toneladas, 42 % menos que las del año anterior. Esta cifra comparada con las 1028 toneladas que capturaron 91 embarcaciones en el año 1976, muestra las consecuencias de una pesquería sobreexplotada durante los primeros treinta años de actividad.

Sumado a esto, otros acontecimientos relacionados a la pesca acentuaron más la decadencia de la pesquería a mediados de los 80's, los cuales tienen que ver con la introducción de un nuevo arte de pesca que arrasaba con tallas más pequeñas, llamado comúnmente "trasmallo electrónico" y el Fenómeno de El Niño de 1883-1984, considerado como uno de los más fuertes del siglo XX.

Sin embargo, la relación de El Niño con los rendimientos pesqueros no ha sido muy clara aún, debido a que éste es tal vez uno de los factores más inquietantes y rodeado de mayor incertidumbre al no tener certeza sobre la magnitud de su impacto. Algunos autores relacionan este evento con mejoras en las capturas, mientras que otros contradicen esto argumentando disminuciones en las mismas. Lo cierto es, que dado la magnitud y la duración del evento los impactos pueden ser diferentes y prolongados en el tiempo.

Esta es una de las principales preguntas de esta investigación, la cual se vale de la inclusión de variables ambientales en el modelo tradicional de Gordon-Schaefer con el fin de capturar evidencia sobre el impacto del fenómeno El Niño en la pesquería industrial de camarón blanco de aguas someras del Pacífico colombiano. Además también toma en consideración para los resultados, la historia que existe detrás de esta pesquería y los posibles cambios estructurales presentados a partir de mediados de los 80's.

De ese modo, el principal objetivo de esta investigación es aplicar un modelo bioeconómico a la pesquería industrial de camarón blanco de aguas someras considerando el impacto del Fenómeno El Niño a través de variables climatológicas que permitan encontrar los niveles óptimos de esfuerzo y capturas relacionados con la ocurrencia de El Niño y asimismo, dar recomendaciones de política orientadas al manejo sostenible del recurso.

Para dar cumplimiento a este objetivo, éste trabajo se desarrolla en siete secciones. La primera es una revisión de literatura en la cual se abarcan los temas de economía pesquera, historia de la pesca industrial de camarón blanco en el Pacífico y la relación de El Niño con los rendimientos pesqueros. La segunda, presenta los objetivos de este estudio. La tercera, presenta los modelos teóricos que soportan el estudio. En la cuarta y quinta sección se presentan el modelo empírico y el econométrico respectivamente. La

sexta presenta los resultados del estudio. Finalmente, las conclusiones se presentan en la séptima sección.

1. REVISIÓN DE LITERATURA

El desarrollo de un modelo de económica pesquera implica el conocimiento de todas las variables y acontecimientos relacionados con la historia del recurso pesquero objeto de estudio. Asimismo, involucra el entendimiento de bases teóricas que soportan los modelos de producción pesquera, además de sus implicaciones.

A partir de esto y dado que éste estudio toma en consideración la historia de la pesca industrial de camarón blanco e intenta conocer los impactos que sobre ella genera el fenómeno El Niño, se presenta a continuación la revisión de literatura de este estudio, la cual trata de abarcar todos estos temas. Se comienza con una síntesis sobre la historia de la pesca industrial en el Pacífico colombiano y los estudios que se han realizado específicamente sobre la pesca industrial de camarón blanco de aguas someras. Además, se hace una revisión sobre la evidencia en contrada relacionada con la influencia de El Niño en la pesquería y finalmente se presentan algunas bases teóricas que soportan los modelos de producción pesquera.

1.1 Pesca industrial de camarón en el pacífico colombiano

La pesca industrial en el Pacífico colombiano y en general la pesca marítima en Colombia se caracteriza por tener una amplia variedad de productos, los cuales tiene un alto valor comercial y una demanda a nivel internacional (Pereira, 1993). Las principales especies objetivo de pesca para esta región son el atún, camarón de aguas someras y profundas, pesca blanca, peces pelágicos, piangua, entre otros.

La pesca de estos recursos es realizada tanto por pescadores industriales como artesanales. Los primeros, realizan sus faenas con barcos de una capacidad de almacenamiento y refrigeramiento. Los segundos, pescan en aguas poco profundas también llamadas “someras” y sus embarcaciones van desde canoas impulsadas por remos o velas hasta botes de motor fuera de borda (Espinal, Martínez, & González, 2005).

En cuanto a la pesca industrial, ésta actividad ha sido una de las de mayor historia, especialmente la dirigida hacia la pesca del recurso camarón blanco de aguas someras.

Así, la pesca industrial de camarón blanco de aguas someras mostró un notable desarrollo desde el comienzo de la actividad en la década de los 50's, hasta mediados de los años 80's. Desde allí, se presentaron los primeros síntomas de sobre explotación, evidenciando una crisis que ha sido principalmente originada por años de sobreexplotación y mal manejo, entrada de un nuevo arte de pesca y el comienzo de la pesca artesanal (Polo, Barreto & Mora, 1992; Barreto & Borda, 2008; Corporación Colombia Intemacional [CCI], 2009).

Sin embargo, pese a la crisis presentada a partir de los 80, la pesca de camarón de aguas someras continua siendo una de las principales actividades de pesca marítima en Colombia, la cual constituye un motor de desarrollo económico y social para la región Pacífica, siendo una de las principales fuentes de divisas, ingresos y trabajo (Espinal, et al.,2005; Barreto & Borda, 2008).

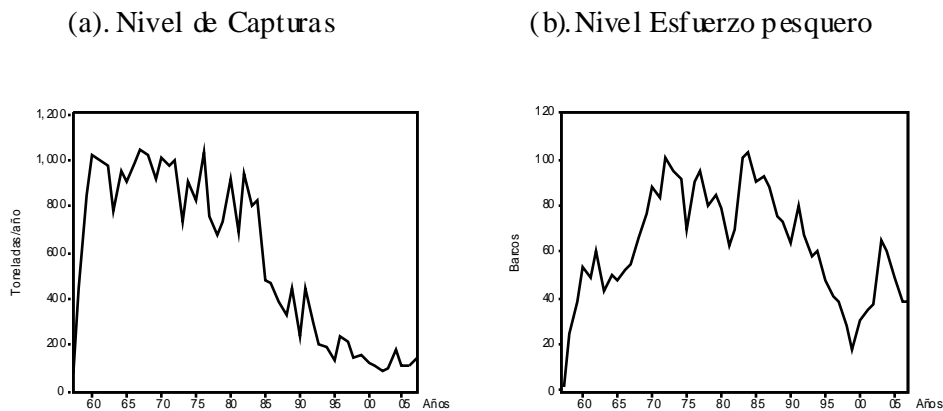
De acuerdo con lo anterior, es posible dilucidar que pese a la importancia e historia de la pesca industrial de camarón blanco en aguas someras del Pacífico, ésta no se ha manejado de manera apropiada mostrando síntomas de sobreexplotación y deterioro en los últimos años. Por tanto, dadas estas características se amerita la realización de estudios dirigidos hacia el establecimiento de políticas de manejo adecuadas que permitan la sostenibilidad del recurso y la pesca en el tiempo. Sin embargo, la realización de este tipo de estudios debe considerar de manera más detallada el comportamiento histórico de la pesca del recurso, por lo cual se presenta a continuación una breve reseña histórica de la pesca industrial de camarón blanco de aguas someras del Pacífico.

1.1.1 Pesca industrial de camarón blanco en aguas someras del Pacífico

La pesca de camarón blanco en aguas someras del Pacífico colombiano tiene sus orígenes en la década de los 50's. En 1957 año en que se da inicio a esta actividad, se reportaron dos embarcaciones realizando faenas de pesca cuya producción total fue de 84.950 libras-cola (Mora, 1988). A partir de esta época y dado el auge provocado por la alta producción, el número de embarcaciones fue aumentando de manera considerable durante las siguientes tres décadas. Estos incrementos tanto en capturas como esfuerzo pesquero se pueden observar en la figura 1.

Este crecimiento significativo de la flota pesquera obtuvo en el año 1967 los mayores rendimientos reportados en la historia (Rueda, Higueroa & Angulo, 2004). Para esta época el máximo rendimiento estaba siendo alcanzado con una flota de 55 barcos y una producción de 41.749 libras cola (Mora, 1988). En los años siguientes, aunque estos niveles de producción continuaron siendo altos no alcanzaron el nivel obtenido en 1967. En contraste, para este mismo periodo continuó incrementando la flota, la cual en el año 1984 reportó 103 embarcaciones activas siendo este el mayor número registrado en la historia (ver Figura 1, panel b).

Figura 1. Nivel de capturas y esfuerzo (periodo 1957-2007)



De acuerdo con lo anterior, el periodo comprendido entre 1968 y 1987 se caracterizó por la disminución del recurso en el medio natural con rendimientos económicos deficientes producto de la baja producción y la sobre explotación del recurso camaronero (Polo, et al., 1992, Pereira, 1993; Newmark, 2001). Estos rendimientos económicos deficientes son producto de la disminución en el número de unidades de pesca que cada embarcación captura a medida que entran más embarcaciones al mercado; lo cual finalmente se puede traducir en menores ingresos económicos para las empresas pesqueras.

Sin embargo, el principio de la década de los 80's fue tal vez el periodo donde se presentaron más cambios en el estado de la pesquería (ver figura 1, panel a), los cuales tienen que ver entre otros factores, con la introducción de un nuevo arte de pesca, el comienzo de la pesca artesanal y el fenómeno de El Niño (Polo, et al., 1992; Barreto & Borda, 2008; CCI, 2009).

Quizá, uno de los acontecimientos que más influyó en el deterioro del recurso fue la introducción de un nuevo arte de pesca que consiste en una red de enmalle de nylon monofilamento llamado comúnmente “trasmallo electrónico”. Este arte de pesca consta de un ojo de malla más pequeño, lo cual provoca una acción depredadora sobre el medio al capturar y dar muerte a muchas especies de tallas pequeñas (Universidad del Cauca, sf). La entrada de este nuevo arte de pesca se da principalmente por su bajo costo y alto rendimiento en la captura, lo cual provocó un gran impacto en la pesquería de la región induciendo una caída significativa en los rendimientos pesqueros (Barreto & Borda, 2008). De igual modo, la presión ejercida por este arte de pesca perturbó el crecimiento de la población de camarones en su medio natural, dando como resultado la disminución del potencial pesquero y la iniciación de una crisis económica de la flota para los siguientes cinco años (Polo et al, 1992, p 27).

Paralelamente, este hecho coincidió con el aumento y fortalecimiento en el año 1984, de la pesca artesanal de camarón blanco con fines comerciales, la cual utilizó como principal arte de pesca el “trasmallo electrónico”. Sin embargo, es importante aclarar que la pesca artesanal se ha venido desarrollando desde antes del comienzo de la pesca industrial, como método de subsistencia para muchas familias mediante el uso de changas y atarrayas¹. Sin embargo, el desarrollo de este tipo de pesca a partir del año 1984 se dio de manera desmedida e introdujo algunos conflictos por las zonas pesqueras, lo cual indujo al desplazamiento de la pesca industrial en algunas áreas tradicionales de pesca (CCI, 2009).

Del mismo modo, el fenómeno de “El Niño” 1982-1983 ocasionó un descenso en los rendimientos de la pesquería de camarón blanco en Colombia para dicho periodo (Díaz, 1997; Barreto & Borda, 2008). Esta afectación se dio principalmente por cambios en la distribución y abundancia de los peces (Díaz, 1997; Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM], 2002), generadas por cambios en la temperatura, niveles medios del mar, salinidad, entre otros (IDEAM, 2002).

Es así como la suma de todos estos acontecimientos ocurridos durante los primeros treinta años de la actividad pesquera ocasionaron una reducción de las capturas de camarón blanco en más del 50% (CII, 2009), hecho por el cual las autoridades pesqueras se vieron obligadas a tomar medidas orientadas a la protección del recurso

¹ Conversación personal con Carlos Barreto

tales como el establecimiento de vedas a partir de 1988 y cuotas de pesca a partir de 1990. Estas últimas orientadas al establecimiento de cuotas de pesca globales para la pesca artesanal y permisionario para la industrial, las cuales no lograron obtener una recuperación satisfactoria del recurso (Barreto et al., 1994, citado por CII, 2009).

A partir de ese periodo, la pesquería de camarón de aguas someras ha presentado disminuciones considerables en las capturas, encontrándose actualmente en los niveles más bajos reportados al no superar las 600 toneladas anuales (CII, 2008, citado por Barreto & Borda, 2008). Asimismo, el esfuerzo pesquero ha disminuido debido a factores de tipo económico tales como, altos costos de operación especialmente incrementos constantes del diesel marino y la gasolina, la caída en los precios internacionales del camarón y la revaluación del peso colombiano frente al dólar estadounidense (Barreto, Polo & Mancilla, 2001; Rueda, et al., 2004; CII, 2008).

Por otra parte, el estado actual del recurso es también el resultado de la ausencia de manejo pesquero efectivo y del impacto que genera una flota arrastrera con poca innovación desde hace 50 años (Rueda, et al., 2004; Rico & Rueda, 2007). Así, la poca innovación tecnológica sumada a aspectos como el fenómeno de El Niño, la pesca artesanal y el uso de “trasmallo electrónico” han sido acontecimientos determinantes en la historia de la pesca de camarón blanco de aguas someras.

De acuerdo con lo anterior, la historia de la pesca de camarón blanco de aguas someras del Pacífico se podría dividir en dos etapas. La primera de ellas comenzaría en el año 1957 hasta 1984 años donde se reportaron las mayores capturas y esfuerzo históricos y la segunda comenzaría a partir de 1985 hasta 2007, último año que se tiene información registrada.

Pero tal vez los acontecimientos que han marcado más la historia de la pesquería de camarón blanco de aguas someras y que repercutieron sobre el bajo nivel de capturas registradas en los últimos años, han sido la sobreexplotación ejercida por una flota pesquera creciente en los primeros años de actividad, el comienzo de la pesca artesanal y el uso del “trasmallo electrónico” (Polo, et al., 1992; Newmark, 2001; Barreto & Borda, 2008; CCI, 2009).

Sin embargo, existe otro acontecimiento que ha marcado los cambios en las capturas del recurso, el cual obedece a aspectos climáticos relacionados con el Fenómeno de el Niño,

cuya presencia ha sido relacionada tanto con incrementos como con deterioros de la pesca de camarón, aunque no exista aún un claro consenso al respecto (Díaz, 1997; Banco de la República, 2000; Newmark, 2001; Barreto & Borda, 2008;).

1.2 Influencia del fenómeno El Niño en la pesca de camarón.

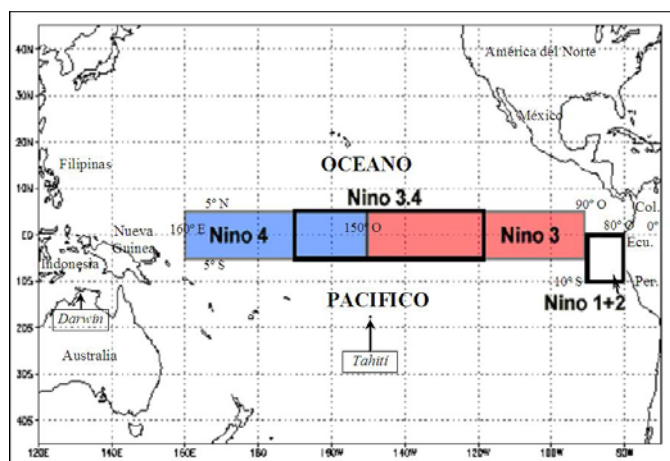
El fenómeno El Niño es una de las fases extremas dentro del ciclo conocido como El Niño, La Niña - Oscilación del Sur (ENSO), causante de la mayor variabilidad climática interanual, en la zona tropical (IDEAM, sf). Este es un fenómeno de naturaleza marina y atmosférica que se presenta regularmente cada 2 a 7 años con una duración promedio de 12 meses, en aguas del océano Pacífico Tropical Central y Oriental frente a las costas del norte de Perú, Ecuador y el sur de Colombia (IDEAM, 2002). Se caracteriza principalmente por el calentamiento de aguas superficiales del mar Pacífico y el aumento de los niveles medios del mar, entre otras características tales como cambios en pluviosidad, salinidad, entre otros.

Una de las medidas más utilizadas para detectar el fenómeno es la temperatura superficial del mar, cuyas variaciones o anomalías sirven como base para determinar el grado de intensidad del mismo. Asimismo, en la actualidad existen dos índices utilizados usualmente para caracterizar los fenómenos del ciclo ENSO, los cuales son Oscilación del Sur (de carácter atmosférico) y el índice Niño 3 (de carácter oceánico) (IDEAM, sf).

El índice de Oscilación Sur (IOS) mide las variaciones en la presión atmosférica entre los hemisferios oriental y occidental. Este índice es un valor que se obtiene de la diferencia de los valores superficiales de presión atmosférica entre la isla de Tahití y Darwin (Australia) y no es más que es una medida comparativa de cómo cambia la presión atmosférica en dos grandes regiones, occidental y central-oriental, del Océano Pacífico Tropical (IDEAM, sf).

Por su parte, el Índice Niño 3 corresponde a las anomalías en la temperatura media del área comprendida entre 5° Norte y 5° Sur y las Longitudes 90° y 150° Oeste, localizada en el Pacífico ecuatorial oriental (ver Ilustración 1).

Ilustración 1. Regiones de El Niño



Fuente: IDEAM

Para el caso de Colombia el IDEAM toma como referente para determinar las anomalías vinculadas a los cambios en temperatura superficial del mar Pacífico, el Índice Niño 3. De acuerdo con este, se han presentado fenómenos de El Niño categorizados como débiles, Moderados y Fuertes, los cuales son presentados en el cuadro 1.

Cuadro 1. Épocas de ocurrencia del Fenómeno el Niño clasificadas por su intensidad

Año	Débil	Moderado	Fuerte
1957-58		X	
1965-66		X	
1969-70	X		
1972-73			X
1976-77	X		
1982-83			X
1986-87		X	
1991-92		X	
1997-98			X

Por otra parte, en cuanto a los efectos directos de este fenómeno sobre la zona marina y costera del Pacífico colombiano, el IDEAM (2002) menciona que el incremento en la temperatura de la superficie del mar y el incremento temporal en los niveles medios del mar generan cambios considerables en el ambiente marino y costero.

En épocas de El Niño, la temperatura de la superficie del mar presenta anomalías entre 2 y 3 °C por encima de lo normal (25 a 26 °C) y los niveles medios del mar registran

incrementos entre 20 y 40 centímetros en Tumaco y Buenaventura; situación que produce cambios en las condiciones ambientales marinas dando lugar a migraciones características de la zona e inmigraciones de especies que no son frecuentes en la misma (Mora, 1988; Newmark 2001; IDEAM, 2002).

Para el caso del camarón blanco del Pacífico colombiano, esta especie resulta ser muy susceptible a este fenómeno debido a que un aumento en la temperatura del agua superficial entre dos y tres grados, provoca la migración de los crustáceos hacia aguas más frías (Banco de la República, 2000). Este desplazamiento en grupos hace que el recurso se vuelva más susceptible a la captura dada por una aparente sensación de abundancia, pero que finalmente no es más que un proceso de migración de la especie (Banco de la República, 2000).

Estos cambios en la distribución y abundancia de especies se han evidenciado en el recurso camarón blanco del Pacífico colombiano, el cual durante el fenómeno El Niño de 1982-1983 se vio afectado negativamente, ocasionando descenso en los rendimientos de pesca (Díaz, 1997; Barreto & Borda, 2008). Sin embargo, este mismo efecto negativo no se presenta para otras especies de camarón, como es el caso del camarón tití pescado en zonas costeras del Ecuador, el cual presentó una abundancia inusual durante el fenómeno el Niño 1982- 1983, que lo convirtió en el recurso pesquero más importante de esa época (Fisher et al.,1995, citado por Barreto & Borda, 2008).

Volviendo a lo encontrado en Colombia, algunos autores mencionan que los efectos del fenómeno El Niño son diversos en el corto, mediano y largo plazo (Banco de la República, 2000; Newmark, 2001) y que estos efectos dependen de las características de las especies y sus ciclos de vida (Banco de la República, 2000).

Newmark (2001) menciona que los recursos marinos y costeros en Colombia, fueron afectados por el fenómeno El Niño de 1992-1993 y 1997-1998 y que estos efectos varían según la fase seca o caliente del evento. Así, durante la fase seca y caliente de 1992 y 1997 se presentó un incremento en la pesca y para la fase húmeda ó fenómeno La Niña, de 1993 y 1998 se evidenció un notorio decrecimiento de las capturas.

El Informe de Coyuntura Regional del Valle del Cauca [ICER] realizado por el Banco de la República en el año 2000, menciona que los efectos más críticos del fenómeno se presentan sobre especies que están en su primera fase de desarrollo y especialmente

sobre aquellas que tienen un ciclo de vida corto entre uno y dos años, como es el caso de los camarones de aguas someras y profundas. Además, estos efectos se ven sobre todo al final del ciclo de vida del recurso es decir, a los dos o tres años de ocurrido el fenómeno.

Por otra parte, en países como Ecuador y Perú también se han observado algunos efectos positivos de El Niño sobre la pesca. En Ecuador, por ejemplo, la actividad pesquera de camarón fue una de las que se vio más favorecida por el fenómeno 1997-1998 con incrementos registrados de 30% en las capturas (Corporación Andina de Fomento [CAF],2000). Y en Perú, Espino (1999) menciona que la captura camarón de aguas profundas o “pomada” se ha visto beneficiada en épocas del Niño como la de 1997-1998.

De esta manera, la evidencia encontrada sobre los efectos del fenómeno de El Niño sobre la pesquería de camarón de aguas someras es muy poca y variada y por lo tanto, dificulta el establecimiento de una hipótesis sobre si el fenómeno genera impactos positivos o negativos sobre la pesquería de camarón blanco y si estos pueden ser observados en el corto, mediano y largo plazo.

Por otra parte, teniendo en cuenta la dinámica que ha presentado la pesquería de camarón blanco históricamente y los aparentes cambios estructurales que se presentaron en la década de los 80's, además de los posibles impactos generados por el fenómeno El Niño; algunos autores han estudiado esta pesquería de manera más amplia, algunos de ellos con el fin de estimar los Rendimientos Máximos Sostenibles que permitan tomar medidas orientadas a la protección del recurso y otros con el fin de conocer el estado actual de la pesquería y de dar recomendaciones igualmente dirigidas a las sostenibilidad del recurso. Pero antes de presentar estos estudios es preciso presentar una revisión de literatura que permita en entendimiento de los modelos de producción pesquera, esa revisión se presenta a continuación

1.3 Principios de economía pesquera

Los modelos de producción pesquera están soportados en esquemas biológicos que predicen la tasa de crecimiento natural en el tiempo, en función del tamaño de la población. La forma de expresar estas relaciones entre crecimiento y tamaño de la

población es mediante formas funcionales tales como logística, logarítmica y Gompertz (Seijo, Defeo & Salas, 1997).

Una de las funciones más utilizada en los modelos de economía pesquera es la logística, la cual es empleada por Schaefer (1954) para determinar una función de producción pesquera que relacione el stock del recurso con el esfuerzo, este último definido como el capital y el trabajo requerido para extraer el recurso (Hanley, Shogren & White, 1997; Seijo, et al., 1997). El equilibrio encontrado bajo el modelo de Schaefer se denomina Máximo Rendimiento Sostenible (MRS), el cual está dado por el punto donde se alcanza el máximo nivel de capturas sin comprometer la sostenibilidad de la población (Seijo, et al., 1997).

Sin embargo, el MRS es considerado como un óptimo de tipo biológico puesto que no considera aspectos económicos como costos, precios y ganancias propias de la actividad pesquera. Con el fin de incorporar estas variables en el análisis presentado por Schaefer, Gordon (1954) incorpora estas consideraciones económicas dando origen al modelo bioeconómico de Gordon-Schaefer.

El modelo bioeconómico de Gordon-Schaefer deriva dos tipos de equilibrios denominados Máximo Rendimiento Económico (MRE) y Rendimiento bajo Libre Acceso (RLA). El MRE resulta de la maximización del beneficio de la pesquería, dado por el punto donde ingreso marginal es igual a costo marginal por unidad de esfuerzo (Seijo, et al., 1997). Este equilibrio también se denomina óptimo bioeconómico, debido a que logra alcanzar una asignación eficiente de los factores manteniendo el recurso en el tiempo (Seijo, et al., 1997).

Por otra parte, el RLA surge de la noción de que los derechos de propiedad del recurso no se encuentran claramente establecidos y por lo tanto, no existe regulación sobre la entrada y salida de esfuerzo pesquero. Dado lo anterior, se produce una entrada de pescadores hasta el punto donde los beneficios de la actividad sean iguales a cero, es decir ingreso total sea igual a costo total (Seijo, et al., 1997).

Una de las características del régimen de libre acceso es que no existen incentivos para que un pescador posponga sus capturas con la esperanza de obtener mayores rendimientos en el futuro (Seijo, et al., 1997). Esta situación conlleva a una competencia entre pescadores por obtener la mayor cantidad de recurso en el menor

tiempo posible, lo cual origina sobre explotación económica y en algunas ocasiones sobre explotación biológica del recurso (Hanley, et al., 1997; Seijo, et al., 1997).

Se ha registrado evidencia sobre el estado crítico de algunos recursos pesqueros manejados bajo un esquema de libre acceso, los cuales han sido sobreexplotados al punto de llevarlos a niveles cercanos al colapso (Ludwig et al. 1993, citado por Seijo, et al., 1997).

Por otra parte, existen otro tipo de variables diferentes al esfuerzo pesquero tales como variables ambientales, las cuales también pueden explicar la capturabilidad y abundancia de una población pesquera (Bell, 1972). Sin embargo, aunque estas variables pueden tener influencia sobre la producción anual de un recurso, existen limitantes sobre la obtención de información y la dificultad para determinar su influencia. Es decir, no es sencillo conocer a plenitud si el efecto de una disminución del recurso se debe a procesos naturales, ambientales o por presiones por pesca (Clark, 1985).

De ese modo, una vez expuestas algunas bases sobre las que se sustentan los modelos pesqueros se presenta a continuación algunos de los estudios realizados en Colombia utilizando estos modelos, específicamente en pesca industrial de camarón blanco de aguas someras del Pacífico colombiano.

1.4 Investigaciones sobre la pesca de camarón blanco en el Pacífico Colombiano

En Colombia, algunos autores han realizado estudios orientados a la determinación del rendimiento máximo sostenible para la pesquería industrial de camarón blanco del Pacífico. Mora y García (1984) mediante el uso del modelo matemático de Fox encuentran que el rendimiento máximo sostenible es de 70 embarcaciones con una producción de 994,43 toneladas.

Teniendo en cuenta estos resultados y que para dicha época el número de embarcaciones oscilaba entre 101 y 103 (años 1983 y 1984 respectivamente), un hallazgo importante del estudio de García y Mora (1984) es que la pesquería industrial de camarón blanco estaría en una fase que denominan “superdesarrollo”, es decir tanto la captura total como individual mostraron una tendencia negativa.

Posteriormente, Barreto et al (1990) utilizan un modelo bioeconómico con el fin de conocer el comportamiento histórico del recurso. De esta manera, encuentran que el stock económico disponible es de 506.8 mil libras año, el cual crecía a una tasa mucho menor que la de extracción.

Con base en esto, concluyen que durante este periodo existió un desequilibrio entre el esfuerzo y el stock del recurso, debido a que mientras el recurso creció a una tasa de 17.6% anual el esfuerzo aumentó en 43%. Esto se evidencia en el número de embarcaciones pesqueras puesto que durante los primeros 15 años se mantuvieron 57 barcos pesqueros en promedio pero para el periodo 1983-1987 el esfuerzo pesquero fue ejercido por 80 embarcaciones en promedio (Barreto, et al., 1990).

Por otra parte, autores como Mejía (1998) y Scioville (2005), utilizan modelos diferentes a los convencionales, con el fin de explicar el comportamiento de pesquería de camarón blanco. Estos modelos corresponden a diseños de tiempo continuo y métodos numéricos, específicamente en procedimientos de regresión no lineal y el método de Newton y Gauss Newton (Mejía, 1998; Scioville, 2005).

Mejía (1998) haciendo análisis de sensibilidad para la tasa de descuento, encuentra que los resultados no siguen un patrón creíble sugiriendo que la solución numérica para el conjunto de parámetros usados es estructuralmente inestable. Por su parte, Scioville (2005) encuentra que de acuerdo con la información disponible sobre esfuerzo y capturas, no es posible construir una metodología de información que permita utilizar modelos bioeconómicos a la pesquería industrial de camarón blanco.

Finalmente, uno de los estudios más recientes y completos sobre pesca en Colombia, realizado por Barreto y Borja (2008) presenta un modelo bioeconómico para la pesca de camarón blanco de aguas someras en el Pacífico colombiano. Allí, se estiman parámetros que usualmente no son observables tales como el coeficiente de captura, la tasa intrínseca de crecimiento y capacidad de carga del ecosistema, los cuales son utilizados en el modelo clásico de Schaefer-Gordon con el fin de determinar el comportamiento de la pesquería desde el punto de vista dinámico y estático.

De ese modo, encuentran para el análisis estático que el rendimiento máximo sostenible para la pesquería de camarón blanco esta en 847 toneladas, con un esfuerzo de 57 embarcaciones. También, mediante el uso del modelo bioeconómico, logran predecir

un agotamiento del recurso pesquero en 20 años, donde de llegar a esa situación, la actividad sería económicamente inviable. Finalmente, con el fin de mantener la pesquería en un estado de sostenibilidad y no llegar al agotamiento del recurso, los autores recomiendan mantener un esfuerzo pesquero de 58 embarcaciones con una cuota de pesca de 1100 toneladas.

Finalmente, teniendo en cuenta la literatura encontrada y los resultados de estudios anteriores sobre la pesca industrial de camarón blanco en el Pacífico colombiano, es evidente la necesidad de realizar estudios más detallados sobre la influencia del fenómeno El Niño en la pesquería. De ese modo, de acuerdo con la importancia de este tema este estudio persigue los siguientes objetivos.

2. OBJETIVOS

- **Objetivo General**

Aplicar un modelo bioeconómico estático a la pesquería industrial de camarón blanco de aguas someras del Pacífico Colombiano considerando el impacto del Fenómeno El Niño a través de variables climatológicas; Con este análisis se espera encontrar los niveles óptimos de esfuerzo y capturas relacionados con la ocurrencia de El Niño.

- **Objetivos Específicos**

Identificar un modelo bioeconómico que permita explicar el comportamiento de la industria pesquera de camarón blanco en el Pacífico Colombiano.

Determinar la pertinencia de incluir variables climatológicas relacionadas con el fenómeno El Niño en el modelo.

Calcular los equilibrios de Rendimiento Máximo Sostenible (RMS), Rendimiento de libre acceso y Rendimiento máximo económico en presencia de variables climatológicas relacionadas con El Niño.

De acuerdo con los resultados, hacer recomendaciones de política orientadas al manejo sostenible del recurso.

3. MARCO TEÓRICO

Con el fin de darle cumplimiento a los objetivos planteados en este estudio, es indispensable presentar las bases teóricas que sustentan y logren el alcance de los

mismos. De ese modo, se presentan a continuación dos clases de modelos de pesca, el primero desarrollado por Schaefer (1954) el cual es considerado de tipo biológico y cuyo equilibrio está dado por el Rendimiento Máximo Sostenible (RMS) y el segundo, desarrollado por Gordon-Schaefer (1954) el cual añade al modelo anterior variables económicas tales como precios y costos de mercado. Este último modelo se denomina bioeconómico y sus equilibrios están dados por el Rendimiento Máximo Económico (RME) y Rendimiento de Libre Acceso (RLA).

- **Modelo de Schaefer**

El modelo de Schaefer (1954) el cual es la base para el desarrollo del modelo bioeconómico de Gordon-Schaefer (1954), parte de la ecuación logística de crecimiento poblacional de Verhulst (1938)², el cual se basa en la siguiente expresión matemática.

$$\frac{dX}{dt} = rX \left(1 - \frac{X}{K}\right) \quad (1)$$

Donde X_t es la biomasa poblacional en el tiempo, r la tasa intrínseca de crecimiento poblacional y K la capacidad de carga de la especie en el ecosistema.

Teniendo en cuenta las condiciones de sobreexplotación a la cual puede ser llevado el recurso, Schaefer (1954) introduce el término de tasa de captura Y dando como resultado una función de producción, la cual se define como:

$$Y = qEX \quad (2)$$

Donde la Captura depende del esfuerzo de pesca E y la biomasa poblacional X en el tiempo t , y q representa el coeficiente de capturabilidad, el cual de acuerdo con Gulland (1983) (citado por Seijo, et al., pg26) se define como la fracción de la población que es extraída por una unidad de esfuerzo.

Sin embargo, existe una limitante en cuanto a la estimación del parámetro q , debido a que éste la mayoría de las veces no puede obtenerse en una estimación independiente de la biomasa. Para esto se utilizan funciones de producción tipo Cobb Douglas con el fin de tener mejores aproximaciones a la relación captura esfuerzo.

² Citado en el documento de Gulland (1969)

De esta manera, si se considera como lo menciona Schaefer (1954), una curva de crecimiento logística para una población explotada, los cambios en la biomasa se calcularían de acuerdo con la siguiente expresión

$$\frac{dX}{dt} = rX \left(1 - \frac{X}{K}\right) - Y \quad (3)$$

Teniendo en cuenta que en condiciones de equilibrio no existen cambios en la biomasa en el tiempo, es decir $dX/dt = 0$ y utilizando la ecuación (2), la expresión anterior puede expresarse en forma de una función de producción que relaciona la captura y el esfuerzo³.

$$Y = qkE - \left(\frac{q^2k}{r}\right)E^2 \quad (4)$$

Esta función de producción tiene una representación en forma de parábola, donde el nivel de capturas está asociado a un nivel de esfuerzo dado, hasta alcanzar el punto donde las capturas disminuyen dado un incremento en el esfuerzo. Ese punto, en el cual ambas variables alcanzan el nivel máximo, se denomina Máximo Rendimiento Sostenible (MRS). Asimismo, al dividir esta ecuación entre el Esfuerzo, se obtiene una relación lineal entre capturas y esfuerzo, denominada Captura por Unidad de Esfuerzo (CPU), la cual se considera directamente proporcional a la abundancia de la población (Seijo, et al., 1997).

Volviendo a la ecuación (4) y derivando la condición de optimalidad de esta ecuación con respecto al esfuerzo E, se obtiene la ecuación que representan el máximo rendimiento sostenible:

$$\frac{dY}{dE} = qk - 2\frac{q^2k}{r}E = 0 \quad (6)$$

$$E_{RMS} = \frac{r}{2q} \quad (7)$$

$$Y_{RMS} = \frac{kr}{4} \quad (8)$$

La Figura 2 muestra los resultados para el modelo de Schaefer, donde el panel (a) presenta la función de producción con los equilibrios óptimos de MRS, y el panel (b)

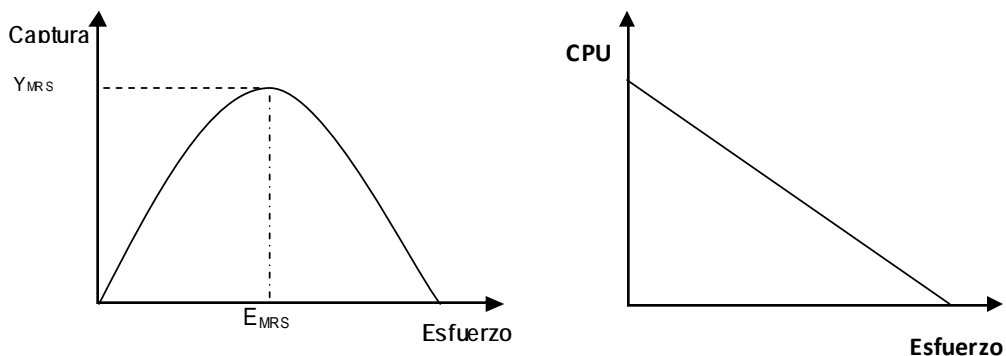
³ Los detalles de esta derivación matemática se presentan en el Anexo 1.

muestra la relación lineal entre CPUE y esfuerzo, donde se aprecia que a mayores unidades de esfuerzo la pesquería tenderá a un colapso.

Figura 2. Representación del modelo de Schaefer

(a) Función de Producción de Schaefer.

(b). Relación entre CPU vs. Esfuerzo



Finalmente algunos supuestos del modelo son: a) existen condiciones de equilibrio, debido que las muertes naturales o por extracción son compensadas por factores de crecimiento y reclutamiento; b) en condiciones de equilibrio, se asume que la mortalidad por pesca es directamente proporcional al esfuerzo; c) la CPU es directamente proporcional a la abundancia de la población; d) el esfuerzo es explicado por una sola especie, debido que el recurso está compuesto solo por ésta; f) la tecnología se mantiene constante (Seijo, et al., 1997).

- **Modelo Bioeconómico Gordon-Schaefer**

El modelo bioeconómico es desarrollado por Gordon (1954) y esta soportado por una curva de rendimiento sostenible en función del esfuerzo la cual incorpora aspectos económicos tales como, precios y los costos de extracción dentro del análisis presentado anteriormente. Dicho modelo desarrolla la teoría de libre acceso y el problema de los recursos de usos común, planteando dos tipos de equilibrio, el equilibrio bajo libre acceso y el de máximo rendimiento económico, los cuales se derivan de la introducción de elementos económicos dentro del análisis netamente biológico.

El modelo bioeconómico parte del establecimiento de los beneficios totales (π), los cuales están dados por los ingresos totales (IT) menos los costos totales (CT),

$$\pi = IT - CT \quad (9)$$

Donde, los ingresos totales se definen como el producto entre el precio de mercado del recurso pesquero p , y la pesca, expresada a través de la función de producción-esfuerzo $Y(E)$. Los costos totales se definen como el producto entre el costo por unidad de esfuerzo c , que se asume constante, y el esfuerzo pesquero. Teniendo en cuenta esta consideración, la ecuación (9) puede reescribirse como:

$$IT = pY(E) - cE \quad (10)$$

Cuando no existen derechos de propiedad sobre el recurso, se dice que éste es manejado bajo el esquema de libre acceso. Bajo un manejo de este tipo, los pescadores entrarán a la industria hasta que la renta económica sea igual a cero, es decir $\pi = 0$ y por lo tanto no existirían estímulos para entrar o salir de la pesquería (Hanley, et al., 1997; Seijo, et al., 1997). De esta manera, los equilibrios bajo libre acceso estarán dados por:

$$IT - CT = 0$$

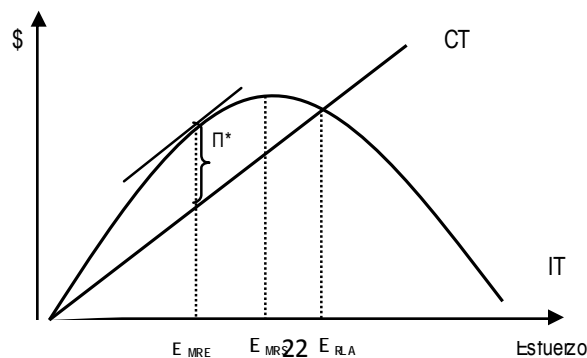
$$pY(E) - cE = 0 \quad (11)$$

Por otra parte, a partir de la condición dada por la ecuación (11) es posible obtener el Máximo Rendimiento Económico (MRE), el cual es derivado de la maximización de la renta económica. Esta maximización muestra el punto donde el valor del producto marginal del esfuerzo iguala el costo marginal del mismo, a partir del cual se obtiene el Máximo Rendimiento Económico para la pesquería (Seijo, et al., 1997)

$$pY'(E) = c \quad (12)$$

Una vez encontrados estos equilibrios, a continuación se muestra la representación gráfica de los mismos (ver Figura 3), donde la curva de ingresos totales en función del esfuerzo tendrá la misma forma de la obtenida en el modelo de Schaefer (figura 1), pero ahora dada en términos monetarios.

Figura 3. Representación gráfica del modelo bioeconómico de Gordon



De la figura anterior, el equilibrio bajo libre acceso muestra que en ausencia de regulación los costos totales igualan los ingresos totales. Mientras que el máximo rendimiento económico se alcanza donde la diferencia entre ingreso total y costo total se maximiza. Por lo tanto, en este punto la distancia entre la curva de ingreso total y la de costo total muestra los beneficios netos de la pesquería. Es importante destacar que dichos beneficios son mayores a cero siempre y cuando estén a la izquierda del equilibrio de libre acceso (Seijo, et al., 1997).

Algunos supuestos del modelo son: a) el precio y el costo marginal y promedio se asumen constantes para cualquier nivel de esfuerzo; b) Las variaciones en los ingresos netos provocan cambios inmediatos en el esfuerzo; c) El recurso responde inmediatamente a una reducción del esfuerzo; d) los costos crecen de manera proporcional al nivel de esfuerzo (Seijo, et al., 1997).

Finalmente, una vez expuesto el marco teórico el cual presenta el modelo de Schaefer y Gordon-Schaefer, se presenta a continuación el modelo empírico el cual permitirá desarrollar los modelos teóricos expuestos y además, da las bases que soportan el modelo econométrico presentado más adelante.

4. MODELO EMPIRICO

El modelo empírico presenta una breve descripción de los datos utilizados en el estudio, así como la información sobre sus fuentes. La presentación de estos datos es importante debido que a partir de ella se desarrollan los modelos teóricos y econométricos, los cuales permitirán el logro de los objetivos propuestos.

La información empleada puede ser clasificada en tres partes. La primera hace referencia a las variables propias del modelo de producción pesquera, tales como capturas y esfuerzo pesquero, medidas respectivamente por toneladas y en barcaciones por año. La segunda corresponde a variables climatológicas que explican el fenómeno de El Niño, tales como temperatura superficial promedio en la Región Niño3, así como la duración del fenómeno en meses por año. La tercera parte está conformada por la información económica referente a precio y costo por unidad de esfuerzo.

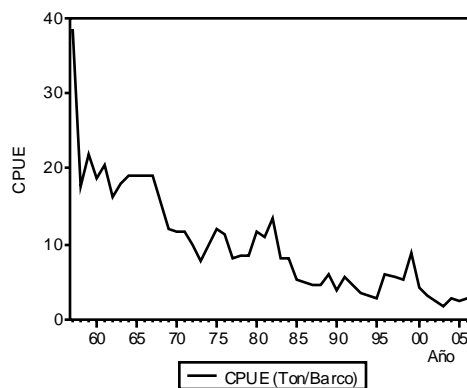
4.1.1 Nivel de Capturas y Esfuerzo.

La información sobre capturas y esfuerzo pesquero muestra la evolución en el tiempo de ambas variables desde el inicio de la pesca industrial en el año 1957 hasta el año 2007.

Dicha información fue proporcionada por Carlos Barreto, funcionario del Instituto Colombiano Agropecuario [ICA], quien ha realizado estudios sobre la pesca industrial de camarón blanco en el Pacífico Colombiano. Dada la rigurosidad en la recolección y el registro de la información, ésta ha sido empleada por numerosos estudios a nivel institucional, lo cual garantiza que los resultados obtenidos sean de buena calidad.

Tal como se menciona en el marco teórico, la relación lineal entre capturas y esfuerzo denominado Captura por unidad de esfuerzo, muestra cómo los rendimientos de la pesca van disminuyendo en el tiempo. Es decir, el nivel de capturas por embarcación se torna más pequeño a medida que pasan los años. Este caso se presenta en la pesquería de camarón blanco, la cual muestra rendimientos de captura por embarcación cada vez menores (ver figura 4).

Figura 4. Captura por unidad de esfuerzo

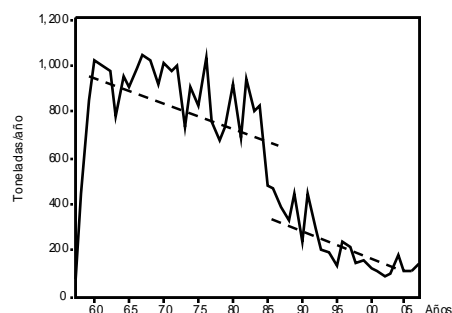


De acuerdo con la figura 4, se puede observar un decaimiento en el nivel de capturas por esfuerzo pesquero a través del periodo de estudio, lo cual puede ser asociado con un índice de pérdida de abundancia del recurso ó con un deterioro del mismo. Esto puede ser producto de sobreexplotación pesquera, al grado que la tasa de capturas pueda ser mayor que la tasa de crecimiento del recurso.

Sin embargo, como se menciona en la revisión de literatura, han existido algunos factores que han acentuado la crisis del recurso camarón en los años 80. Estos factores se deben, entre otros a la intensificación de la pesca artesanal y el uso del “trasmallo electrónico”. Asimismo, se hace alusión a una tendencia negativa que aparentemente sufre un cambio de intercepto a partir del año 1984, pero que continua con la misma pendiente (ver figura 5). Este cambio de intercepto, obedece a un cambio estructural

que se presentó a partir de 1984 y que por lo tanto, divide la serie en dos periodos de tiempo diferentes.

Figura 5. Nivel de captura en el tiempo



La Figura 5 muestra la existencia de dos periodos de tiempo que dividen la serie. Es decir, de acuerdo con esta figura es posible corroborar la existencia de un cambio estructural a partir del año 1984, el cual divide la historia de capturas en dos, la primera de 1957 a 1984 y la segunda de 1985-2007. Asimismo, la serie presenta una tendencia negativa, la cual pese a presentar un cambio abrupto a mediados de los 80, continúa manteniendo dicha tendencia. Sin embargo, es importante destacar que éste tipo de tendencias es normal en modelos de producción que involucran recursos naturales.

Dicho cambio abrupto de la serie, tal como se discute en la revisión de literatura del presente documento, corresponde a la disminución en las capturas a partir de 1984 las cuales se relacionan, entre otros factores, con el uso del “trasmallo electrónico” y el comienzo de la pesca artesanal (Polo et al, 1992; Barreto & borda, 2008; CII, 2009). Asimismo, la tendencia muestra que el recurso presenta rendimientos de producción decrecientes por cada año de explotación, lo cual evidenciaría un deterioro del nivel de capturas y en general del estado del recurso.

Sin embargo, estas afirmaciones son comprobadas de manera más formal utilizando el test de Dicky Fuller para estacionariedad de la serie capturas⁴. Los resultados de este test indican que la serie es estacionaria en niveles, pero que tiene un intercepto y una tendencia. En relación a esto, es necesario introducir en las estimaciones econométricas una tendencia y una variable que me capture el cambio estructural presentado a mediados de los años ochenta.

⁴ Ver Anexo 2

Por otra parte, en cuanto al número de esfuerzo pesquero, éste no ha presentado cambios tan drásticos como los niveles de capturas, sin embargo, para el primer periodo de tiempo estos niveles de esfuerzo fueron elevados, lo que no necesariamente implicó que a mayor número de esfuerzo mayor número de capturas (ver figura 4).

En relación a esto, otro de los aspectos relacionados con el esfuerzo pesquero es lo referente a la innovación de la flota pesquera. De acuerdo con esto, algunos estudios encuentran que la tecnología de pesca de camarón de aguas someras tiene más de 20 años de antigüedad (Rico & Rueda, 2007) y específicamente, características como eslora y motor han permanecido poco renovadas en los últimos 20 años (Rueda, et al., 2004).

Asimismo, la composición de la flota pesquera de camarón de aguas someras no presenta un modelo específico de motonave, el cual garantice eficiencia técnica y económica de la actividad (Polo et al, 1990; Barreto et al, 2001). Dado lo anterior, para el desarrollo de este estudio se trabaja con la variable esfuerzo sin tener en cuenta cambios tecnológicos, debido a la evidencia encontrada sobre la poca innovación tecnológica de la flota pesquera durante el periodo de estudio.

4.1.2 Variables climatológicas

Para dar cumplimiento al objetivo de este estudio, se utiliza variables climatológicas que explican la presencia de El Niño, las cuales se espera expliquen mejor el comportamiento de las capturas del recurso camarón blanco. La información con que se cuenta está relacionada con la temperatura superficial promedio de la región Niño 3, medida en grados centígrados (°C) por año. Asimismo, se construye una variable que relaciona el número de meses que duró cada evento de El Niño, la cual se resume en el siguiente cuadro.

Cuadro 2. Duración en meses del Fenómeno El Niño

Año	Duración meses
1957-58	9
1965-66	8
1969-70	9
1972-73	10
1976-77	6
1982-83	16
1986-87	15
1991-92	8
1997-98	13

Por otra parte, la fuente para la variable climatológica corresponde a NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) para la serie de temperatura promedio de la Región Niño 3 durante el periodo 1957-2006. De otro lado, la variable que hace alusión a la duración en meses del fenómeno se construyó basada en los reportes del IDEAM según la región Niño3.

4.1.3 Precios y costos de mercado.

Con el fin de desarrollar el modelo bioeconómico propuesto en este estudio, es indispensable contar con información sobre precios y costos de mercado asociados a la pesca de camarón blanco.

La estructura promedio de costos para el año 2001, de una embarcación camaronera en aguas someras del Pacífico colombiano, incluye los costos fijos y los costos variables de operación. Dentro de este esquema de costos, el principal insumo es el combustible, el cual para el año 2001 representó el 43% de los costos totales (ACODIARPRE⁵, citado por Espinal, et al., 2005). Para los cálculos utilizados en este estudio se consideran los costos más importantes asociados a los costos variables y se estima que el costo anual por esfuerzo pesquero es equivalente a \$130.265.160 pesos colombianos del año 2009.

En cuanto a los precios de venta de camarón blanco para el año 2001, estos se obtienen del Sistema de Información de Precios Para el Sector Agropecuario (SIPSA), los cuales corresponden para el año 2009 a \$20.032.170,74 pesos por tonelada.

⁵ ACODIARPRE: Asociación de Armadores Pesqueros del Caribe.

Por otra parte, una vez se presenta toda la información sobre series y datos utilizados en el desarrollo de este estudio, se presenta a continuación las estadísticas descriptivas diferenciadas por ocurrencia de El Niño. Del cuadro 3 se puede observar que tanto el nivel de esfuerzo como de capturas es mayor en épocas de El Niño, Asimismo el nivel de temperatura es mayor que el promedio normal y el número de meses promedio de duración es de 5.

Cuadro 3. Estadísticas descriptivas

(a) Con Fenómeno El Niño

	Captura^a	Esfuerzo^b	Temp^c	Meses^d
Media	640.44	6889	26.34	5.11
Mediana	744.00	7850	26.36	5.00
Máximo	1028.00	101.00	27.53	12.00
Mínimo	77.00	2.00	25.06	1.00
Desv. Estand	329.50	2981	0.65	3.14

(b) Sin Fenómeno El Niño

	Captura^a	Esfuerzo^b	Temp^c	Meses^d
Media	532.52	59.15	25.53	0.00
Mediana	476.00	60.00	25.51	0.00
Máximo	1044.00	103.00	26.34	0.00
Mínimo	92.00	18.00	24.68	0.00
Desv. Estand	368.79	1987	0.45	0.00

a. Toneladas por año. b. Número de barcos por año. c. Temperatura superficial promedio del mar. d. Duración del fenómeno en meses.

De ese modo, una vez se presenta esta información se muestra a continuación el modelo econométrico, el cual siguiendo el modelo de Schaefer da soporte y cumplimiento a los objetivos propuestos.

5. MODELO ECONOMÉTRICO.

Como se ha mencionado a lo largo del documento, la pesca de camarón blanco ha sido influenciada negativamente por varios factores entre estos El Niño. Teniendo información registrada sobre las consecuencias de factores como, el trasmallo

electrónico y la pesca artesanal, sobre la pesca industrial y el deterioro del recurso, es tal vez la influencia de El Niño, una de las variables más difíciles de relacionar.

Por tal razón, con el fin de darle cumplimiento a los objetivos de este estudio, se utilizan modelos de series de tiempo que expliquen el comportamiento de las capturas en relación a otras variables además del esfuerzo pesquero tales como, variables de tipo climatológico y duración del Niño en meses.

Para esto, es preciso introducir en el modelo original de Schaefer, presentado a continuación, variables climatológicas que explican la ocurrencia de El Niño, tales como temperatura superficial en la región Niño3.

Modelo original de Schaefer:

$$Captura = \beta_0 + \beta_1 esfuerzo + \beta_2 esfuerzo^2 + \varepsilon \quad (13)$$

El modelo original de Schaefer (1954) presentado en la ecuación (13), explica el nivel de capturas solo en función del esfuerzo pesquero. Sin embargo, dada la importancia de los impactos de El Niño sobre las capturas, es necesario agregar al modelo de Schaefer la variable climatológica mencionada anteriormente. De esta manera y dado que la serie se encuentra dividida por dos periodos de tiempo, la regresión econométrica que se realiza en este estudio se expresa de la siguiente manera:

$$Captura = \alpha_0 + \alpha_1 esfuerzo + \alpha_2 esfuerzo^2 + \alpha_3 Temp + \alpha_4 meses + \alpha_5 tend + \alpha_6 periodo + \varepsilon$$

Donde las *capturas* están siendo explicadas por el nivel de *esfuerzo pesquero*, la variable *Tend*, la cual hace referencia a la variable climatológica corresponde a la temperatura superficial en la región Niño 3, *meses* que significa la duración del Niño en meses por año, *tendencia (tend)* y el *periodo* de tiempo (1957-1984 y 1985-2007). Con el fin de dar un mayor entendimiento a este modelo, se presenta a continuación una descripción de cada una de las variables utilizadas en el modelo econométrico.

Cuadro 4. Variables utilizadas en los modelos económicos

Variable	Fuente	Descripción	Tipo
<i>Captura</i> (Y_t)	Carlos Barreto (ICA)	Número de toneladas extraídas por año	Numérica continua
<i>Esfuerzo</i> (E_t)	Carlos Barreto (ICA)	Número de embarcaciones de pesca por año	Numérica discreta
<i>Tend</i>	Construcción propia	Tendencia relacionada a la variable dependiente (capturas), la cual toma valores discretos de 0 a 50	Numérica discreta
<i>Periodo</i>	Construcción propia	Variable que captura los cambios históricos relacionados con la variable dependiente. Toma el valor de 1: periodo 1957-1984 y 0: periodo siguiente 1985-2007	Dicotómica
<i>Meses</i>	Construcción propia, basada en IDEAM	Número de meses por año que duró el Fenómeno El Niño.	Numérica discreta
<i>Temp</i>	NOAA	Temperatura superficial anual promedio del mar Pacífico para la región Niño 3.	Numérica continua

De otro lado, con el fin de corroborar la existencia de un cambio estructural a partir del año 1984, el cual divide la serie en dos periodos de tiempo y de justificar la introducción de la variable *periodo* en el modelo, se estima la regresión original del modelo de Schaefer y se realiza el test de Chow con el fin de rechazar o no la hipótesis de cambio estructural a partir de ese año⁶. Los resultados muestran que sí existe un cambio estructural en esa fecha, razón por la cual se crea esta variable dicotómica denominada *periodo*, la cual trata de captar dichos cambios.

Por otra parte, teniendo en cuenta que se está trabajando con series de tiempo, se realizó la prueba de raíz unitaria bajo el test de Dickey Fuller y KPSS a todas las series de tiempo utilizadas en el estudio, con el fin de determinar si estas eran estacionarias en niveles, primeras diferencias o segunda diferencia. Se encontró que todas las variables son estacionarias en niveles. Por lo tanto, es posible estimar las regresiones sugeridas por el modelo.

⁶ Ver anexo 3

Dado lo anterior y teniendo en cuenta las funciones de producción explicadas en el marco teórico, es posible estimar empíricamente dichas funciones con la información disponible sobre capturas, esfuerzo, temperatura superficial y duración del Niño en meses, las cuales permitan encontrar los resultados de los equilibrios de RMS, RME y RLA propuestos en este trabajo. De ese modo, los resultados de estas estimaciones se presentan a continuación.

6. RESULTADOS

Los resultados obtenidos están basados en una adaptación del modelo de Schaefer y bioeconómico que integra variables climatológicas que expliquen el comportamiento de las capturas en presencia del fenómeno El Niño. Estas estimaciones permiten calcular los equilibrios de máximo rendimiento sostenible, rendimiento bajo libre acceso y máximo rendimiento económico. Las regresiones se realizan bajo Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), corrigiendo por heteroscedasticidad y autocorrelación en el caso de ser necesario.

De acuerdo con el modelo econométrico planteado anteriormente, se realiza una estimación que involucra entre sus variables explicativas asociadas al Niño, la temperatura superficial promedio de la región Niño3 y la duración del fenómeno en meses por año, esto con el fin de encontrar evidencia sobre los efectos de El Niño en la pesquería industrial de camarón blanco. Los resultados de esta estimación se presentan en el

Cuadro 5.

Cuadro 5. Resultados regresión econométricas

Variable dependiente: <i>Capturas (ton/año)</i>		
<i>Variab</i> <i>explicativas</i>	<i>C</i> <i>Coeficiente</i>	<i>E</i> <i>Error</i> <i>Estand</i>
<i>Esfuerzo</i>	10,72*	(5,5)
<i>Esfuerzo</i> ²	-0.06	(0,04)
<i>periodo</i>	430,16***	(63,6)
<i>Tend</i>	-6,43**	(2,86)
<i>Temp</i>	-91,51**	(39,7)
<i>Temp (-1)</i>	-50,58**	(19,92)
<i>Meses</i>	21,82**	(8,29)
<i>Constante</i>	3558,59***	(1114,45)
R2 ajustado	0.92	
F	86,99***	
Num. Obs	49	
<i>Error estándar robusto entre paréntesis</i>		
<i>*Significancia al 10%, **Significancia al 5%, ***Significancia al 1%</i>		

De acuerdo con los resultados del cuadro 5, la temperatura superficial promedio y la duración del fenómeno en meses por año, están explicando el comportamiento de las capturas de camarón blanco en el Pacífico colombiano. Sin embargo, el efecto de cada variable es diferente, por lo tanto, es posible afirmar que la intensidad y la duración

causan efectos negativos y positivos, respectivamente sobre las capturas. Es decir, los efectos generados por los incrementos en la temperatura promedio de la Región Niño3 indican que por cada grado centígrado que aumente la temperatura promedio, los niveles de capturas se ven disminuidos en el presente y en el año siguiente, en 91,51 y 50,58 toneladas por año, respectivamente.

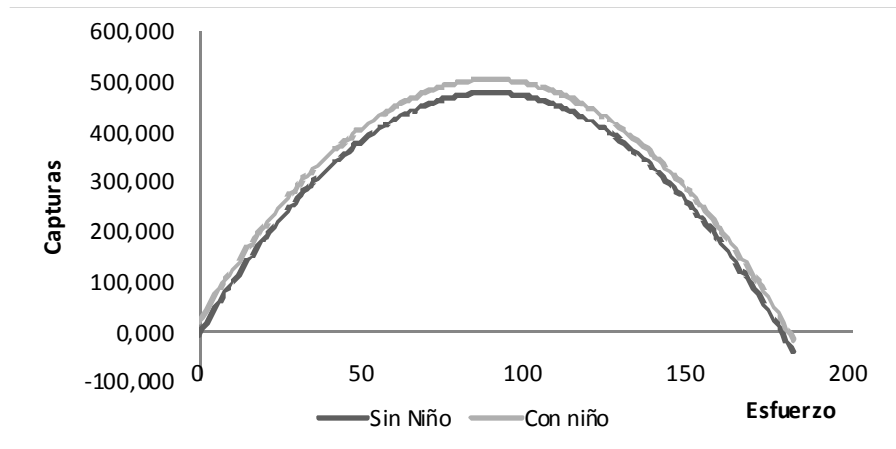
Sin embargo, uno de los resultados más interesantes de la estimación anterior es el efecto que tiene la duración de El Niño sobre las capturas del recurso. Este resultado indica que por cada mes más que se presente el fenómeno, las capturas se van a ver incrementadas ese mismo año. Específicamente, un mes más de duración al año implica un aumento en las capturas de 21,82 toneladas anuales.

Este resultado asociado a los efectos de los incrementos en la temperatura promedio, indican que la intensidad y duración del fenómeno impactan de manera diferente las capturas de camarón blanco. Es decir, dado que la intensidad está asociada con la magnitud de los cambios en la temperatura promedio y no con la duración del evento, es posible afirmar que ambas variables producen efectos diferentes sobre el nivel de capturas.

Por otra parte, existen otros factores que están explicando igualmente los niveles de capturas, los cuales corresponden a la *tendencia* y el *periodo*. Para el caso de la *tendencia*, ésta evidencia rendimientos decrecientes para la pesquería por cada año de actividad. De otro lado, los resultados para la variable *periodo* muestran claramente la existencia de un cambio estructural a partir del año 1884, el cual le significó a los pescadores mayores capturas en el primer periodo de tiempo, comprendido entre 1957 a 1984.

De este modo, con base en estos resultados se calcula el RMS para la pesquería de camarón blanco de aguas someras del Pacífico Colombiano teniendo el escenario con y sin El Niño. Para esto se toma los valores promedios de las variables temperatura y meses, con y sin fenómeno El Niño presentadas en el cuadro 4. Los resultados de las curvas de producción esfuerzo, donde se observa el RMS se presentan a continuación:

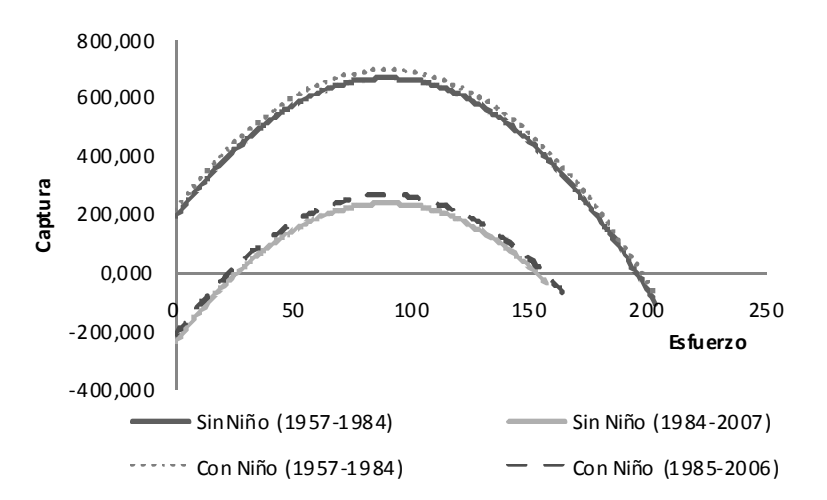
Figura 6. Curva de producción-esfuerzo con y sin fenómeno El Niño



La figura 6 muestra las funciones de producción esfuerzo calculadas en un escenario con y sin El Niño. El escenario con Niño se calcula a partir de la temperatura promedio y la duración en meses de éste fenómeno durante el periodo de estudio, manteniendo las demás variables constantes. De esta manera, esta figura muestra que la función producción esfuerzo en presencia de El Niño es mayor que si no ocurre este fenómeno, lo cual significa que las capturas de RMS para un escenario con Niño son mayores que en el otro caso.

De otro lado, dada la significancia de la variable periodo, se calcula la función producción esfuerzo diferenciada para cada uno de los dos periodos de tiempo. Los resultados se presentan en la Figura 7, donde se evidencia una marcada diferencia entre los dos escenarios, es decir para el segundo periodo de tiempo el nivel de capturas es mucho menor al del periodo inicial.

Figura 7. Curva de Producción-Esfuerzo por periodo



Tal como se puede observar en la figura anterior, los rendimientos para el segundo periodo de tiempo son mucho menores, lo cual evidencia el deterioro del recurso dado por años de sobreexplotación. Por otra parte, los rendimientos para este segundo periodo de tiempo no consideran los valores negativos mostrados en la figura 7, y por el contrario estos resultados son un comportamiento netamente matemático. Del mismo modo, los resultados de la función producción esfuerzo para el primer periodo de tiempo inician en un valor positivo de capturas para un nivel de esfuerzo cero, debido que técnicamente se parte de un nivel de stock inicial y además éste es resultado del modelo matemático.

Por otra parte, teniendo en cuenta los resultados de las funciones producción esfuerzo para los dos periodos de tiempo, es importante considerar los equilibrios del segundo periodo (1985-2007) puesto que allí los rendimientos en las capturas son mucho menores que los obtenidos considerando solo el primer periodo. De ese modo, establecer un equilibrio estático en un nivel de esfuerzo determinado debería considerar cual es el nivel de capturas actual del recurso, el cual según la figura 7 está por debajo del nivel promedio.

Así, una vez presentadas las curvas de producción esfuerzo para la pesquería de camarón blanco de aguas someras, se presenta a continuación los equilibrios óptimos calculados para el manejo de este recurso.

6.1 Equilibrios óptimos

De acuerdo con los resultados y los objetivos planteados por este estudio, se estiman los equilibrios de RMS, RME y RLA para los escenarios con y sin fenómeno El Niño. Los equilibrios con fenómeno El Niño se calculan a partir de los promedios históricos en temperatura superficial de la Región Niño3 y la duración del fenómeno en meses. Los resultados de estos equilibrios se presentan a continuación.

Cuadro 6. Equilibrios óptimos

		Sin Niño	Con Niño
MRS	<i>Esfuerzo</i>	89.33	89.33
	<i>Captura</i>	475.18	501.50
MRE	<i>Esfuerzo</i>	35.14	35.14
	<i>Captura</i>	298.99	325.30

RLA	<i>Esfuerzo</i>	69.00	75.00
	<i>Captura</i>	450.38	489.17

De acuerdo con estos resultados, en presencia de El Niño y sin Niño, el equilibrio de MRS estaría dado por 89 embarcaciones en promedio, con capturas de 501.5 toneladas año para un escenario Con Niño, mientras que sin ocurrencia de este fenómeno las capturas de RMS estarían dadas por 475.1 toneladas año. Por otra parte, el MRE está dado por 34 embarcaciones con un nivel de capturas en presencia de El Niño de 325.3 toneladas anuales y de 298.99 toneladas anuales para un escenario sin Niño. Finalmente el equilibrio bajo libre acceso para un escenario Sin Niño, está dado por 69 embarcaciones con capturas de 450.38 toneladas, mientras que en presencia de El Niño este equilibrio estaría dado por 75 embarcaciones con 489,17 toneladas en promedio anual.

Por otra parte, teniendo en cuenta que la serie presenta un cambio estructural y que dicho cambio está explicando fuertemente las capturas actuales, se hace necesario realizar análisis de sensibilidad sobre los equilibrios de RMS, RME y RLA para ambos periodos de tiempo, sobre todo para el último periodo. Los resultados de este análisis se presentan a continuación:

Cuadro 7. Equilibrios óptimos por periodo de tiempo Con y Sin El Niño

		1957-1984		1985-2006	
		Sin Niño	Con Niño	Sin Niño	Con Niño
MRS	<i>Esfuerzo</i>	89.33	89.33	89.33	89.33
	<i>Captura</i>	668.32	694.63	238.16	264.47
MRE	<i>Esfuerzo</i>	35.14	35.14	35.14	35.14
	<i>Captura</i>	492.12	518.44	61.96	162.38
RLA	<i>Esfuerzo</i>	101.00	-	-	-
	<i>Captura</i>	660.15	-	-	-

De acuerdo con los resultados del Cuadro 7, los equilibrios de RMS, RME y RLA varían si se considera el cambio estructural en la serie, la cual divide en dos periodos la historia de la pesca industrial de camarón blanco de aguas someras del Pacífico. Los

resultados indican que el segundo periodo de tiempo tiene unas condiciones de equilibrio menores en cuanto a nivel de capturas, lo cual se evidencia al observar el comportamiento histórico de la serie, donde el promedio de capturas de ese periodo es de 232 toneladas anuales, y en los últimos diez años se han presentado capturas promedio anuales de 121 toneladas.

Por otra parte, se aclara que los RLA para el escenario con niño en el primer periodo de tiempo y con y sin Niño para ambos periodos, no son posibles de calcular teniendo en cuenta los datos sobre costos y precios del recurso.

Finalmente, si se considera los MRE para los dos periodos de tiempo, los resultados indican que sin considerar el fenómeno EL Niño los niveles de esfuerzo y captura para el último periodo se encuentran en 35 embarcaciones con unas capturas de 61.96 toneladas anuales, y para el escenario Con El Niño las capturas estarían dadas en 162.38 toneladas anuales. Teniendo en cuenta este resultado y comparándolo con las capturas de MRE para el primer periodo de tiempo, se evidencia el deterioro del recurso camarón blanco de aguas someras de Pacífico.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este estudio se calcularon los rendimientos máximo sostenible, rendimiento máximo económico y rendimiento de libre acceso, derivados del modelo de Schaefer (1954) y Gordon-Schaefer (1954). Los cálculos se realizan para dos tipos de escenarios: con y sin fenómeno El Niño. El escenario con fenómeno El Niño se realiza a partir de la introducción al modelo original de variables climáticas tales como, la temperatura promedio de la Región Niño 3, además de duración del fenómeno en meses por año.

En general, los resultados muestran que los incrementos en la temperatura están explicando el comportamiento de las capturas, generando impactos en el corto, mediano y largo plazo. Asimismo, se encuentra que la duración del fenómeno en meses genera un impacto positivo y significativo, lo cual comparado con los impactos provocados por incrementos en temperatura superficial, muestran que el fenómeno El Niño genera efectos diferentes de acuerdo a su magnitud y su duración.

Por otro lado, se comprueba la existencia de un cambio estructural en la pesquería, la cual divide la historia de las capturas del recurso en dos: la primera comienza en 1957

hasta 1984 y la segunda comienza a partir de 1985 hasta 2007, último año que se tiene información registrada. Este cambio, es producto de la combinación de varios factores tales como, años de sobreexplotación por parte de una flota pesquera creciente, introducción de un nuevo arte de pesca llamado “trasmallo electrónico” el cual capturaba tallas más pequeñas de las indicadas, y el comienzo de la pesca artesanal, estas dos últimas comienzan en el año 1984.

De igual modo, al analizar la serie de capturas se evidencia la existencia de una tendencia que indica que la pesquería ha tenido rendimientos decrecientes por cada año de actividad. Es decir, la actividad económica por si misma va generando un deterioro en el recurso pesquero lo cual se evidencia en el nivel decreciente de las capturas por unidad de esfuerzo. Por otra parte, la introducción de esta tendencia a los análisis econométricos es indispensable para explicar el comportamiento de las capturas.

Finalmente, dado los resultados encontrados en este estudio, se evidencia el deterioro del recurso camarón blanco de aguas someras y por lo tanto, se recomienda estrategias de manejo orientadas a su recuperación, las cuales deben considerar además de los efectos del fenómeno el Niño, los rendimientos presentados a partir del año 1984, debido a que éstos están más acordes con la realidad actual de recurso.

De esta manera se recomienda utilizar como medida económica de manejo el Rendimiento Máximo Económico para el segundo período de tiempo, el cual indica que los niveles de esfuerzo pesquero en equilibrio deben estar en 35 embarcaciones y el nivel de captura en un escenario Sin El Niño es de 61.96 toneladas anuales, y para el escenario Con El Niño las capturas estarían dadas en 162.38 toneladas anuales.

Por otra parte, teniendo en cuenta las restricciones de información económica del estudio, se recomienda hacer análisis de sensibilidad para escenarios con incremento y disminución en costos de los insumos y precios del producto, esto con el fin de mejorar las estrategias de manejo.

Asimismo, dado que los resultados de este análisis corresponden a un modelo estático, se recomienda hacer análisis dinámico a la pesquería de camarón blanco, el cual incluya dentro del modelo, a parte de variables climáticas, variables como la tendencia y el cambio estructural presentado a partir del año 1984.

8. REFERENCIAS

Banco de la Republica. (2000). Informe de Coyuntura Económica Regional del Valle del Cauca-ICER. Recuperado el 10 de Agosto de 2009, en http://www.banrep.gov.co/documentos/publicaciones/pdf/val2_22.pdf

Barreto, G.G. Polo, G & Romero, B. (2001). Análisis biológico pesquero y económico de la fauna acompañante en la pesquería de arrastre industrial colombiana. Fishery circular No. 974, 234-70. FAO, Roma.

Barreto. G.C. & Borda. R.C. (2008). Evaluación de recursos pesqueros en Colombia. Boletín Técnico, Instituto Colombiano Agropecuario-ICA. Bogotá, Colombia.

Barreto. R.C. Polo, R.G. & Mora. L. O. (1990). Ensayo bioeconómico para evaluación del camarón industrial blanco y la flota pesquera industria en la costa pacífico colombiano. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura-INPA. Bogotá, Colombia.

Bell, F. W. (1972). Technological externalities and common-property resources: an experimental study of the U.S. northern lobster fishery. *Journal of political economy*, 80: 146-58

Clark, C. W. (1985). *Bioeconomic modeling of fisheries management*. J. Wiley & Sons, New York.

Clark, C.W. (1985). Fishery socioeconomics: a survey. *Land Economics*, 64: 276-95

Corporación Andina de Fomento-CAF. (2000). El fenómeno El Niño 1997-1998. Memoria, Retos y Soluciones. Vol. IV: Ecuador. 304.

Corporación Colombia Internacional. (2009). Sistema de información de precios y mercado. Boletín semanal No.9, Vol.5. Recuperado el 25 de Agosto de 2009, en <http://www.cci.gov.co>

Corporación Colombia Internacional. (2009). Sistema de información de pesca y acuicultura. Boletín semanal No.37. Recuperado el 25 de Agosto de 2009, en <http://www.cci.gov.co>

Corporación Colombia Internacional. (2009). Sistema de información de precios y mercado. Boletín semanal No.52, Vol.4. Recuperado el 25 de Agosto de 2009, en <http://www.cci.gov.co>

Díaz, P.G. (1997). Informe nacional sobre el estado de biodiversidad en Colombia. Ecosistemas Marinos y Costeros. Programa de Biodiversidad y Ecosistemas Marinos Investigaciones Marinas y Costeras-INVEMAR. Santa Marta, Colombia

Espinal, C.F. Martínez, H.J. & Gonzales, F.A. (2005). La cadena de camarón de pesca en Colombia. Una mirada global de su estructura y dinámica 1991-2005. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Observatorio Agro cadenas Colombia, documento de trabajo No. 97. Recuperado el 22 de Agosto de 2009, en <http://www.agrocadenas.gov.co>

Espino. M. (1999). El Niño 1997-98: su efecto sobre el ambiente y los recursos pesquero en el Perú. J.Tarazona y E. Castillo. Rev. Peru. Biol. Vol. Extraordinario: 97-109.

Gordon, H.S. (1954). The economic theory of common property resource: the fishery. Journal of Political Economy, 62:124-42.

Gulland, J. A. (1969). Manual of Methods for Fish Stock Assessment. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Hanley, N., J. shogren & B. White. (1997). Environmental economics: theory and practice. Oxford University Press and MacMillan Publishers, Oxford and London.

IDEAM (2002). Efectos naturales y socioeconómico del fenómeno El Niño en Colombia. Recuperado el 12 de Agosto de 2009, en [h://www.ideam.gov.co](http://www.ideam.gov.co)

IDEAM (sf). Índice seleccionado para los propósitos de este proyecto: Anomalías de la temperatura superficial del mar en el pacífico central-región niño 3. Recuperado el 12 de Agosto de 2009, en [h://www.ideam.gov.co](http://www.ideam.gov.co)

IDEAM, (sf). Atlas climatológico de Colombia. Los fenómenos El Niño/La Niña. Recuperado el 19 de Noviembre en, <http://www.ideam.gov.co/files/atlas/El%20Ni%C3%B1o%20y%20La%20Ni%C3%B1a.htm>

Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM (2002). Efectos naturales y socioeconómicos del Fenómeno El Niño en Colombia. Ministerio de Medio Ambiente. Bogotá. Colombia

Mejía, A. (1998). Manejo del Recurso Camarón de Aguas Someras del Pacífico. Tesis de grado Programa de Economía del Medio Ambiente y los Recursos Naturales, Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia.

Mora, L.O, García.V.M. (1984). La evaluación y el manejo de las pesquerías de camarones. Caso: flota de Buenaventura. Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Medio Ambiente-INDERENA. Bogotá, Colombia.

Mora, L.O. (1988). Análisis de la pesca de langostino (*Penaeus (litopenaeus) occidentalis* Street) efectuada por la flota camaronera de Buenaventura y el “trasmallo electrónico”. Acta Científica Técnica, TRIANEA, Vol.1,197-207

National Oceanic and Atmospheric Administration-NOAA (2009). Base de datos sobre temperature superficial promedio Región Niño 3. Recuperado el 15 de Agosto de 1009, en <http://noaa.gov>

Newmark. U. R. (2001). Estado de los recursos marinos y costeros en Colombia año 1999-2000. INVEMAR, Informe del estado de los ambientes marinos y costeros en Colombia: año 2000, Serie de documentos generales; No. 3. 138p. Santa Marta, Colombia

Pereira. V. F. (1993). Colombia Pacífico Tomo II. La pesca en el Pacífico. Pablo Leyva (ed). Recuperado el 10 de Agosto de 2009, en <http://www.la bla a.org/blaavirtual/geografia/cpacifi2/53.htm>

Polo, G Barreto, C. y Mora, O. (1990). Ensayo bioeconómico para la evaluación del camarón blanco y la flota pesquera industrial en la costa del Pacífico Colombiano. Informe. Técnico. INPA-COLCIENCIAS, Bogotá.

Polo, G Barreto, C & Mora, O. (1992). Evaluación bioeconómica del camarón blanco y la unidad económica de pesca en el Pacífico colombiano. Memorias VIII Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar, CCO, Bogotá, 2: 797-806

Rico, F. Rueda. M. (2007). Evaluación experimental bioeconómico de cambios en la tecnología de captura de camarón con redes de arrastre en aguas someras del Pacífico colombiano. Boletín Investigaciones Marinas y Costeras, 36, 79-109.

Rueda, M. Higuera, H. & Angulo, J. (2004). Caracterización tecnológica de la flota de arrastre de camarón del Pacífico de Colombia. Fao, Roma

Schaefer, M.B. 1954. Some aspects of the dynamics of populations important to the management of commercial marine fisheries. Inter-American Tropical Tuna Commissions Bulletin, 1:27-56

Sciovilla, L. (2005). Metodología de información para el manejo de la pesca industrial de camarón blanco (*Penaeus Occidentalis*) de aguas someras en el área de Buenaventura-Pacífico Colombiano. Tesis de grado Programa de Economía del Medio Ambiente y los Recursos Naturales, Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia

Seijo, J.C., O. Defeo & S. Salas. 1997. Bioeconomía pesquera: teoría, modelación y manejo. Documento técnico de pesca 368. FAO, Roma

Universidad del Cauca, sf. La actividad pesquera. Recuperado el 20 de Noviembre de 2009, en

http://www.unicauca.edu.co/naya/index.php?id_categoria=1&id_seccion=126&id_seccion_act=137

9. ANEXOS

ANEXO 1. Modelo de Schaefer

Se trata de un modelo de economía pesquero que ha sido utilizado por muchos investigadores como base de los planes de manejo de los recursos pesqueros. En el modelo propuesto por Schaefer (1954) se plantea una ecuación de crecimiento logística como la siguiente:

$$\frac{dX}{dt} = rX \left(1 - \frac{X}{k}\right) - Y \quad (1)$$

Donde, X es el tamaño de la población o biomasa, r es la tasa intrínseca de crecimiento, k es la capacidad de carga del ecosistema y Y es la captura. La tasa de captura se puede escribir de acuerdo a una función de producción tipo Cobb Douglas:

$$Y = qEX \quad (2)$$

Donde E es el esfuerzo pesquero, y q el coeficiente de capturabilidad. Entonces, utilizando la ecuación anterior (2) y dividiéndola entre E , es posible derivar la captura por unidad de esfuerzo:

$$CPUE = \frac{Y}{E} = qE \quad (3)$$

Despejando X de la ecuación (2) y reemplazando en la ecuación (1), se obtiene la tasa de crecimiento en función de la captura y el esfuerzo.

$$\frac{dX}{dt} = \frac{rY}{qE} \left(1 - \frac{Y}{qkE}\right) - Y \quad (4)$$

De acuerdo con el modelo de Schaefer, se supone un equilibrio estático en el que $dX/dt = 0$. Por lo tanto, la captura es igual al crecimiento y despejando Y de esta

ecuación (4) es posible obtener una expresión que relaciona la captura y el esfuerzo en equilibrio

$$Y = qkE - \left(\frac{q^2k}{r}\right)E^2 \quad (5)$$

Derivando la ecuación (5) con respecto a E y despejando E, se obtiene el máximo rendimiento sostenible.

$$\frac{dY}{dE} = qk - 2\frac{q^2k}{r}E = 0 \quad (6)$$

$$E_{RMS} = \frac{r}{2q} \quad (7)$$

Reemplazando (7) en (5) se obtiene el nivel de captura de RMS

$$Y_{RMS} = \frac{kr}{4} \quad (8)$$

Los resultados de las ecuaciones (7) y (8) representan los niveles óptimos de esfuerzo y captura para un equilibrio el equilibrio estático de Schaefer, el cual solo involucra parámetros biológicos.

ANEXO 2. Prueba de Dickey Fuller de raíz unitaria.

Null Hypothesis: Y has a unit root

Exogenous: Constant, Linear Trend

Lag Length: 1 (Automatic based on SIC, MAXLAG=10)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-5.618429	0.0001
Test critical values:		
1% level	-4.156734	
5% level	-3.504330	
10% level	-3.181826	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation

Dependent Variable: D(Y)

Method: Least Squares

Date: 11/30/09 Time: 22:51

Sample (adjusted): 1959 2007

Included observations: 49 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
----------	-------------	------------	-------------	-------

Y(-1)	-0.533844	0.095017	-5.618429	0.0000
D(Y(-1))	-0.196363	0.106612	-1.841855	0.0721
C	658.6750	114.1463	5.770447	0.0000
@TREND(1957)	-13.45834	2.339808	-5.751898	0.0000
R-squared	0.452210	Mean dependent var	-6.000000	
Adjusted R-squared	0.415691	S.D. dependent var	144.0849	
S.E. of regression	110.1387	Akaike info criterion	12.31947	
Sum squared resid	545873.8	Schwarz criterion	12.47390	
Log likelihood	-297.8269	F-statistic	12.38276	
Durbin-Watson stat	1.796284	Prob(F-statistic)	0.000005	

ANEXO 3. Resultados test de Chow

Chow Breakpoint Test: 1984

F-statistic	130.0573	Probability	0.000000
Log likelihood ratio	115.7230	Probability	0.000000