

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE ECONOMÍA



**“EXPLOTACIÓN ÓPTIMA DE CORTO Y LARGO PLAZO
DE LA ANCHOVETA EN EL LITORAL NORTE – CENTRO
DEL PERÚ, 2004 - 2009”**

**TESIS PARA OBTAR POR EL GRADO ACADÉMICO DE
ECONOMISTA**

**Bach. Eco. KENYI ALAIN
CANSINO MONTAÑEZ**
Autor

**Bach. Eco. LIZ DE LOS
MILAGROS GIRÓN PEÑA**
Autora

**CALLAO – PERÚ
2013**

Id. Publ. 16006
Id. Ejemplar: 39116

**Bach. Eco. KENYI ALAIN
CANSINO MONTAÑEZ**
Autor

**Bach. Eco. LIZ DE LOS
MILAGROS GIRÓN PEÑA**
Autora

**Mg. CARLOS IVAN PALOMARES
PALOMARES**
Asesor

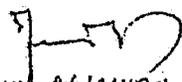
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL
DE ECONOMISTA

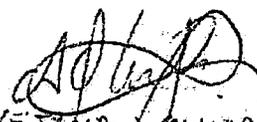
SIENDO LAS 18:00 HORAS DEL DÍA 31 DE MAYO DE 2013, SE REUNIÓ EL JURADO EVALUADOR EN LA FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO, CONFORMADO POR LOS SIGUIENTES DOCENTES:

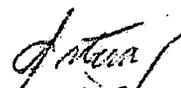
PRESIDENTE DEL JURADO : Dr. JUAN NUNUNO CHULLY
SECRETARIO : Mg. ALEJANDRO OLIVARES RAMÍREZ
VOCAL : Mg. JOSÉ CORBENA CUBAS
ASESOR PRINCIPAL : Mg. CARLOS PALOMARES PALOMARES

CON EL FIN DE EVALUAR LA SUSTENTACIÓN DE TESIS DE LOS BACHILLERES CANSINO MONTAÑEZ, KENYI ALAIN Y GIBÓN PEÑA LIZ DE LOS TILLAGROS, TITULAR DE "EXPLOTACIÓN ÓPTIMA DE CORTO Y LARGO PLAZO DE LA ANCHOVETA EN EL LITORAL NOROCCIDENTAL DEL PERÚ 2004-2009", PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE ECONOMISTA, CON EL CARRERA CORRESPONDIENTE, DEL DECRETADO DE GRADOS Y TÍTULOS VIGENTE, LUEGO DE LA EXPOSICIÓN EL JURADO HIZO LAS PREGUNTAS RESPECTIVAS, LAS CUALES FUERON ABSUELTAS EN FORMA SATISFACTORIA, EN CONSECUENCIA EL JURADO ACORDÓ DAR POR APROBADO CON EL CALIFICATIVO DE MUY BUENO A LOS BACHILLERES CANSINO MONTAÑEZ KENYI ALAIN Y GIBÓN PEÑA, LIZ DE LOS TILLAGROS, SIENDO LAS 19:30 HORAS DEL MISMO DÍA.

BELLAVISTA, 31 DE MAYO DE 2013


Dr. JUAN NUNUNO CHULLY
PRESIDENTE


Mg. ALEJANDRO OLIVARES RAMÍREZ
SECRETARIO


Mg. JOSÉ CORBENA CUBAS
VOCAL


Mg. CARLOS PALOMARES PALOMARES
ASESOR PRINCIPAL

ÍNDICE

| | |
|---|-----------|
| RESUMEN..... | 2 |
| ABSTRACT..... | 3 |
| I. PLANTEAMIENTO INICIAL DE LA INVESTIGACIÓN..... | 4 |
| 1.1 DIAGNÓSTICO SITUACIONAL DE LA PESQUERÍA EN EL PERÚ | 4 |
| 1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA..... | 7 |
| 1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN | 8 |
| 1.4 JUSTIFICACIÓN..... | 8 |
| 1.5 ÁMBITO DE ESTUDIO | 9 |
| II. MARCO TEÓRICO..... | 10 |
| 2.1 ESTADO DEL ARTE: BALANCE DE LA INVESTIGACIÓN BIOECONÓMICA | 10 |
| 2.2 PRINCIPALES CONCEPTOS Y TEORÍAS | 12 |
| 2.3 HIPÓTESIS PRELIMINARES | 17 |
| III. METODOLOGÍA | 18 |
| 3.1 MODELOS BIOECONÓMICOS PARA LOS ÓPTIMOS DE CAPTURA..... | 18 |
| 3.1.1 <i>Definiciones previas</i> | 18 |
| 3.1.2 <i>El modelo estático de Gordon - Schaefer (1954)</i> | 21 |
| 3.1.3 <i>El modelo dinámico de Smith (1968)</i> | 22 |
| 3.1.4 <i>Ventajas y limitaciones</i> | 24 |
| 3.2 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES..... | 25 |
| 3.3 NATURALEZA DE LOS DATOS | 26 |
| 3.3.1 <i>Datos biológicos, esfuerzo pesquero y precio de la especie</i> | 26 |
| 3.3.2 <i>Estimación de costos de pesca</i> | 27 |
| 3.3.3 <i>Análisis de los datos</i> | 28 |
| 3.4 ESTIMACIÓN POR DATOS DE PANEL | 29 |
| 3.4.1 <i>Paneles estáticos</i> | 29 |
| 3.4.2 <i>Paneles dinámicos</i> | 32 |
| IV. RESULTADOS | 35 |
| 4.1 ESPECIFICACIÓN: FUNCIÓN DE CRECIMIENTO NETO DE LA BIOMASA | 35 |
| 4.2 ANÁLISIS DE CONSISTENCIA | 38 |
| 4.3 ANÁLISIS DE ROBUSTEZ | 42 |
| 4.4 ANÁLISIS GRÁFICO..... | 45 |
| 4.5 ANÁLISIS COSTO BENEFICIO | 48 |
| V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 50 |
| CONCLUSIONES..... | 51 |
| RECOMENDACIONES | 52 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 53 |
| ANEXO I: MATRIZ DE CONCRECIÓN Y DE CONSISTENCIA..... | 57 |
| ANEXO II: TABLAS ESTADÍSTICAS | 59 |

RESUMEN

El presente trabajo de tesis provee un análisis cuantitativo del comportamiento de la industria anchovetera en la región Norte-Centro del litoral peruano desde un punto de vista económico, a fin de contribuir con información para el diseño eficaz de políticas públicas referidas al manejo sostenible de la anchoveta en el Perú. Para ello, a partir de los modelos propuestos por Gordon – Schaefer (1954) y Smith (1968) y utilizando datos sobre captura y esfuerzo de pesca en un panel de datos a nivel de puertos en el periodo 2004-2009, se busca determinar los niveles de captura óptimos de la especie en el corto como en el largo plazo que mantengan un equilibrio biológico y económico, y maximicen los beneficios y la competitividad de los agentes y la sociedad.

ABSTRACT

This thesis work provides a quantitative analysis of the behavior of anchovy industry in the North-Central region of the Peruvian coast from an economic approach, in order to contribute information to the successful design of public policies relating to sustainable management of the anchovy in Peru. To do this, we apply the models proposed by Gordon - Schaefer (1954) and Smith (1968) and, we use data of catch and fishing effort collected on a port level panel data in the period 2004-2009 that permit us to determine the optimal species catch levels, in short and long run, considering biological, social and economic equilibrium.

I. PLANTEAMIENTO INICIAL DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Diagnóstico situacional de la pesquería en el Perú

En la actualidad el Perú es el segundo país pesquero del mundo y tiene la pesquería más grande del planeta basada en una sola especie: la anchoveta (*Engraulis ringens*). Para el año 2008 el Perú ocupó el segundo lugar de los productores marinos, con 7.4 millones (mill.) de toneladas extraídas, después de China que tuvo una captura de 14.8 mill. de toneladas. En el mismo año 2008 la anchoveta fue la especie más extraída a nivel mundial, seguida de especies como: el Abadejo de Alaska, 2.7 millones de toneladas, el Arenque del Atlántico, 2.5 millones de toneladas, entre otros (FAO, 2010).

La anchoveta es un recurso muy importante tanto para la industria pesquera, como por su rol ecológico fundamental (Muck, 1989). A pesar de que los ciclos del ecosistema donde se desarrolla esta especie (Como el fenómeno del niño o de la niña) afectan el resultado económico de su explotación, la industria anchovetera en el Perú es en promedio muy productiva. La pesca y el procesamiento de esta especie constituyen aproximadamente el 3% del Producto Bruto Interno (BCRP, 2010) y ocupan a por lo menos 60 mil personas¹. De acuerdo a la información de SUNAT, en el 2010 la industria pesquera facturó más de 2 mil millones de dólares americanos en exportaciones que se constituyeron principalmente de harina (61% de las exportaciones pesqueras del 2008) y aceite de pescado (14% de las exportaciones pesqueras del 2008), valor que se ha triplicado entre 1999 y el 2008 (PRODUCE, 2010).

El siguiente gráfico muestra la evolución de la extracción de anchoveta en la última década², la cual representó en promedio el 86.9% de los desembarques totales de recursos hidrobiológicos entre 1999 y el año 2010; asimismo, subproductos como la harina y el aceite crudo de pescado (Ver Tabla 2, Anexo 2), representaron aproximadamente el 88% de la producción total de recursos hidrobiológicos³; así también, el valor FOB de los volúmenes exportados de los subproductos harina y aceite de pescado (Ver Tabla 3, Anexo 2) representaron en promedio el 78.9% del valor total de las exportaciones de productos pesqueros, que en el 2010 ascendieron a 2 436.7 millones de dólares. Cabe indicar que las contracciones consecutivas del volumen de desembarque observadas en los años 2009 y 2010 se debieron a las anomalías asociadas al Fenómeno de El Niño.

La anchoveta se destina principalmente a la producción de harina y aceite de pescado, sin embargo, también es destinada al consumo humano directo en la elaboración de enlatados, congelado o para su consumo en fresco, aunque en una proporción que no excede el 2 por ciento de las capturas totales. No

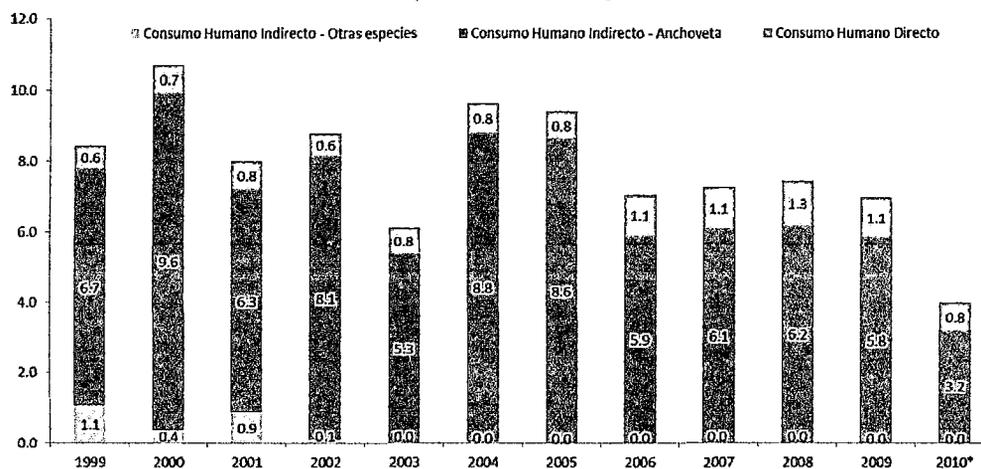
¹ INEI – Censo de Población y Vivienda 2007

² Véase Anexo 2.

³ La harina y el aceite de pescado son los principales rubros dentro del consumo humano indirecto, por otro lado se encuentra el consumo humano directo, compuesto por la producción de enlatado, congelado y curado. La suma de la producción del CHD y CHI dan el total de la producción de recursos hidrobiológicos.

obstante, en los últimos años se ha observado un incremento en los desembarques de anchoveta para este fin.

Gráfico 1. Desembarque total de recursos hidrobiológicos según utilización, 1999-2010 (Millones de TM)



*Datos de enero a noviembre
Fuente : PRODUCE (2011)

De otra parte, por el lado de la oferta, el esfuerzo de pesca puesto en la extracción de la anchoveta se ha venido incrementando. Según Fréon *et al* (2008) esta situación lleva a una sobre capitalización de la pesquería, es decir un incremento constante en el tiempo de las embarcaciones anchoveteras y de sus capacidades de bodega, debido a incrementos extraordinarios temporales del recurso en el mar⁴, es así que las embarcaciones que se adicionaron en los periodos de "bonanza" no se retiran ni cambian de rubro cuando la población de la especie vuelve a la normalidad, este hecho conlleva a decrementos en el beneficio económico de la pesca de la anchoveta en el mediano y largo plazo, existiendo cada vez más esfuerzo de pesca tras una población de anchoveta de tendencia constante en el tiempo.

Actualmente, el Estado, a través del Ministerio de la Producción, interviene mediante el marco normativo y las políticas de veda que regulan la pesquería de la anchoveta. Asimismo, establece concesiones para la administración de la infraestructura pesquera del Estado; autoriza las variaciones en el incremento de la flota pesquera y en los establecimientos industriales; otorga permisos de pesca para la operación de embarcaciones pesqueras de nacionales y extranjeras; y concede licencias para la operación de plantas de procesamiento de productos pesqueros⁵.

Marco institucional y legal

El sector pesquero peruano está regido por el Ministerio de la Producción (PRODUCE), a través del Viceministerio de la Pesquería, para lo cual cuenta con órganos de línea, órganos de apoyo, órganos de asesoramiento y

⁴Estos incrementos pueden deberse a mejores condiciones en la temperatura del mar, mayor alimento, etc.

⁵Suerio (2008).

organismos públicos descentralizados. El Instituto del Mar del Perú (IMARPE) es el principal Organismo Técnico Especializado del Subsector Pesquería, el cual aporta las bases científicas y técnicas para que PRODUCE tome sus decisiones con respecto al uso racional de los recursos pesqueros y la conservación del ambiente marino.

Con relación al marco legal que actualmente rige la actividad del sector pesquero y la extracción de la anchoveta específicamente, se encuentra que la Ley General de Pesca⁶ y su reglamento (Decreto Supremo 012-2001-PE PRODUCE) y el Decreto Legislativo 1084 (Ley sobre límites máximos de captura por embarcación) son las principales normas marco de la actividad.

El reglamento de la Ley General de Pesca presenta una clasificación de los recursos hidrobiológicos según grado de explotación, como: inexplotados, subexplotados, plenamente explotados y en recuperación. En el caso de los recursos catalogados como plenamente explotados⁷, en el cual se encuentra la anchoveta, el régimen de acceso a la actividad pesquera extractiva está constituido por: a) Las autorizaciones de incremento de flota y b) los permisos de pesca, que autorizan la operación de las embarcaciones pesqueras para la extracción de recursos determinados. Para este tipo de recursos plenamente explotados se indica que no se autorizarán incrementos de flota ni se otorgarán permisos de pesca que concedan acceso a estas pesquerías, salvo que se sustituya la misma capacidad de bodega de la flota existente en la pesquería de dichos recursos. De acuerdo al reglamento de la Ley General de Pesca, los recursos hidrobiológicos deben ser administrados como unidades diferenciadas, a través de reglamentos de ordenamiento pesquero específicos, estableciendo: el régimen de acceso, las temporadas de pesca, la captura total permisible, las artes, aparejos y sistemas de pesca, las tallas mínimas, y las zonas prohibidas, entre otros. Desde el año 2008 el Estado ha establecido un sistema de Límites Máximos de Captura por Embarcación (LMCE) a fin de generar una reducción de la flota anchovetera cuyo crecimiento desproporcionado genera riesgos para la sostenibilidad del recurso.

Entre las principales medidas que regulan la pesquería de anchoveta cabe resaltar: 1) la prohibición de extraer y/o procesar ejemplares de anchoveta con talla menor a 12 centímetros de longitud, permitiéndose una tolerancia máxima del 10%, y 2) el porcentaje de tolerancia de pesca incidental (especies distintas a la anchoveta) es de 5% de la captura total desembarcada por embarcación, expresada en peso.

Entre las medidas de control y vigilancia destacan: 1) El control de zarpe, 2) El Sistema de Seguimiento Satelital y 3) El Programa de Vigilancia y Control de la Pesca y Desembarque en el Ámbito Marítimo (PVCPDAM). El control de zarpe está a cargo de la Dirección General de Capitanías y Guardacostas (DICAPI) del Ministerio de Defensa y tiene como finalidad verificar que la embarcación cuente con permiso de pesca vigente y un Límite Máximo de Captura por

⁶ El 22 de diciembre de 1992 se promulgó la actual Ley General de Pesca, mediante el Decreto Ley 25977

⁷ La norma sugiere que un recurso plenamente explotado es aquel que ha alcanzado un nivel de explotación que genera la máxima captura sostenible para el stock.

Embarcación asignado; entre otros aspectos⁸. Este control se realiza en zarpes trimestrales y diarios. De otra parte, el SISESAT es el Sistema de Seguimiento Satelital para las embarcaciones pesqueras de mayor escala, nacionales y extranjeras; de fierro y de madera. Cuando la nave está en puerto su baliza deberá emitir señales satelital es cada 6 horas, aumentándose la frecuencia a cada 60 minutos cuando sale al mar. Constituye infracción no emitir señal por un intervalo mayor o igual a 2 horas. Sin embargo, el tiempo para realizar una cala depende del tamaño de las embarcaciones, y es posible que en intervalos menores a 60 minutos se realicen faenas de pesca en zonas prohibidas. Cabe indicar que al implementarse el SISESAT de manera obligatoria, se eliminó la obligación de contar con inspectores a bordo de las naves pesqueras. Finalmente, el PVCPDAM al igual que el servicio de SISESAT, es financiado de manera directa por los empresarios pesqueros, por lo cual, dicha relación contractual directa empresa-cliente podría afectar la función de control y vigilancia que intenta ejercer la Administración.

De manera general, la evaluación a los sistemas de gestión pesquera del Perú⁹ realizada en el año 2010 por el Centro para la Sostenibilidad Ambiental de la UPCH, encuentra que en los últimos años ha habido un avance importante hacia un manejo sostenible de esta pesquería. Sin embargo, al analizar el marco institucional y legal del sistema de ordenamiento de la pesquería peruana de anchoveta, encuentra que aún subsisten puntos débiles en la legislación que atentan contra la sostenibilidad del recurso y el ecosistema que lo sustenta. Asimismo, observa una serie de problemas relacionados con el marco institucional pesquero, dentro de los cuales destacan el hecho de que la Pesquería sea un subsector dentro del PRODUCE limita la capacidad de gestión que este sector requiere, de otro lado, encuentran falta de transparencia en el sector, siendo una de las principales razones la ausencia de mecanismos formales de consulta y participación ciudadana.

1.2 Formulación del problema

Hasta hace algunos años atrás se tenía la idea de que los recursos hidrobiológicos como la anchoveta eran ilimitados solo por el hecho de ser renovables. No obstante, tratándose de una actividad basada en la extracción de recursos vivos, es fundamental que la industria sea sometida a regulaciones para asegurar o mejorar su aprovechamiento y la sostenibilidad de las especies de las que depende. La teoría económica nos dice que cuando los recursos pesqueros son de propiedad común y de libre acceso, los agentes que participan de la actividad extractiva buscarán maximizar sus ganancias extrayendo la mayor cantidad de recursos posibles a la mayor velocidad. Esta lógica extractivista individual conlleva a lo que se conoce como “la tragedia de los comunes” (Hardin, 1968). Y semejante aceleración extractiva ha conducido

⁸ Como que se encuentre operativa y cumpla con las características técnicas requeridas; que el armador no tenga deudas pendientes de pago por derechos de pesca, FONCOPEs y aportes sociales; que el armador cuente con una póliza de seguro de vida a favor de los tripulantes y la constancia de pago de seguro complementario de trabajo de riesgo y seguro social de salud; y que la embarcación se encuentre debidamente identificada, de acuerdo con los requisitos establecidos por la autoridad marítima.

⁹ En el marco de la certificación a cargo del Marine Stewardship Council.

al sector pesquero peruano al incremento progresivo del número de embarcaciones, de la capacidad total de bodega y del esfuerzo pesquero (Paredes & Gutiérrez, 2008).

En tal sentido, encontrando evidencia de que los niveles de esfuerzo de pesca para la explotación de la anchoveta en el Perú exceden a la disponibilidad de la especie, con lo cual se estaría generando ineficiencia económica en el sector, nuestro problema de investigación se resumiría en determinar ***¿cuáles son los valores óptimos de explotación de la anchoveta peruana en el litoral peruano norte - centro en el horizonte temporal 2004 - 2009, que mantengan un equilibrio biológico y económico en el corto y largo plazo, y maximicen los beneficios y la competitividad de los agentes y la sociedad?***

1.3 Objetivos de la investigación

Objetivo general

Estimar los valores óptimos de explotación de corto y largo plazo que permitan un equilibrio bioeconómico en la pesquería de la anchoveta en la costa norte-centro del litoral peruano.

Objetivos específicos

- Describir y analizar las estadísticas pesqueras y las bases de datos disponibles con el propósito de elaborar un diagnóstico de la situación en la última década.
- Analizar la estructura matemática y la viabilidad de la aplicación de los modelos bioeconómicos de Gordon - Schaefer (1954) y Smith (1968).
- Identificar y estimar económicamente las ecuaciones de los modelos bioeconómicos de Gordon - Schaefer (1954) y Smith (1968) con datos de la costa norte-centro del litoral peruano en el periodo 2004 - 2009.

1.4 Justificación

El presente trabajo es relevante en primer lugar para las empresas dedicadas a la extracción de la anchoveta en la costa norte-centro del litoral peruano; puesto que en la actualidad existe evidencia empírica de que los niveles de esfuerzo de pesca no son los óptimos¹⁰, lo cual restringe la maximización del beneficio y conlleva a pérdidas económicas en el corto y largo plazo. En segundo lugar, es necesario para las instituciones involucradas en la regulación de este recurso, dado que la anchoveta es una de las especies con mayor demanda a nivel internacional, además de representar más del 86% de desembarques de productos hidrobiológicos y más del 78% del valor total de las exportaciones de productos pesqueros en la última década. El presente estudio provee aportes en forma de conclusiones y recomendaciones para

¹⁰Véase Fréon *et al* (2008).

proponer y sustentar mejor las políticas de extracción y gestión de este recurso hidrobiológico.

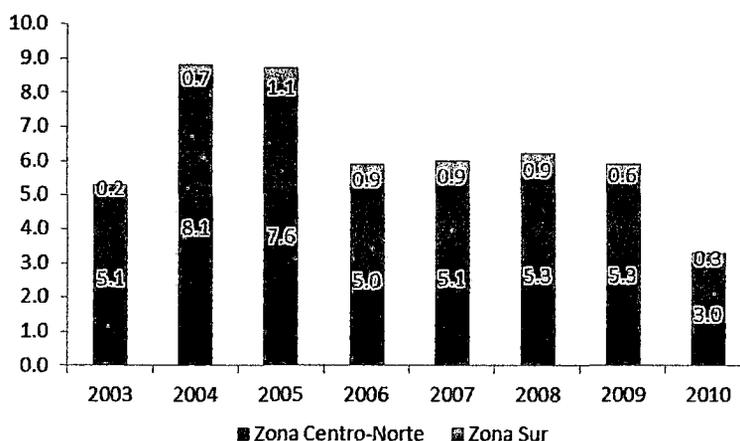
De otro lado, la presente investigación se torna necesaria al poner en evidencia que existen grandes limitaciones para el acceso a la información impuestas por ciertos actores involucrados del sector. El mayor acceso a información permitiría un mejor monitoreo e incluiría a instituciones como locales y universidades en la participación de la toma de decisiones para una mejor gestión de la actividad pesquera.

1.5 Ámbito de estudio

Las áreas de pesca en el Perú se dividen en dos: i) la zona Norte-Centro, que corresponde al área marina entre el extremo norte del dominio marítimo peruano hasta el paralelo 16°00'00" latitud Sur y, ii) la zona Sur, que comprende el área al sur desde los 16°00'00" latitud Sur, hasta la frontera con Chile.

La división del régimen en dos áreas de pesca responde a la teoría que sostiene que en el Perú existen dos stocks diferenciados de anchoveta, siendo la zona Norte-Centro la más productiva, la cual concentra aproximadamente el 89% de la pesca de anchoveta para la producción de harina y aceite de pescado (BCRP, 2011).

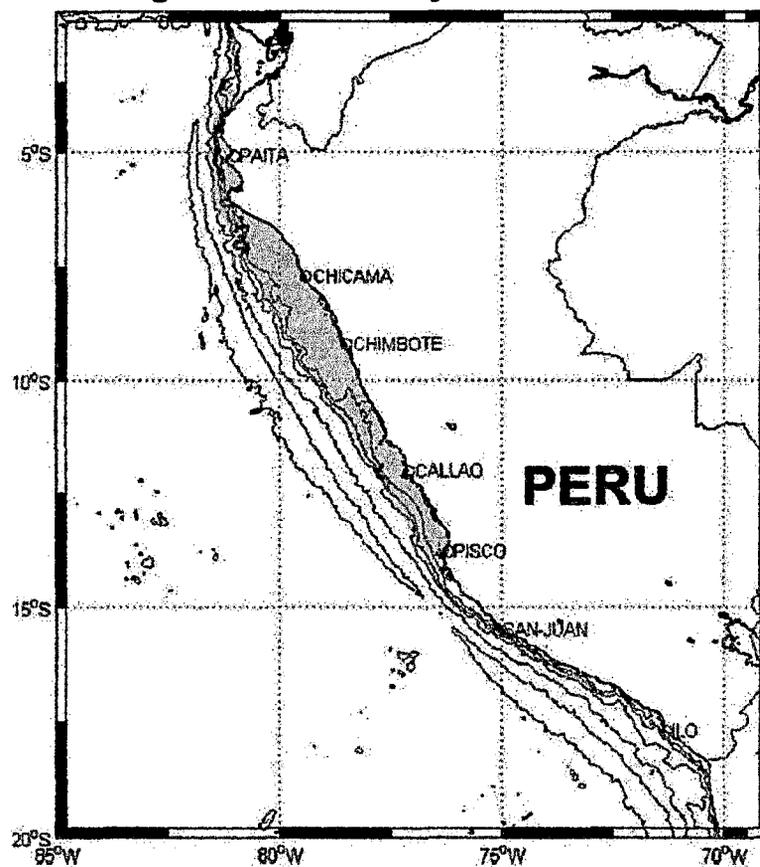
Gráfico 2. Anchoveta para consumo humano indirecto por zona de extracción (Millones de TM)



En ese sentido, la zona Norte-Centro se ha constituido en nuestro ámbito de estudio, la cual está principalmente localizada desde los 4° latitud norte hasta los 14° latitud sur (área gris de la Figura 1).

De otro lado, la delimitación temporal comprenderá el periodo 2004 - 2009, específicamente se realizará un análisis por cada una de las dos temporadas de pesca al año.

Figura 1: Área del objeto de estudio.



Fuente: Fréon et al (2008)

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Estado del arte: balance de la investigación bioeconómica

A partir de los trabajos desarrollados por Schaefer (1911), Gordon (1954), y Smith (1968), los cuales formularon modelos explicativos del comportamiento dinámico en recursos pesqueros; se dispone de bibliografía significativa ¹¹ que aplica este tipo de modelos a la dinámica de extracción de distintas especies en diversos escenarios, a fin de probar las hipótesis de existencia de equilibrios de largo plazo entre los niveles de la especie en cuestión y el esfuerzo de extracción. Cabe señalar que investigaciones recientes como la de Fréon (2008) y Smith (2002, 2004, 2008) resaltan la importancia no solo de interpretar adecuadamente los resultados a nivel agregado, sino también tener en cuenta la sensibilidad de los parámetros y analizar los aspectos cualitativos de estos modelos.

¹¹Amundsen *et al* (1995), Bjørndal y Conrad (1987), Brochieret *al* (2008), Clark (1982), Fréon (2008), González (1998), Gordon (1953, 1954), Schaefer (1954), Smith (2002, 2004, 2008), entre otros.

Gordon (1954) y Schaefer (1954) describen la economía de las industrias pesqueras de *libre acceso*¹², las industrias del atún en el caso de Schaefer (1954) y la extensión al tratamiento de cualquier recurso natural en el caso de Gordon. Así, dichos estudios concluyen que estas industrias otorgaron poco o ningún beneficio para el horizonte temporal analizado 1916 a 1946 (en el caso de Schaefer: 1954, específicamente); asimismo, precisan que una razón relevante para este resultado es que la entrada de los factores móviles es mayor al número suficiente que se requeriría para una explotación eficiente del recurso en el sentido económico. Por lo tanto, el exceso en el esfuerzo de extracción redujo la biomasa a niveles críticos. De igual forma, Smith (1968) presenta un modelo de equilibrio dinámico para la pesquería de libre acceso en el cual menciona que, aunque exista un equilibrio en la población de la biomasa en el corto plazo, los incrementos sostenidos del esfuerzo de pesca aun con un crecimiento relativamente lento, pueden llevar a la extinción de la especie si no se sigue una senda de ajuste¹³.

Por otro lado, Clark (1979) aborda el tema de la gestión de los recursos y presenta tres clases de modelos de recursos económicos renovables: (a) un modelo de maximización del beneficio, (b) un modelo equilibrio competitivo y (c) un modelo de equilibrio cooperativo. Para todos los casos el autor concluye que, una mala gestión podría facilitar la apropiación de los recursos. Adicionalmente sugiere que una teoría bien desarrollada de la economía de los recursos renovables es necesaria, aunque no suficiente, para la gestión inteligente de los recursos pesqueros.

Reed (1979) muestra que una política que determine un nivel fijo de biomasa al final de cada periodo de pesca (*constant – escapement policy*) es óptima al maximizar los beneficios netos de la industria provenientes de un recurso animal. Reed describe dicha dinámica en un modelo estocástico de *stock-recruitment*¹⁴; este modelo es comparado con su versión determinística, concluyendo que en la mayoría de los casos el nivel óptimo estocástico de biomasa que se debe dejar en el mar al final de cada temporada de pesca no es menor que el óptimo proveniente del modelo determinístico.

Bjørndal y Conrad (1987) ensayan una aplicación empírica acerca de la extinción del stock de una especie capturada en condiciones de libre acceso. Para ello utilizan el modelo de Smith (1968), con el cual demuestran que obtener un equilibrio de largo plazo implica la existencia de regulación.

González y Mena (1994) desarrollan un análisis cualitativo a partir de un modelo bioeconómico de pesquería de una sola especie utilizando una función de captura diferente a la hipótesis de Schaefer (1954) por considerarla poco realista, en tanto discute la existencia de puntos de equilibrio de estabilidad. En esa línea, González (1998) desarrolla un análisis cualitativo de la explotación

¹²Libre Acceso o Acceso Abierto (*res nullius*) se entiende como una situación donde no existe propiedad sobre el recurso, por lo que cualquier miembro de la sociedad puede obtenerlo por apropiación directa.

¹³Smith, V.L. (1968), "Economics of production from natural resources". *American Economic Review* 58, 409–31 (Seijo et al, 1997).

¹⁴Es la relación entre el nivel de biomasa existente (la de los padres), y el subsecuente nivel de biomasa provenientes de los nuevos nacimientos.

de una pesquería de libre acceso, modificando la versión dinámica del modelo de Schaefer, propuesta por Smith (1968), enfocándose en la estabilidad del modelo en tiempo continuo concluyendo así que existen equilibrios bioeconómicos, donde el autocontrol de la pesquería de acuerdo a los cambios en los parámetros constituyen elementos claves, llegando a discutir la validez de la aplicabilidad de este tipo de modelos y sus simulaciones.

Recientemente, Smith M. (2002, 2004 y 2008) proporciona una definición operacional de bioeconometría¹⁵, estudiando las principales características de los modelos estructurales aplicados a la gestión de la pesquería y concluyendo que un mínimo cambio en los parámetros podría afectar el equilibrio del sistema matemático propuesto, por lo que es fundamental el análisis de los mismos.

Para el caso Peruano, se tiene por un lado el estudio de Corbera (2003) que utiliza un modelo de control óptimo para determinar los valores óptimos de explotación de la anchoveta peruana en el horizonte temporal 1975 – 2000, este estudio concluye entre otras cosas que para la sostenibilidad de la especie es necesario un reordenamiento de la flota pesquera anchovetera y la fijación de cuotas globales. Por otro lado, Palomares (2005) busca los valores óptimos de explotación con el modelo de Smith (1968) en presencia del Fenómeno de El Niño, y adicionalmente incluye en el modelo variables ambientales en los determinantes de la biomasa y dinámica de la anchoveta, concluyendo así que factores como la temperatura del mar y los efectos del Fenómeno de El Niño son significativos al tratar de estimar los valores óptimos de explotación de la anchoveta en el periodo 1960 – 2003, a ello agrega recomendaciones de políticas regulatorias de la actividad pesquera en el mar peruano.

2.2 Principales conceptos y teorías

A continuación se abordan los conceptos de mayor relevancia en el presente estudio¹⁶.

Regímenes de propiedad

Según Bromley (1991), los recursos pesqueros pueden estar sujetos a cuatro diferentes regímenes de propiedad: estatal, privada, común y libre acceso.

a. Propiedad estatal

Es cuando los “usuarios del recurso” (pescadores) tienen el deber de observar y cumplir reglas y normas de uso y acceso determinadas por una institución del Estado que es responsable y tiene el derecho de su manejo.

b. Propiedad común

Es cuando los usuarios tienen el derecho de realizar un uso óptimo de los recursos pesqueros, en el sentido de Pareto, y tienen el deber de abstenerse de hacer un uso inadecuado del mismo.

¹⁵ Es decir la econometría aplicada al estudio de los modelos bioeconómicos.

¹⁶ Véase Seijo *et al* (1997).

c. Propiedad privada

Es cuando el Estado ha asignado derechos de propiedad a grupos de usuarios del recurso específicos, y éstos tienen el derecho de excluir a otros usuarios.

d. Libre acceso

No existe propiedad (ni privada, ni estatal) sobre el recurso, por lo que cualquier miembro de la sociedad puede obtener el recurso por apropiación directa.

Externalidades

Según Seijo *et al* (1997), una externalidad en pesca es definida como todo efecto externo no contabilizado por el pescador que lo genera, pero que sí afecta a otros usuarios del recurso. En pesquerías las externalidades son generalmente negativas, y ocurren cuando los pescadores pueden entrar libremente a capturar un recurso pesquero y además no existe un acuerdo de cooperación voluntaria; en tales casos los usuarios del recurso no toman en consideración los efectos externos que se imponen entre sí.

a. Externalidades del stock

Este tipo de externalidades se presentan cuando la entrada de nuevas embarcaciones a la pesquería reduce la magnitud del recurso a los pescadores ya existentes, incrementando sus costos de extracción.

b. Externalidades de aglomeración

Este tipo de externalidades se presentan cuando el acceso irrestricto a un recurso ocasiona el aumento y la congestión de embarcaciones en un sitio de pesca restringido. Ello resulta en el incremento de los costos marginales de captura, ya que las unidades de pesca no asignarán óptimamente su esfuerzo pesquero ni en el espacio (e.g. sobre las mayores concentraciones del recurso) ni en el tiempo (e.g. deberán esperar su turno para acceder al sitio específico de captura).

c. Externalidades tecnológicas

Se producen cuando el arte de pesca utilizado cambia la estructura dinámica de las poblaciones objetivo y de aquellas que constituyen la captura incidental asociada, imponiéndoles efectos externos negativos a otros pescadores dentro de la misma pesquería y afectando la abundancia de las especies incidentales que constituyen especies objetivo en otras pesquerías de la región.

d. Externalidades debidas a interdependencias ecológicas

Este tipo de externalidades se presentan en pesquerías ecológicamente interdependientes, e.g. las respectivas especies objetivo tienen una relación ecológica de competencia o depredación. Cuando dos especies que compiten, constituyen el objetivo de diferentes pesquerías, los diferentes niveles de esfuerzo pesquero ejercidos por ambas flotas podrán modificar la magnitud y dirección de la interacción y en consecuencia alterar la abundancia relativa de las especies en una misma zona de pesca.

e. Externalidades tecno-ecológicas

Sucedan cuando la actividad pesquera perturba el hábitat de la especie objetivo y de otras especies acompañantes que eventualmente constituyen el objetivo de otras pesquerías. La alteración del hábitat disminuye la probabilidad de recolonización y reclutamiento de las especies que lo habitan.

Internalidades

Según Jeannot (2000), las internalidades hacen referencia a los beneficios privados que es posible realizar con el pretexto del interés general, lo que produce una distorsión. Si esas internalidades dan lugar a la apropiación privada de los beneficios otorgados por los funcionarios públicos, la oferta pública no tendrá niveles óptimos, sino que estará sobre o sub dimensionada.

En el tema pesquero, estas internalidades están vinculadas a las concesiones y cuotas de captura que se otorgan para la explotación de algún recurso hidrobiológico, beneficiando a las empresas pesqueras de mayor envergadura, con el pretexto de beneficiar tanto a pescadores industriales como artesanales, lo que en el mediano y largo plazo genera una asignación no óptima de los recursos¹⁷.

Costos de exclusión

Según Schmid (1987), Los costos de exclusión se refieren a los costos de excluir de manera desautorizada a algunos usuarios de un bien. Un bien con alto costo de exclusión (HEC, por sus siglas en inglés), es donde si un bien existe para un usuario es costoso excluir a otros. El alto costo de exclusión significa que el uso de un bien existente no puede limitarse a aquellos que han contribuido a su costo de producción. El hecho de que una persona tiene el derecho nominal de excluir a otros de un recurso o de la ocupación, no significa que la exclusión sea efectiva.

La naturaleza de los recursos pesqueros hace que se viole el supuesto de exclusividad en propiedad, generándose altos costos de exclusión. En efecto, el régimen de libre acceso, combinado con la alta variabilidad espacio-temporal en la magnitud de los recursos, hace que un pescador no se beneficie en posponer la captura con la esperanza de obtener peces mayores y más valiosos en el futuro, debido a que otro pescador puede capturarlos en ese mismo lapso.

Los altos costos de exclusión involucran al menos cuatro aproximaciones básicas: (a) privatización del recurso a través de la asignación de cuotas individuales; (b) intervención estatal a través de la regulación del tamaño y composición de las capturas y de la intensidad del esfuerzo de pesca; y más recientemente (c) la adopción de sistemas de manejo de recursos regulados por la comunidad o bien (d) la combinación de los anteriores.

¹⁷Véase Sueiro (2008)

Trampa social en pesquerías

Este concepto hace referencia a que sin un acuerdo para limitar las capturas, la reducción de la tasa de captura de un pescador disminuirá los costos de extracción de otros pescadores, sin necesariamente incrementar sus propios beneficios en el futuro. Consecuentemente, cada pescador tenderá a incrementar su tasa de captura y por tanto contribuirá al colapso de la pesquería, resultado de largo plazo no deseado por la mayoría de los pescadores involucrados¹⁸.

Según Seijo *et al* (1997), el rendimiento sostenible de una pesquería será una alternativa viable únicamente cuando el número de pescadores que asigne su esfuerzo pesquero esté limitado por regulaciones que restrinjan la entrada a una pesquería.

Usuarios no contribuyentes

El concepto hace referencia a que una vez establecidas las normas de explotación del recurso (legal o comunitariamente), se observa con frecuencia la presencia de usuarios no contribuyentes al logro de un rendimiento sostenible en una pesquería (Clark, 1982). Pueden distinguirse dos tipos de usuarios no contribuyentes: involuntarios e intencionales.

La cantidad de pescadores es un factor relevante en la ocurrencia de la trampa social mencionada anteriormente y tiene directa relación con la presencia de usuarios no contribuyentes en pesquerías. Cuando el grupo de pescadores es grande, un pescador puede constituirse en usuario no contribuyente involuntario, al no percibir como evitar el macro-resultado (destrucción de la pesquería) cuando no puede estar seguro que otros pescadores actuarán en concierto para sostener el rendimiento del recurso. La carencia de información en cuanto a la ejecución de actividades coordinadas con otros pescadores, así como en lo referente a la situación del recurso, son factores relevantes para que se produzca la presencia de este tipo de usuario¹⁹.

Los usuarios no contribuyentes intencionales toman la decisión de infringir alguna norma legal existente sobre el régimen de explotación de un recurso, aún a pesar de percibir cierta probabilidad de ser sorprendidos. Cuando el grupo es pequeño, los costos de exclusión no son necesariamente menores, pero el usuario no contribuyente podría ser más fácilmente identificado, por lo cual su presencia pudiera tender a disminuir. Dadas las implicaciones en vigilancia y cumplimiento de las normas de explotación, éstos son aspectos fundamentales en el posible comportamiento de los pescadores que requieren mayores esfuerzos de investigación.

¹⁸Véase Schelling (1978).

¹⁹Clark (1982) y Schmid (1987).

Altos costos de transacción

Según Dahlman (1979), el costo de transacción es el costo en el que se incurre al llevar a cabo un intercambio económico, es decir el costo de participar en el mercado. De manera general se pueden definir tres tipos de costos de transacción: *Los costos de búsqueda y de información*, que son costos en determinar cuál o cuáles bienes se encuentran disponibles en el mercado, cuales son los de menor precio, etc.; los *costos de negociación* o *costos contractuales*, que son los costos requeridos para llevar a cabo un acuerdo con otra parte en la transacción, elaborando un apropiado contrato; y, los *costos de control y ejecución*, que son los costos de asegurarse de que la otra parte se adhiere a los términos del contrato, y adoptar las medidas adecuadas (a menudo a través del sistema legal) si resulta no ser el caso.

Las pesquerías marinas involucran altos costos de transacción, lo cual genera otra fuente de atenuación de derechos de propiedad que impide la eficiente asignación temporal de los recursos pesqueros. Los costos de transacción involucran un grupo de costos discutidos en la literatura como: costos de información, costos de vigilancia y costos contractuales.

a. *Costos de información*. El manejo de recursos pesqueros involucra altos costos de información resultantes de esfuerzos de investigación multidisciplinaria sobre aspectos biológicos, ecológicos, estadísticos y socioeconómicos²⁰. Dichas investigaciones están dirigidas a mantener actualizada la información sobre la magnitud, dinámica poblacional y distribución espaciotemporal del recurso y de aquellas variables físicas y químicas del ecosistema, conjuntamente con la evolución histórica y dinámica espacial de las capturas y del esfuerzo aplicado.

b. *Costos de vigilancia*. A diferencia de los recursos donde existen derechos de propiedad no atenuados, el manejo de recursos pesqueros supone altos costos de vigilancia que resultan de la implementación y puesta en práctica de esquemas regulatorios de manejo (e.g. vigilancia en áreas de veda), así como de la asignación de derechos de propiedad²¹.

c. *Costos contractuales*. Se dan en países que poseen una legislación tendiente a promover cierto tipo de organización, otorgándoles el derecho de propiedad sobre la explotación de un determinado recurso. En tal situación, los costos derivados de promover dicho tipo de organización se vuelven importantes, por lo cual se debe identificar a aquél que se hace cargo de los costos involucrados a tales fines²².

Derechos de propiedad no atenuados

Según Varian (2006), los derechos de propiedad pueden definirse como los derechos sobre el uso, la venta y los ingresos provenientes de un bien o recurso, que generalmente los proporciona el Estado.

²⁰Schmid (1987) y Randall (1981).

²¹Seijo *et al* (1997).

²²Geen y Nayar (1988), Seijo (1993).

En ese sentido, los derechos de propiedad no atenuados tienen las siguientes características:²³

- a. Completamente especificados en términos de los derechos que acompañan la propiedad sobre el recurso, las restricciones sobre esos derechos y las penalizaciones correspondientes a su violación.
- b. Exclusivos, de tal forma que el individuo que posee dichos derechos reciba las retribuciones y las penalizaciones correspondientes al uso del recurso natural en cuestión.
- c. Transferibles, a efectos de que los derechos sobre el uso de los recursos naturales estén en manos de quienes tienen la capacidad de conducirlos a su más alto valor de uso.
- d. Efectivamente vigilables, ya que un derecho no vigilable es un derecho vacío.

2.3 Hipótesis preliminares

Al analizarla evidencia empírica y el marco teórico presentados se plantean tres hipótesis:

- **En referencia a la biomasa**, reducción de la biomasa en el largo plazo. Se espera que de mantenerse las condiciones actuales de pesca de anchoveta en la costa norte centro del país, el stock de biomasa en el largo plazo se verá mermado de tal manera que afectaría el equilibrio ecosistémico del mar peruano.
- **En referencia al esfuerzo de pesca**, esfuerzo de pesca mayor a los niveles óptimos en relación al volumen de biomasa. Tal como señala la literatura revisada, se espera encontrar evidencia de un sobredimensionamiento de la flota pesquera, que se traduciría en un exceso de esfuerzo de pesca.
- **En referencia a los beneficios económicos**, producto del sobredimensionamiento de la flota pesquera se espera encontrar que, en al menos algunos puertos, existen periodos en los cuales hay pérdidas económicas significativas, los cuales estarían correlacionados con el incremento del esfuerzo de pesca.

²³ Randall (1981), Schmid (1987) y Seijo *et al* (1997).

III. METODOLOGÍA

En esta sección se presenta a detalle los modelos a utilizarse para la determinación de los óptimos de captura, modelo estático de Gordon – Schaefer (1954) y El modelo dinámico de Smith (1968). Asimismo, se detallan los métodos econométricos a aplicarse para su estimación. En la primera subsección se describe el desarrollo de la notación matemática realizada y el fundamento teórico de cada uno de los modelos, a continuación en la segunda sección se presenta la identificación de variables a utilizarse en la estimación de los óptimos de captura; y finalmente, en la tercera sección se detalla la naturaleza de los datos, su temporalidad y magnitud.²⁴

3.1 Modelos bioeconómicos para los óptimos de captura

3.1.1 Definiciones previas

En esta sección se replicará la construcción de dos modelos que permiten evidenciar por qué las pesquerías tienden a la sobreexplotación. Estos modelos están enmarcados en los modelos de pesquerías de libre acceso y muestran gráficamente qué es lo que sucede cuando existe un acceso irregular a la captura de una especie de propiedad común. Para el desarrollo de dichos modelos es necesario tener en cuenta algunas definiciones en común, las cuales servirán de base para el desarrollo de los aspectos tanto estáticos como dinámicos de la captura de una especie.

Función de crecimiento neto

El primer aspecto a analizar es el comportamiento de la especie, es decir, cómo es que ésta se desenvuelve en un ambiente que no tiene mayor influencia que su propio comportamiento reproductivo. Este comportamiento, puede resumirse a través de lo que se denomina ***función de crecimiento neto***. Esta función, indica el monto neto de nueva biomasa o el número adicional de peces, en función al número corriente de biomasa o peces. Las funciones de crecimiento neto pueden ser expresadas a través de ecuaciones en diferencias de diversa naturaleza, como las presentadas a continuación:

$$F(X_t) = rX_t(1 - X_t/K) \quad (1.a)$$

$$F(X_t) = X_t[e^{rX_t(1-\frac{X_t}{K})} - 1] \quad (1.b)$$

$$F(X_t) = rX_t \ln(K/X_t) \quad (1.c)$$

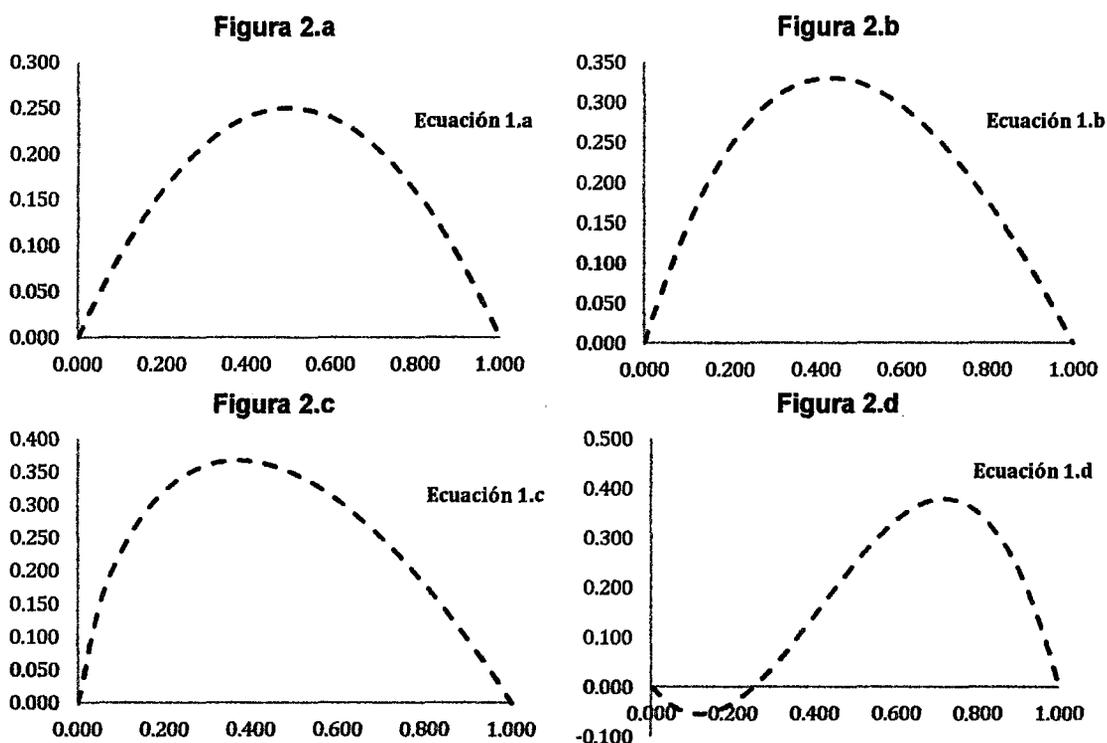
$$F(X_t) = rX_t(\frac{X_t}{K_0} - 1)(X_t/K) \quad (1.d)$$

Donde $F(X_t) = X_t - X_{t-1}$ representa la función de crecimiento neto, X_t la biomasa corriente de la especie, r es el ratio de crecimiento intrínseco de la

²⁴Cabe indicar que esta sección se basa fuertemente en Conrad (2004), debido a que presenta una mejor síntesis de la mayor parte de la literatura bioeconómica pesquera.

especie, el cual podría interpretarse como la velocidad a que crece la especie intertemporalmente. Finalmente, K es la capacidad de carga del medio ambiente, es decir, el monto máximo de biomasa que podría sobrevivir en un hábitat determinado.

La función logística y las demás funciones mostradas se grafican en las figuras 2.a a 2.d, para los valores $K = r = 1$ y $K_0 = 0.25$. Los puntos donde $X = 0$, corresponden puntos de equilibrio de estado estacionario, puntos que representan una pesquería que está libre de capturas y tiene tasas de crecimiento muy cercanas a cero, dado que, en teoría la especie ha crecido tanto como su medio ambiente le permite. Los puntos donde $F(X) > 0$, corresponden a puntos de tasas de crecimiento positivas, contrariamente, como en el caso de la función (1.d), puntos donde $F(X) < 0$, son puntos donde la tasa de crecimiento se torna negativa, esto podría deberse a mayores niveles de la tasa de mortalidad frente a las tasas de nacimiento y/o supervivencia.



Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar, existe más de una forma de representar la función de crecimiento neto de la especie, en este trabajo se empleó la ecuación (1.a), a la cual se le denominará, como en la mayoría de textos especializados, función de crecimiento logístico²⁵, donde tanto los valores de K y r son no negativos, es decir, existe tanto un crecimiento intrínseco de la especie como carga del medio ambiente sobre la especie. Cada una de las ecuaciones graficadas anteriormente representan una ecuación en diferencias no lineal que

²⁵ Se elige esta forma funcional su sencillez en la construcción del modelo estructural. Más adelante, se probará sus propiedades econométricas en comparación con las demás formas funcionales para elegir entre la más adecuada para la estimación global.

convergen en el punto $X = K$, pero cada una de ellas está sujeta a un comportamiento que depende del parámetro r , el cual determina si existe una senda caótica o no. Existen diversas maneras de examinar dicho comportamiento, desde un análisis gráfico hasta un análisis axiomático, en tanto, ello excede los objetivos del presente documento, el cual tiene interés por un conocimiento netamente aplicado.

Función de producción pesquera

La función de producción pesquera hace referencia a cómo es que el ser humano, o depredador de la especie en cuestión, se manifiesta en un ecosistema. Esta función indica el cómo se recolecta la especie en un periodo determinado, en función al stock o biomasa y al nivel de esfuerzo que se le imprima a tal recolección al mismo tiempo. Desde un punto de vista microeconómico podría verse al producto de tal función como un output y al stock de la especie y esfuerzo pesquero como los inputs.

En términos generales, la función de producción pesquera puede escribirse como $Y_t = H(X_t, E_t)$, donde Y representa la captura y E el esfuerzo de captura. Tal función, cumple con las propiedades de rendimientos crecientes a escala y con las condiciones de Inada, es decir, derivadas parciales positivas, segundas derivadas cruzadas no negativas y derivadas parciales de segundo orden no positivas. Según la literatura revisada, por lo general se utilizan tres tipos de funciones de producción pesquera:

$$Y_t = qX_t^\alpha E_t^\beta \quad (2.a)$$

$$Y_t = qX_t E_t \quad (2.b)$$

$$Y_t = X_t(1 - e^{-qE_t}) \quad (2.c)$$

Donde $q > 0$ es llamado el "coeficiente de capturabilidad", el cual podría interpretarse como la proporción de la combinación de los factores de producción, o inputs, que llega a ser producto efectivo. La ecuación (2.a) es la conocida función de producción Cobb-Douglas. La segunda ecuación, (2.b), es un caso especial de la función de producción Cobb-Douglas, donde $\alpha = \beta = 1$, a la cual por lo general, se llama la función de "captura por unidad de esfuerzo". La tercera es una función que representa de manera realista lo que podría suceder en una pesquería en el largo plazo, es decir, cuando el esfuerzo pesquero tiende al infinito y se agotan todos los medios disponibles para capturar la especie por lo cual, solo se pescaría el total de biomasa existente en el periodo corriente. De las tres ecuaciones presentadas se utilizará la segunda, dado que tiene una mejor representación de la tecnología pesquera en el corto plazo y es muy útil en términos prácticos como se verá más adelante.

Función de rendimiento-esfuerzo

Supóngase que existe una pesquería de una sola especie y, además, que la ecuación $Y_t = H(X_t, E_t)$ representa el monto capturado de la misma en el

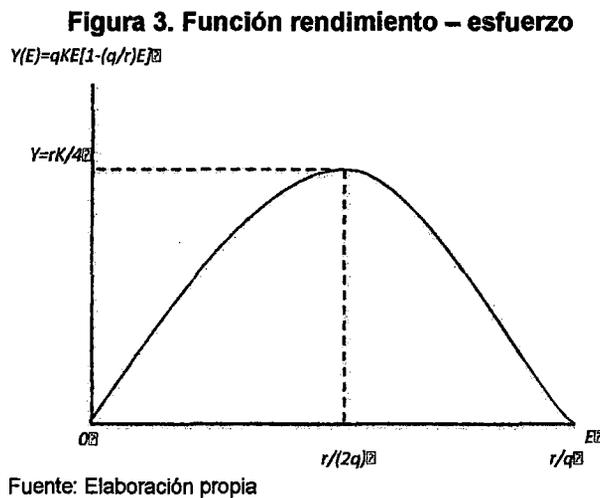
periodo t , por lo cual la biomasa de la especie cambiaría de acuerdo a $X_{t+1} - X_t = F(X_t) - Y_t$. Si se sustituye la función de producción pesquera dentro de esta ecuación y se la evalúa en el estado estacionario, es decir, cuando $X_{t+1} = X_t = X$, se tiene una expresión de este tipo $F(X) = H(X, E)$.

Adicionalmente, supóngase que la última ecuación tiene una solución no trivial de X en función de E como $X = G(E)$. Ahora, si se tomase esta solución y se la introdujera en dentro de la función de producción, se tendría una expresión de este tipo $H(G(E), E) = Y(E)$, donde $Y(E)$ es llamada la función de rendimiento-esfuerzo. Esta ofrece una relación entre el monto capturado y el esfuerzo pesquero.

Si se introducen la función logística (1.a) y la función de producción (2.b) en la función rendimiento-esfuerzo, se obtiene la siguiente expresión:

$$Y = Y(E) = qKE\left[1 - \left(\frac{q}{r}\right)E\right] \quad (3)$$

La misma que se representa en el siguiente gráfico:



3.1.2 El modelo estático de Gordon – Schaefer (1954)

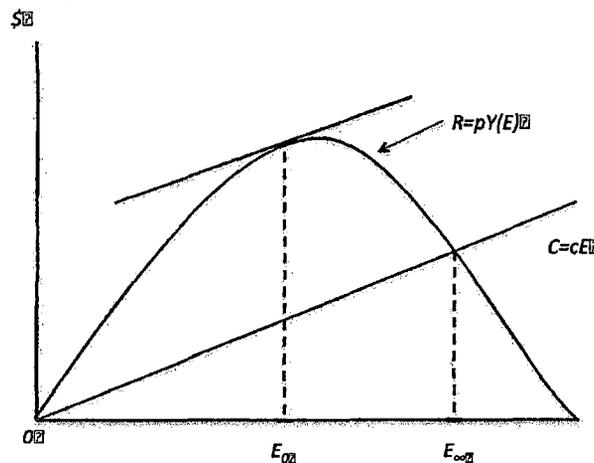
Lo mostrado en la sección anterior sirve como base para explicar los dos modelos que son pilares del presente trabajo: el modelo de Gordo-Schaefer (1954) y el modelo de Smith (1968).

El modelo de Gordon-Schaefer (1954) permite analizar las características de una pesquería en un equilibrio de largo plazo a través de la función de rendimiento-esfuerzo sin embargo, para ello es necesario introducir algunos elementos adicionales.

Suponga que el precio por unidad de biomasa extraída del mar es $p > 0$, de donde es intuitivo deducir que el ingreso de estado estacionario es $R = pY(E)$. Suponga además, que existe un costo total de extracción, el cual está directamente relacionado con el esfuerzo de pesca de la siguiente manera:

$C = cE$, donde $c > 0$ es el costo por unidad de esfuerzo. El modelo se puede resumir mediante el siguiente gráfico:

Figura 4. Modelo de Gordon – Schaefer (1954)



Fuente: Elaboración propia.

Del gráfico anterior, el punto de intersección donde $E = E_{\infty}$, es conocido como el punto de esfuerzo de equilibrio de libre acceso. En E_{∞} los ingresos son iguales a los costos (económicos), es decir el beneficio económico es igual a cero $\pi = R - C = 0$. Esta condición, según la teoría microeconómica, es una situación deseable puesto que se alcanza un equilibrio de competencia perfecta y la sociedad es la mayor beneficiada, pero, en el caso de las pesquerías no es deseable puesto que en tal punto no existe una retribución al factor más importante de "producción": la biomasa de la especie.

La situación de libre acceso es una situación en la cual no existen barreras para depredar un determinado recurso, situación que tiende a dejarlo en niveles tan bajos que no se podría emplear una unidad de esfuerzo adicional en extraer el recurso sin incurrir en pérdidas financieras. Desde otro punto de vista, podría verse esta situación como una en la cual existe mucho esfuerzo pesquero y la biomasa es tan pequeña que solo puede soportar un limitado monto de extracción sustentable.

3.1.3 El modelo dinámico de Smith (1968)

A diferencia del modelo de Gordon – Schaefer (1954), el modelo dinámico de Smith (1968) permite ver la evolución en el tiempo de la extracción de un recurso pesquero a través de un sistema de ecuaciones en diferencias compuesto principalmente por dos ecuaciones: una que describe la evolución del recurso depredado y otra que resume los cambios en el esfuerzo pesquero. En cuanto la primera ecuación en diferencias no hay mucho que detallar, dado que sigue el mismo patrón de la dinámica de la biomasa antes visto, es decir:

$$X_{t+1} - X_t = F(X_t) - H(X_t, E_t).$$

La segunda ecuación requiere un mayor detalle. Los cambios en el esfuerzo pesquero, o dinámica del esfuerzo según la literatura, tiene una forma un tanto más intuitiva, ello, porque busca examinar el comportamiento económico de los

agentes pesqueros. Smith (1968), propone una ecuación en la cual el esfuerzo pesquero en el periodo corriente está en función al beneficio económico, o rentabilidad, en el periodo pasado. Tal beneficio podría ser descrito como $\pi_t = pH(X_t, E_t) - cE_t$. A partir de lo anterior, podría inferirse que de registrarse una rentabilidad positiva en el periodo corriente el esfuerzo pesquero en el periodo siguiente se incrementaría en una proporción determinada, lo cual obedece a una relación lineal que podría expresarse como $E_{t+1} - E_t = \eta[pH(X_t, E_t) - cE_t]$, donde $\eta > 0$ es llamado el parámetro de ajuste o de "rigidez".

Con los elementos mostrados, el sistema de ecuaciones en diferencias tomaría la siguiente forma:

$$X_{t+1} = X_t + F(X_t) - H(X_t, E_t) \quad (4)$$

$$E_{t+1} = E_t + \eta[pH(X_t, E_t) - cE_t] \quad (5)$$

Introduciendo las formas funcionales elegidas para la función de crecimiento neto y para la función de producción en el modelo de Gordon-Schaefer (1954), se obtiene lo siguiente:

$$X_{t+1} = [1 + r \left(1 - \frac{X_t}{K}\right) - qE_t]X_t \quad (6)$$

$$E_{t+1} = [1 + \eta(pqX_t - c)]E_t \quad (7)$$

Las ecuaciones (6) y (7) no tienen una solución a simple vista dado que, no podrían despejarse de manera algebraica. En ese sentido, una solución factible es mediante la elaboración de un diagrama de fases, lo que equivaldría a una solución cualitativa, aproximándose a una iteración numérica.

Al igual que el modelo estático, se grafican las propiedades del modelo de Smith (1968) pero bajo ciertas supuestos para asegurar un comportamiento no caótico²⁶. Evaluando las ecuaciones (6) y (7) en el estado estacionario, al no registrarse variación alguna en el largo plazo, es decir, $\Delta X_t = 0, X_{t+1} = X_t = X, \Delta E_t = 0$ y $E_{t+1} = E_t = E$, se obtiene lo siguiente:

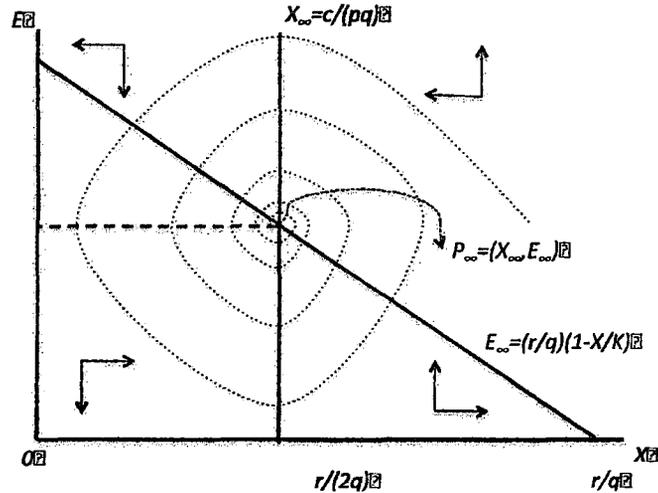
$$X_\infty = c/(pq) \quad (8)$$

$$E_\infty = \left(\frac{r}{q}\right)\left(1 - \frac{B}{K}\right) \quad (9)$$

Las ecuaciones (8) y (9) permiten encontrar los puntos de corte para orientar la convergencia para la solución del modelo. Finalmente, teniendo en cuenta que $\frac{\partial \Delta E_t}{\partial X_t} = npqE > 0$ y $\frac{\partial \Delta X_t}{\partial E_t} = -qX > 0$, se puede graficar el siguiente diagrama de fases:

²⁶Para ver las propiedades matemáticas, parámetros de convergencia y escenarios donde ambos modelos presentados presentan inconsistencias dinámicas y estáticas, véase Clark (1979), Conrad (2004), Fogarty (1995), González (1998), entre otros.

Figura 5. Dinámica en el modelo de Smith (1968)



En la Figura 5 se puede apreciar una solución cualitativa al sistema de ecuaciones en diferencias mostrado anteriormente. En ella se puede apreciar que el modelo de Smith (1968), a pesar de no tener una solución numérica evidente, converge de manera estable dadas las condiciones adecuadas de comportamiento de las ecuaciones, lo que permitiría deducir que si es posible controlar el esfuerzo pesquero, el sistema en su conjunto tendría una sostenibilidad en el largo plazo.

3.1.4 Ventajas y limitaciones

Los modelos bioeconómicos de Gordon-Schaefer (1954) y Smith (1968), dado que representan la interacción entre un recurso biológico y la lógica económica detrás de la captura del mismo, tienen la ventaja de ser muy intuitivos en cuanto a la recolección de información y la extracción de conclusiones a partir de la estimación de sus parámetros estructurales. Ambos modelos, a pesar de su antigüedad, continúan siendo utilizados en la actualidad para la estimación de montos de captura de diferentes especies, teniendo en cuenta el comportamiento del stock de biomasa, los precios de la tonelada extraída de pescado, los costos de extracción, entre otros.

De otro lado, existen dos principales limitaciones de estos modelos:

- (i) *la Imposibilidad de inclusión de nuevas variables sin alterar la estructura matemática del modelo.* Por citar un ejemplo, la tasa de crecimiento de la especie no es suficiente información para describir la dinámica de la misma. Información como la temperatura del agua, la existencia de alimento y la tasa de mortalidad, por mencionar algunas, son variables importantes en el análisis.
- (ii) *La existencia de un conjunto solución no trivial limitado de los parámetros.* Esto hace referencia a que parámetros como la tasa de crecimiento de la biomasa o el parámetro de rigidez, tienen un conjunto solución muy limitado, con lo cual la no captura adecuada del efecto causal mediante las diversas técnicas econométricas,

ponen en riesgo una adecuada interpretación de los resultados, debido a la alta sensibilidad y tendencia al caos de las variables modeladas.

3.2 Operacionalización de las variables

Las variables a utilizarse para la estimación de los parámetros estructurales del modelo son tres: extracción de biomasa, biomasa de anchoveta y esfuerzo de pesca. En cuanto a la extracción de biomasa, se utilizó la tonelada métrica de anchoveta extraída por puerto de desembarque; para la medida de biomasa de anchoveta, se utilizó la tonelada métrica de anchoveta en el mar frente al puerto de desembarque, esta variable es estimada por cruceros en alta mar con diferentes técnicas de ubicación de los cardúmenes de anchoveta. Finalmente, para medir el esfuerzo pesquero se utilizó el total de toneladas métricas de capacidad de bodega por embarcación pesquera por cada puerto de desembarque.

La medición del esfuerzo de pesca es un tema de debate hasta el día de hoy, existen medidas como el número de embarcaciones, el tipo de redes que se utilizan para el recojo de biomasa, la tecnología de captura, etc. Pero la mayoría de ellas son variables que cada empresa pesquera maneja de manera confidencial.

De otro lado, se encuentran las variables de corte económico, las cuales aunque no se utilizarán de manera directa en la estimación, son vitales para el cálculo de los beneficios en el largo plazo y los puntos de corte en los cuales es posible identificar los óptimos de captura. Por un lado, se tiene el costo de extracción del recurso marino para representar esta variable, se llevó a cabo una estimación detallada de los costos en los cuales tiene que incurrir una embarcación para zarpar, dentro de los cuales es posible mencionar el combustible, el pago a la tripulación y los diferentes materiales y víveres utilizados, sobre la base de esta información se estimó el costo promedio por tonelada de esfuerzo de pesca. De otro lado, se tiene la retribución que tiene la embarcación por unidad de biomasa pescada; para tal propósito se utilizó el precio promedio de la tonelada de anchoveta en puerto de desembarque.

El siguiente cuadro resume cada variable que se utilizó en el estudio.

Tabla 1. Definición operativa de las variables en estudio

| Variable y Definición Conceptual | Definición Operacional | Indicador | | | Naturaleza de la variable |
|--|--|--|--------------|--------------------|---|
| | | Nombre | Atributo | Unidad de Medida | |
| <i>Yi</i> : Es la extracción de biomasa del mar en el lugar "i" en el periodo "t". | Extracción de biomasa: Medida de la cantidad de la especie extraída del mar. | <i>Yi</i> : Toneladas de biomasa de anchoveta extraídas del mar, desembarcadas en el puerto "i" en la temporada "t". | Cuantitativo | Toneladas métricas | Tn. De anchoveta en puerto Dependiente |
| <i>Xi</i> : es la biomasa de la especie en el lugar "i" en el periodo "t". | Biomasa de anchoveta: Cantidad de la especie medida en toneladas métricas que se encuentran en el mar. | <i>Xi</i> : Biomasa de anchoveta en el puerto "i" en la temporada "t". | Cuantitativo | Toneladas métricas | Tn. De anchoveta en el mar Dependiente e independiente |

| | | | | | | |
|---|---|---|--------------|---------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Σi : Es el esfuerzo de pesca en el lugar "i" en el periodo "t". | Esfuerzo de pesca: Medida de la intensidad con la que se captura la especie en alta mar. | <i>Eit</i> : Toneladas de capacidad de bodega que tiene una embarcación anchovetera en alta mar que pertenece al puerto "i" la temporada "t". | Cuantitativo | Toneladas métricas | Tn. De capacidad de bodega | Dependiente e independiente |
| c_i : Costo del recurso marino en el lugar "i" en el periodo "t". | Costo del recurso: Medida de costo que tiene el esfuerzo de pesca por la obtención de una unidad del recurso biológico. | <i>Cit</i> : Unidades monetarias que cuesta poner una tonelada métrica de capacidad de bodega en el mar. | Cuantitativo | Unidades monetarias | Dólares americanos | Independiente |
| Ω_i : Precio del recurso marino en el lugar "i" en el periodo "t". | Precio del recurso: medida de la retribución que tiene el haber desembarcado una unidad de los recursos biológico. | <i>Pit</i> : Unidades monetarias que cuesta la tonelada métrica de anchoveta en puerto de desembarque. | Cuantitativo | Unidades monetarias | Dólares americanos | Independiente |

Fuente: Elaboración propia.

3.3 Naturaleza de los datos

Como se mencionó inicialmente, se utilizará un panel de datos para la estimación de los parámetros estructurales. En esta sección del trabajo se detalla la información utilizada para tal propósito.

3.3.1 Datos biológicos, esfuerzo pesquero y precio de la especie

La primera de las variables, extracción de biomasa, se midió a través de los registros que datan el total de toneladas métricas de anchoveta por puerto de desembarque y por temporada de pesca. La recopilación de información sobre esta variable no presenta mayor complicación puesto que existe más de una fuente de información disponible. En este caso se ha utilizado la información del Observatorio de Pesca del Sindicato de Trabajadores de Chimbote. El principal motivo de la utilización de esta base de datos radica en el gran nivel de desagregación que la información tiene, la cual llega al detalle de indicar el tiempo promedio de captura y las principales características de las embarcaciones pesqueras.

La segunda variable a utilizarse es la de biomasa de anchoveta. La recolección de esta información la lleva a cabo el Instituto del Mar del Perú – IMPARPE, para tal propósito, esta institución envía a lo largo de la costa peruana embarcaciones especializadas con diferentes tipos de tecnología para la detección de los cardúmenes de peces. Para estimar la biomasa que se encuentra en las cercanías de un puerto de desembarque se utiliza coordenadas georeferenciadas a fin de estimar cuántas toneladas de recurso tiene un puerto. Detrás de esto existe el supuesto de que cada embarcación, con el afán de reducir los costos de extracción y maximizar sus ganancias, procura extraer la mayor cantidad de anchoveta minimizando su recorrido.

La tercera variable, esfuerzo pesquero, se midió con la sumatoria de las toneladas métricas disponibles para la captura de anchoveta de las embarcaciones, por puerto de desembarque y por temporada de pesca. La

fuentes de esta variable, al igual que la primera, es la base de datos del Sindicato de Trabajadores de Chimbote.

Finalmente, el precio de la tonelada métrica de anchoveta, se obtuvo también de los registros del Observatorio de Pesca, aunque, de manera separada, puesto que se tomó el precio promedio anual de la tonelada de anchoveta en puerto de desembarque.

3.3.2 Estimación de costos de pesca

Para la estimación del costo promedio por tonelada de capacidad de bodega puesta en alta mar, se construyó una estructura de costos basada en los principales insumos necesarios para el zarpe de una embarcación. Así mismo, fue necesario llevar a cabo una diferenciación por tipo de embarcación: las de madera y las de acero. En primer lugar, las embarcaciones de madera cuentan con una capacidad de bodega que fluctúa entre las 50TM y 150TM, dentro de estas se tomó a las embarcaciones de 50 TM y 100TM como las más representativas, debido a que sus estructuras de costos representan a la mayoría de embarcaciones de madera; en segundo lugar, las embarcaciones de acero tienen capacidades de bodega que pueden llegar hasta las 850TM, dentro de este rubro se tomó como a las embarcaciones de 180TM y 350TM por ser los tipos de embarcaciones que representan la mayor concentración de la flota pesquera de acero.

En resumen, para la construcción de la estructura de costos se tomó en cuenta el siguiente set de variables:

Tabla 2. Principales costos por tipo de embarcación

| Madera | Acero | |
|----------------------------------|--------------------------|----------------------------------|
| Suministros diversos | Suministros diversos | Accidente de trabajo |
| Petróleo | Petróleo | Derecho de pesca |
| Aceite | Aceite | Mantenimiento y reparación casco |
| Grasas | Grasas | Mantenimiento y reparación red |
| Otros Combustibles | Otros Combustibles | Seguro de embarcación |
| Fajas | Fajas | Seguro de red |
| Filtros | Filtros | Otros costos fijos |
| Otros materiales eléctricos | Otros materiales | Depreciación casco |
| Viáticos de la Tripulación | Viveres | Depreciación red |
| Participación Pesca | Leyes sociales sueldos | |
| Mantenimiento y reparación casco | Participación Pesca | |
| Mantenimiento y reparación red | CBSP Fondo compensatorio | |
| Depreciación casco | CBSP Gratificación | |
| Depreciación red | CBSP Prestación Salud | |
| Otros costos | CBSP Jubilación | |
| Seguros | CBSP Subsidio | |

Fuente: Elaboración propia.

Como resultado se obtuvo que los costos por tonelada de esfuerzo pesquero fluctúan entre los US\$ 12 y US\$ 21, predominando entre todo el gasto en combustibles y los gastos destinados a los viáticos de la tripulación en alta mar.

3.3.3 Análisis de los datos

La Tabla 3 describe las principales características de las variables en estudio, la biomasa frente al puerto de desembarque fue en promedio 455,432 toneladas para todo el periodo de análisis; de otro lado, la descarga promedio en puerto representa el 34.2% de la biomasa analizada con 155,808 toneladas, por último la capacidad de bodega es poco menos del doble de las descargas siendo 283,793 toneladas, lo que indica que en promedio las embarcaciones utilizan el 50% de su capacidad de bodega efectiva y en total el esfuerzo de pesca ha representado el 62.3% de la existencia de la biomasa en el horizonte de tiempo estudiado.

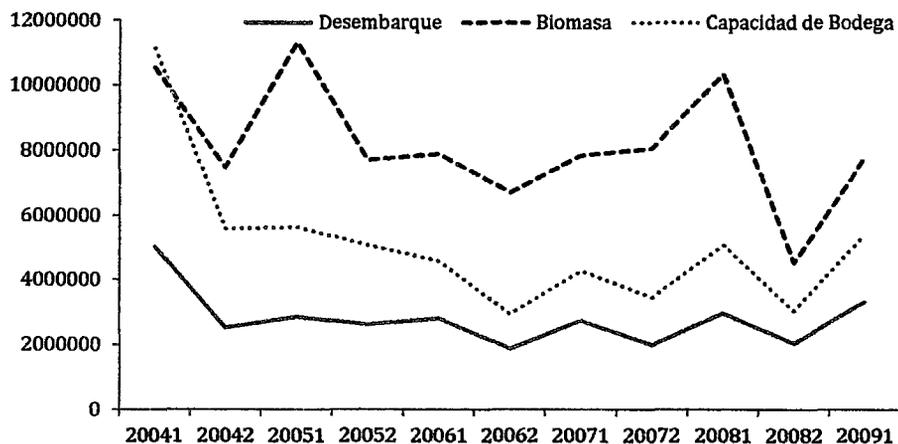
Tabla 3. Estadísticas descriptivas de las variables en estudio

| Variable | Unidad | Suma | Media |
|---------------------|----------------------------|------------|-----------|
| Biomasa | Tn. De anchoveta en el mar | 90 175 473 | 8 197 770 |
| Descarga | Tn. De anchoveta en puerto | 30 849 965 | 2 804 542 |
| Capacidad de Bodega | Tn. De capacidad de bodega | 56 190 928 | 5 108 266 |

Fuente: Elaboración propia

El siguiente gráfico muestra la evolución de la descarga, biomasa y capacidad de bodega en toneladas métricas desde el primer semestre del 2004 hasta el mismo momento del 2009, se puede apreciar que tanto la descarga y capacidad de bodega tienen similares fluctuaciones, mostrando una leve caída en el segundo periodo de cada año. La biomasa tiene una tendencia levemente decreciente, la cual no parece estar correlacionada a la tendencia de las descargas que se han mantenido, desde el segundo semestre del 2004, dentro de la banda de las 2 a 4 millones de toneladas.

Gráfico 3. Evolución de las principales variables en toneladas métricas



Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 4 muestra la matriz de correlaciones de las variables en estudio, cabe señalar que las tres relaciones mostradas son positivas. Se puede apreciar la mayor correlación entre capacidad de bodega y las descargas de anchoveta en puerto con un puntaje de 0.97, seguida por la correlación entre la biomasa y la

descarga con puntaje de 0.94 y por último la relación entre la capacidad de bodega y la biomasa con 0.89.

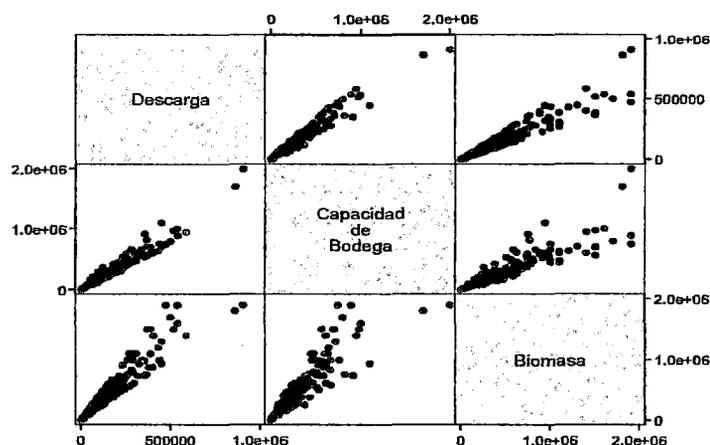
Tabla 4. Matriz de correlaciones

| Variables | Descarga (Y) | Capacidad de Bodega (E) | Biomasa (X) |
|-------------------------|--------------|-------------------------|-------------|
| Descarga (Y) | 1.0000 | 0.9739 | 0.9443 |
| Capacidad de Bodega (E) | 0.9739 | 1.0000 | 0.8936 |
| Biomasa (X) | 0.9443 | 0.8936 | 1.0000 |

Fuente: Elaboración propia.

En el Gráfico 4 Se aprecia de manera más clara el grado de asociación lineal entre las variables.

Gráfico 4. Correlaciones entre las principales variables



Fuente: Elaboración propia.

3.4 Estimación por datos de panel

En esta sección se presenta la metodología utilizada para la estimación de los parámetros estructurales de los modelos de Gordon – Schaefer (1954) y el modelo de Smith (1968). En síntesis, un panel de datos es un conjunto de datos que combina tanto información de corte transversal como de series temporales, es decir, un dato es un registro de una variable determinada del individuo i en el periodo t . Cabe señalar, que esta sección se basa en los trabajos hechos por Arellano (2003) y Baltagi (2005) dado sus grandes aportes en el campo de la econometría de los paneles de datos en los últimos años. En el caso del presente estudio, las unidades observacionales son los 18 puertos que se encuentran en el ámbito Norte-Centro del litoral peruano y el periodo de tiempo analizado es 2004-2009.

3.4.1 Paneles estáticos

El modelo de regresión de un componente de error

Un modelo de regresión de datos de panel tiene la siguiente forma:

$$y_{it} = \alpha + X'_{it}\beta + u_{it} \quad i = 1, \dots, N; \quad t = 1, \dots, T \quad (10)$$

Donde i , denota empresas, individuos, etc., y t el tiempo. α es un escalar, β es una matriz de $K \times 1$ y X_{it} es la i -ésima observación sobre las K variables explicativas. Hasta el momento, la ecuación descrita no difiere mucho de lo conocido en la econometría de corte transversal y de series de tiempo, es el componente de error que define el tipo de estimación a utilizar. La mayoría de aplicaciones de paneles de datos utilizan el modelo de *un componente de error* para la variable que representa las perturbaciones aleatorias, la cual, se describe de la siguiente forma:

$$u_{it} = \mu_i + v_{it} \quad (11)$$

donde μ_i es el efecto específico individual inobservable, o error idiosincrático, y v_{it} es error estocástico ya conocido.

Es importante poner énfasis en μ_i , dado que es una variable de la cual no se cuenta con información y además, no es necesario incluir la misma dentro de la ecuación de regresión. Por ejemplo, suponga que se quiere indagar sobre el efecto del grado alcanzado sobre el ingreso, se podría esperar en un primer momento que los individuos con un mayor grado alcanzado tengan un mayor nivel de ingresos pero, existen características propias de cada individuo que lo diferencia de otros a pesar de tener un mismo grado educativo, como por ejemplo: la habilidad, la propensión a aprender, el trabajo en equipo, etc. Si bien es cierto, estas características influyen en el nivel de ingresos, mas no son susceptibles o sencillas de medir. Ellas, influyen y distorsionan el efecto causal del grupo bajo análisis, por lo que su efecto debe ser capturado y retirado de la ecuación de regresión, tal es la razón por la cual μ_i se encuentra en la especificación.

Es posible poner la ecuación (10) en términos vectoriales de la siguiente forma:

$$y = \alpha \iota_{NT} + X\beta + u = Z\delta + u \quad (12)$$

Donde y es de dimensiones $NT \times 1$, X es $NT \times K$, $Z = [\iota_{NT}, X]$, $\delta' = (\alpha', \beta')$ y ι_{NT} es un vector de unos de dimensión NT . De la misma forma, la ecuación (11) puede escribirse de la siguiente manera:

$$u = Z_\mu \mu + v \quad (13)$$

donde $u' = (u_{11}, \dots, u_{1T}, u_{21}, \dots, u_{2T}, \dots, u_{N1}, \dots, u_{NT})$. $Z_\mu = I_N \otimes \iota_T$ donde I_N es una matriz identidad de dimensión N , ι_T es un vector de unos de dimensión T y \otimes es el producto Kronecker. Z_μ es una matriz de dummies individuales que se pueden incluir dentro de la regresión para estimar μ_i si es que se asume que son parámetros fijos en el tiempo. $\mu' = (\mu_1, \dots, \mu_N)$ y $v' = (v_{11}, \dots, v_{1T}, \dots, v_{N1}, \dots, v_{NT})$. Note que $Z_\mu Z_\mu' = I_N \otimes J_T$ donde J_T es una matriz de unos de dimensión T , $P = Z_\mu (Z_\mu' Z_\mu)^{-1} Z_\mu'$ es una matriz que promedia cada observación a través del tiempo y $Q = I_{NT} - P$ es una matriz que obtiene las desviaciones de las medias individuales.

Según la literatura revisada, existen dos supuestos alrededor del componente estocástico: el primero asume que μ_i está compuesto por parámetros fijos, y el segundo, asume que es estocástico. Para el presente documento, se asumirá el primero de los supuestos, es decir, el modelo de efectos fijos, debido a que bajo el segundo supuesto, el modelo de efectos aleatorios encaja mejor en una estimación de micro paneles, lo que equivale a un número muy elevado de individuos. En el modelo de efectos fijos μ_i está compuesto por parámetros fijos a ser estimados y la perturbación estocástica remanente $v_{it} \sim IID(0, \sigma_v^2)$. X_{it} se asume independiente de v_{it} para todo i y t . Sustituyendo (13) en (12) se obtiene

$$y = \alpha \iota_{NT} + X\beta + Z_\mu u + v = Z\delta + Z_\mu u + v \quad (14)$$

Ahora, α y β son los parámetros de interés, se podría hallar el estimador de Mínimos Cuadrados de Variables Dummy (MCVD), premultiplicando (14) por Q y aplicando Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) al modelo transformado:

$$Qy = QX\beta + Qv \quad (15)$$

En otras palabras, la matriz Q retira los efectos individuales. Lo que daría el estimador resultante:

$$\tilde{\beta} = (X'QX)^{-1}X'Qy \quad (16)$$

con varianza $var(\tilde{\beta}) = \sigma_v^2(X'QX)^{-1} = \sigma_v^2(\tilde{X}'\tilde{X})^{-1}$.

De otro lado, si se asume el supuesto de normalidad en las perturbaciones estocásticas, es posible hacer una estimación por máxima verosimilitud, por lo que se puede escribir la función de verosimilitud de la siguiente manera:

$$L(\alpha, \beta, \phi^2, \sigma_v^2) = constante - \frac{NT}{2} \log \sigma_v^2 + \frac{N}{2} \log \phi^2 - \frac{1}{2\sigma_v^2} u' \Sigma^{-1} u \quad (17)$$

Donde $\Omega = \sigma_v^2 \Sigma$, $\phi^2 = \sigma_v^2 / \sigma_1^2$ y $\Sigma = Q + \phi^{-2} P$. Sea $d = y - X\hat{\beta}_{MLE}$, por lo que $\hat{\alpha}_{MLE} = (1/NT)\iota'_{NT}d$ y $\hat{u} = d - \iota_{NT}\hat{\alpha}_{MLE} = d - \bar{J}_{NT}d$. Lo que implica que $\sigma_{v,MLE}^2$ puede ser escrito como:

$$\sigma_{v,MLE}^2 = d'[Q + \phi^2(P - \bar{J}_{NT})]d/NT \quad (18)$$

y la función de verosimilitud se torna

$$L_c(\beta, \phi^2) = constante - \frac{NT}{2} \log \{d'[Q + \phi^2(P - \bar{J}_{NT})]d\} + \frac{N}{2} \phi^2 \quad (19)$$

Maximizando la ecuación (19) con respecto a ϕ^2 , dado β , se tiene

$$\hat{\phi}^2 = \frac{d'Qd}{(T-1)d'(P - \bar{J}_{NT})d} = \frac{\Sigma \Sigma (d_{it} - \bar{d}_i)^2}{(T-1)\Sigma(\bar{d}_i - \bar{d}_i)^2} \quad (20)$$

Maximizando (19) con respecto a β , dado ϕ^2 , se tiene

$$\hat{\beta}_{MLE} = [X'(Q + \phi^2(P - \bar{J}_{NT}))X]^{-1}X'[Q + \phi^2(P - \bar{J}_{NT})]y \quad (21)$$

A partir de las expresiones mostradas, es posible iterar entre β y ϕ^2 hasta la convergencia.

El modelo de regresión de dos componentes de error

El modelo de regresión con datos de panel con dos componentes de error, tiene la siguiente forma:

$$u_{it} = \mu_i + \lambda_t + v_{it} \quad i = 1, \dots, N; \quad t = 1, \dots, T \quad (22)$$

Donde μ_i denota el efecto individual inobservable, λ_t el efecto temporal inobservable y v_{it} es la perturbación estocástica restante. Cabe señalar que λ_t es invariante a nivel individual y que cuenta por cada efecto temporal específico que no está incluida en la regresión. Para el presente trabajo, λ_t representaría los efectos del fenómeno el Niño, alguna política de veda por temporada o algún otro shock temporal que sea común a todas las unidades de análisis. En forma vectorial se tiene:

$$u = Z_\mu \mu + Z_\lambda \lambda + v \quad (23)$$

donde Z_μ , μ y v fueron definidas al inicio de la presente sección $Z_\lambda = \iota_N \otimes I_T$ es la matriz de dummies temporales que se pueden incluir en la regresión para estimar λ_t si son parámetros fijos.

3.4.2 Paneles dinámicos

La ecuación para la estimación de un panel de datos dinámico, tiene la siguiente especificación:

$$y_{it} = \delta y_{i,t-1} + x'_{it}\beta + u_{it} \quad i = 1, \dots, N; \quad t = 1, \dots, T \quad (24)$$

Donde δ es un escalar, x'_{it} es $1 \times K$ y β es $K \times 1$. Para esta especificación se asumirá que u_{it} sigue el modelo de un componente de error, es decir:

$$u_{it} = \mu_i + v_{it} \quad (25)$$

donde $\mu_i \sim IID(0, \sigma_\mu^2)$ y $v_{it} \sim IID(0, \sigma_v^2)$ son independientes entre sí y carecen de correlación intertemporal. La regresión por paneles de datos descrita en (24) y (25) es caracterizada por dos fuentes de persistencias en el tiempo: la autocorrelación debida a la presencia del rezago de la variable dependiente sobre los regresores y los efectos individuales que caracterizan la heterogeneidad sobre los individuos.

El problema básico de una regresión de este tipo se genera por la inclusión de la variable dependiente rezagada. Dado que y_{it} es una función de μ_i , se deriva que $y_{i,t-1}$ es también una función de μ_i . Por lo tanto, $y_{i,t-1}$ está también correlacionada con el término de error. Esto hace que el estimador de MCO se sesgado e inconsistente, aún si v_{it} no está serialmente correlacionado.

El estimador de Arellano y Bond

Arellano y Bond (1991) argumentan que la obtención de instrumentos en un panel de datos dinámico puede darse si se utilizan las condiciones de ortogonalidad que existen entre los valores rezagados de y_{it} y las perturbaciones v_{it} . Esto se puede explicar a través del siguiente modelo autoregresivo:

$$y_{it} = \delta y_{i,t-1} + u_{it} \quad i = 1, \dots, N; \quad t = 1, \dots, T \quad (26)$$

Donde $u_{it} = \mu_i + v_{it}$ con $\mu_i \sim IID(0, \sigma_\mu^2)$ y $v_{it} \sim IID(0, \sigma_v^2)$, independientes entre si y carecen de correlación intertemporal. Con el propósito de obtener un estimación consistente de δ cuando $N \rightarrow \infty$ con T fijo, es necesario diferenciar (26) para eliminar los efectos individuales

$$y_{it} - y_{i,t-1} = \delta(y_{i,t-1} - y_{i,t-2}) + (v_{it} - v_{i,t-1}) \quad (27)$$

Nótese que $(v_{it} - v_{i,t-1})$ es un MA(1) con raíz unitaria. Para $t = 3$, en el primer periodo se observa esta relación

$$y_{i3} - y_{i2} = \delta(y_{i2} - y_{i1}) + (v_{i3} - v_{i2}) \quad (28)$$

En este caso, y_{i1} es un instrumento válido, dado que está altamente correlacionado con $(y_{i2} - y_{i1})$ pero no está correlacionado con $(v_{i3} - v_{i2})$ dado que v_{it} no se encuentra serialmente correlacionado. Nótese que sucede para $t = 4$, se observa en el segundo periodo:

$$y_{i4} - y_{i3} = \delta(y_{i3} - y_{i2}) + (v_{i4} - v_{i3}) \quad (29)$$

En este caso, y_{i2} y y_{i1} son instrumentos válidos para $(y_{i3} - y_{i2})$, dado que y_{i2} y y_{i1} no están correlacionados con $(v_{i4} - v_{i3})$. Haciendo inferencia, el conjunto de instrumentos válidos para el periodo T es $(y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{i,T-2})$. Este procedimiento de variables instrumentales aún no tiene en cuenta el término de error en (27).

$$E(\Delta v_i \Delta v_i') = \sigma_v^2 (I_N \otimes G) \quad (30)$$

donde $\Delta v_i' = (v_{i3} - v_{i2}, \dots, v_{iT} - v_{i,T-1})$ y

$$G = \begin{pmatrix} 2 & -1 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 2 & -1 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & -1 & 2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & -1 & 2 \end{pmatrix}$$

Es $(T - 2) \times (T - 2)$, teniendo en cuenta que Δv_i es MA(1) con raíz unitaria. Se define:

$$W_i = \begin{pmatrix} [y_{i1}] & & & 0 \\ & [y_{i1} \cdot y_{i2}] & & \\ & & \ddots & \\ 0 & & & [y_{i1}, \dots, y_{iT-2}] \end{pmatrix}$$

Entonces, la matriz de instrumentos es $W = [W_1', \dots, W_N']'$ y los momentos ecuacionales descritos arriba están dados por $E(W_i' \Delta v_i) = 0$. Premultiplicando la ecuación diferenciada (27) en forma vectorial por W' , se obtiene

$$W' \Delta y = W' (\Delta y_{-1}) \delta + W' \Delta v \quad (31)$$

Aplicando mínimos cuadrados generalizados a (31) se obtiene la primera etapa del estimador consistente de Arellano y Bond (1991)

$$\hat{\delta}_1 = [(\Delta y_{-1})' W (W' (I_N \otimes G) W)^{-1} W' (\Delta y_{-1})]^{-1} \times [(\Delta y_{-1})' W (W' (I_N \otimes G) W)^{-1} W' (\Delta y)] \quad (32)$$

El estimador óptimo del método generalizado (GMM) de momentos de δ_1 para $N \rightarrow \infty$ y T fijo usando solo las restricciones de momentos mostradas más arriba, produce la misma expresión que (32) excepto que:

$$W' (I_N \otimes G) W = \sum_{i=1}^N W_i' G W_i$$

es reemplazada por:

$$V_N = \sum_{i=1}^N W_i' (\Delta v_i) (\Delta v_i)' W_i$$

Para operacionalizar este estimador, Δv es reemplazado por residuales diferenciados obtenidos preliminarmente del estimador consistente $\hat{\delta}_1$. El estimador resultante es el estimador GMM de Arellano y Bond (1991) en dos etapas:

$$\hat{\delta}_2 = [(\Delta y_{-1})' W \hat{V}_N^{-1} W' (\Delta y_{-1})]^{-1} [(\Delta y_{-1})' W \hat{V}_N^{-1} W' (\Delta y)] \quad (33)$$

Una estimación consistente de la varianza asintótica de este estimador está dado por:

$$Var(\hat{\delta}_2) = [(\Delta y_{-1})' W \hat{V}_N^{-1} W' (\Delta y_{-1})]^{-1} \quad (34)$$

Nótese que $\hat{\delta}_1$ y $\hat{\delta}_2$ son asintóticamente equivalentes si $v_{it} \sim IID(0, \sigma_v^2)$.

IV. RESULTADOS

Esta sección se dividirá en cinco partes: la primera sub sección muestra las distintas formas funcionales para la función de crecimiento neto de la biomasa y para la función de producción pesquera (sobre la base del contenido presentado en la sección 3.1.1), entre ellas se elegirá la especificación que muestre mejor ajuste mediante la utilización de los estimadores de Mínimos Cuadrados Ordinario (MCO). En la segunda parte se implementa un conjunto de pruebas econométricas para detectar los posibles problemas de autocorrelación, heterocedasticidad y multicolinealidad, así como los problemas propios de los paneles de datos que son la heterogeneidad intertemporal, la heterogeneidad transversal y la dependencia transversal, también se mostrarán los resultados de la elección entre los modelos de efectos fijos y aleatorios y las pruebas de los modelos dinámicos. En tercer lugar se presenta el análisis de robustez de los estimadores del modelo estático y los estimadores de los modelos dinámicos, controlando por diversas variables de la base de datos y por los efectos tanto de puertos como de las temporadas de pesca. En cuarto lugar, se desarrollan los modelos de Gordon – Schaefer (1954) y Smith (1968) de manera gráfica, identificando los puntos de optimización económica. Finalmente, sobre la base de los estimadores hallados y bajo una serie de supuestos, se analiza cuáles son los impactos de no seguir una política de optimización bioeconómica en el sector pesquero de la anchoveta peruana, así como, el costo total de la no eficiencia en términos del Producto Bruto Interno (PBI) pesquero.

4.1 Especificación: Función de crecimiento neto de la biomasa

Dada la naturaleza y disponibilidad de la información, se podría emplear muchas páginas en demostrar mediante la utilización de diversas técnicas de estimación las bondades de una u otra especificación que se tienen tanto para la dinámica del crecimiento de la biomasa como para la función de producción pesquera. Aunque, en aras de mantener la simplicidad y preservando el principio de parsimonia, la elección entre las especificaciones que se tienen a disposición se hará mediante la utilización de los MCO.

La ecuación (35) es la forma desarrollada de función presentada en la ecuación (1.a).

$$X_t = (1 + r)X_{t-1} - \left(\frac{r}{K}\right) X_{t-1}^2 \quad (35)$$

El objetivo de este ejercicio es obtener una forma que pueda ser estimable econométricamente, tal como se presenta en la ecuación (36), la misma que será la primera ecuación a estimar.

$$X_t = b_1 X_{t-1} + b_2 X_{t-1}^2 + \mu_t \quad (36)$$

De la misma forma, se trabajó con la ecuación (1.b)

$$\ln(X_t) - \ln(X_{t-1}) = rX_{t-1} - \left(\frac{r}{K}\right) X_{t-1}^2 \quad (37)$$

Obteniéndose la siguiente expresión:

$$\ln(X_t) - \ln(X_{t-1}) = b_3 X_{t-1} + b_4 X_{t-1}^2 + u_t \quad (38)$$

El término simplificado de la ecuación (1.c) es el siguiente:

$$X_t - X_{t-1} = r X_{t-1} \ln\left(\frac{K}{X_{t-1}}\right) \quad (39)$$

Y en términos econométricos tiene la siguiente forma:

$$X_t - X_{t-1} = b_5 X_{t-1} \ln\left(\frac{K}{X_{t-1}}\right) + v_t \quad (40)$$

Finalmente, para la ecuación (1.d), se tiene la siguiente forma simplificada:

$$X_t = X_{t-1} - \left(\frac{r}{K}\right) X_{t-1}^2 + \left(\frac{r}{K^2}\right) X_{t-1}^3 \quad (41)$$

En términos econométricos se obtiene la siguiente forma polinómica:

$$X_t = b_6 X_{t-1} + b_7 X_{t-1}^2 + b_8 X_{t-1}^3 + e_t \quad (42)$$

De un análisis preliminar de las ecuaciones (36), (38), (40) y (42), puede apreciarse que la ecuación (40), no permitiría obtener de manera directa el parámetro K , asimismo, presenta problemas al momento de dar solución al sistema de ecuaciones, por lo cual se descarta de la estimación comparativa.

La Tabla 5 resume el resultado de las regresiones para las tres especificaciones elegidas para la función de crecimiento de la biomasa.

Tabla 5. Resultados para las especificaciones de la función de crecimiento neto

| Variables independientes | Regresiones por MCO | | |
|--------------------------|---------------------------|------------------------------|-------------------------|
| | Biomasa (i) | Δ Log Biomasa (ii) | Biomasa (iii) |
| Biomasa $t-1$ | 1.137*** (0.0736) | | 1.033*** (0.152) |
| Biomasa $t-1^2$ | -0.00229*** (0.000572) | | 8.26e-06 (0.00299) |
| Biomasa | | -7.30e-06 (0.00190) | |
| Biomasa ² | | 1.24e-05 (1.56e-05) | |
| Biomasa $t-1^3$ | | | -1.00e-05 (1.28e-05) |
| Observaciones: | 180 | 177 | 180 |
| Prueba F: | 427.3 | 1.912 | 284.5 |
| R ² : | 0.828 | 0.0214 | 0.828 |

Nota: Las especificaciones comparadas guardan relación con el conjunto de funciones que representan la dinámica del crecimiento de la biomasa de la siguiente manera: Modelo (i) con función (1.a), modelo (ii) con función (1.b) y modelo (iii) con función (1.d).

Puede observarse que la ecuación (i) presenta un buen nivel de ajuste, asimismo, reporta los signos predichos por la teoría con alta significancia en los estimadores. La ecuación (ii), reporta signos no esperados acompañados de estimadores no significativos. Finalmente, la ecuación (iii) presenta un buen ajuste en términos generales, aunque solo muestra significancia en uno de sus estimadores además, no reportar los signos predichos por la forma funcional original.

De la misma forma que se trabajó con la función de crecimiento de la biomasa, se estima y elige la función de producción pesquera. La ecuación (43) es la forma simplificada de la ecuación (2.a), la cual representa una tecnología de producción tipo Cobb – Douglas.

$$\ln(Y_t) = \ln(q) + \alpha \ln(X_t) + \beta \ln(E_t) \quad (43)$$

En términos econométricos, tomaría la siguiente forma:

$$\ln(Y_t) = p_1 + p_2 \ln(X_t) + p_3 \ln(E_t) + \omega_t \quad (44)$$

La ecuación (2.b), es representada en términos econométricos en la ecuación (45)

$$Y_t = p_4 X_t E_t + \varphi_t \quad (45)$$

Para la ecuación (2.c), la forma simplificada es la siguiente:

$$\ln(X_t - Y_t) = \ln(X_t) + q E_t \quad (46)$$

la misma que, en términos estimables, toma la siguiente forma:

$$\ln(X_t - Y_t) = p_5 \ln(X_t) + p_5 E_t + \psi_t \quad (47)$$

La Tabla 6 muestra los resultados de las regresiones comparativas para las distintas especificaciones de la función de producción pesquera.

Tabla 6. Resultados para las especificaciones de la función de producción pesquera

| Variables independientes | Regresiones por MCO | | |
|--------------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| | Log Descarga (i) | Descarga (ii) | Log (Biomasa – Descarga) (iii) |
| Log Biomasa | 0.443*** (0.0371) | | 0.870*** (0.00650) |
| Log C. de bodega | 0.554*** (0.0361) | | |
| C. de bodega * Biomasa | | 0.00376*** (0.000134) | |
| C. de bodega | | | 0.00152*** (0.000575) |
| Constante | -0.794*** (0.0390) | | |
| Observaciones: | 195 | 198 | 195 |
| Prueba F: | 5211 | 780.0 | 31961 |
| R ² : | 0.982 | 0.798 | 0.997 |

Nota: Las especificaciones comparadas guardan relación con el conjunto de funciones que representan la extracción de la biomasa de la siguiente manera: Modelo (i) con función (2.a), modelo (ii) con función (2.b) y modelo (iii) con función (3.d).

En términos generales, todas las ecuaciones representan un buen ajuste así como, reportan los signos predichos por la teoría. Sin embargo, se ha definido trabajar con la ecuación (ii), tanto por su buen nivel de ajuste como por su simplicidad al momento de la solución del sistema de ecuaciones diferenciales.

Del análisis realizado se obtiene que las ecuación (36) y (46) son las más adecuadas para hallar los estimadores utilizando las propiedades y técnicas que permiten los paneles de datos. Las mismas que adoptarían las siguientes formas ecuacionales respectivamente:

$$X_{it} = \beta_1 X_{i,t-1} + \beta_2 X_{i,t-1}^2 + \mu_i + v_{it} \quad (48)$$

$$Y_{it} = \alpha_1 X_{it} E_{it} + \mu_i + \lambda_t + v_{it} \quad (49)$$

Cabe señalar, que en vista de la necesidad de encontrar el valor del parámetro η , se tomó la ecuación (7), obteniéndose la siguiente expresión simplificada:

$$E_t = \eta p q X_{t-1} E_{t-1} + (1 - \eta c) E_{t-1} \quad (50)$$

Remplazando (2.b) en (50), se obtiene:

$$E_t = \eta p Y_{t-1} + (1 - \eta c) E_{t-1} \quad (51)$$

La misma que en términos econométricos, adopta la siguiente forma:

$$E_t = \pi_1 Y_{t-1} + \pi_2 E_{t-1} + \mu_i + v_{it} \quad (52)$$

A la cual se llamará "ecuación del beneficio".

4.2 Análisis de consistencia

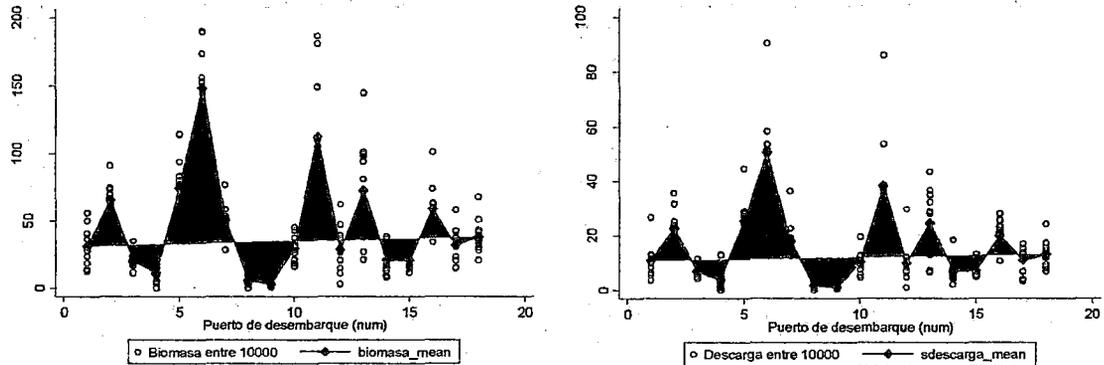
Luego de haberse elegido las ecuaciones a estimar, se someterá a prueba las especificaciones para determinar qué técnicas son las más adecuadas para estimar los parámetros estructurales de los modelos. Dada su naturaleza estática, en primer lugar se tratará a la ecuación que representa la función de producción pesquera; en segundo lugar, se trataran de manera conjunta la ecuación que representa la función de crecimiento de la biomasa y a la función de beneficio, dado que ambas poseen una naturaleza dinámica.

Pruebas para el modelo panel estático

Debido a las diferentes características que tienen la costa y las regiones del litoral del país, es de esperarse que los puertos tengan diferencias entre sí, cómo en el nivel de captura, tecnología, condiciones biológicas y ambientales, etc. Es por ello que se hace necesario "limpiar" los posibles efectos que tengan estas características de los parámetros estructurales de las ecuaciones. Para sustentar este argumento se presenta el Gráfico 5, el cual muestra la biomasa y la descarga promedio, por puerto de desembarque. En ambos gráficos se puede apreciar "saltos" significativos en las medias de ambas variables en cada

uno de los puertos, lo que refuerza la hipótesis de que existen diferencias sistemáticas entre los puertos de desembarque, motivo por el cual es necesario controlar dichas características.

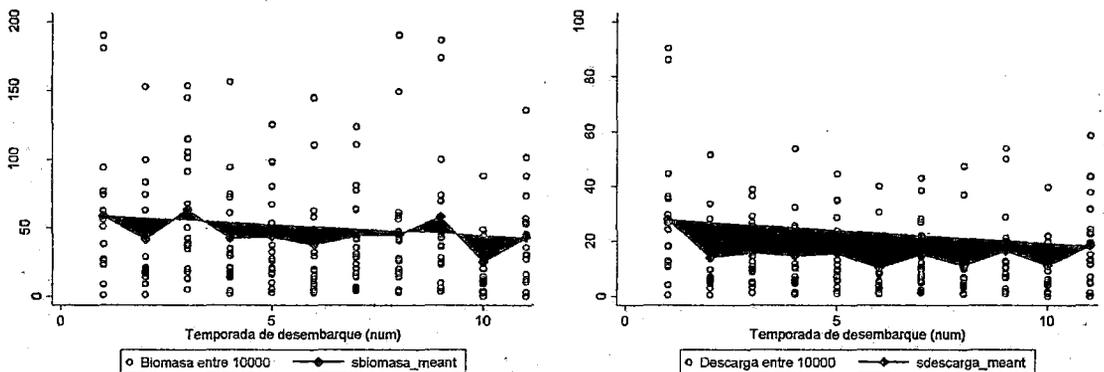
Gráfico 5. Heterogeneidad a través de los puertos



Fuente: Elaboración propia.

De manera equivalente al gráfico anterior, el Gráfico 6 muestra la heterogeneidad presente en cada una de las temporadas de pesca. Puede apreciarse que en una primera sección de las temporadas no existe mayor variabilidad en los promedios, en tanto, en las últimas temporadas se puede apreciar fluctuaciones moderadas que podrían atribuirse a efectos ambientales como: cambio en la temperatura del agua, variación en el alimento de las especies o causas del manejo de las pesquerías como la implementación de vedas o normas que regulen la extracción del recurso.

Gráfico 6. Heterogeneidad a través de las temporadas



Fuente: Elaboración propia.

Luego de comprobar gráficamente la existencia de heterogeneidad tanto en componente transversal como temporal, es necesario tomar el primer paso en la estimación de cualquier modelo con información en panel de datos. La elección entre el modelo de efectos fijo o aleatorio está basada en el Test de Hausman, donde la hipótesis nula es que el modelo preferido es el de efectos aleatorios versus el alternativo de efectos fijos. Este test prueba únicamente si el componente de error transversal está correlacionado con los regresores, la hipótesis nula es que no lo están.

Tabla 7. Test de Hausman

| Variable independiente | (b) | (B) | (b-B) | sqrt(diag(V_b-V_B)) |
|------------------------|---------------|--------------------|------------|---------------------|
| | Efectos Fijos | Efectos Aleatorios | Diferencia | Error estándar |
| C. de bodega * Biomasa | 0.0022018 | 0.0023617 | -0.00016 | 8.33E-06 |

b = consistente bajo Ho y Ha / B = inconsistente bajo Ha, eficiente bajo Ho

Test: Ho: la diferencia entre los coeficientes no es sistemática

chi2(1) = (b-B)'[(V_b-V_B)^(-1)](b-B) =368.98

Prob>chi2 = 0.0000

La Tabla anterior muestra que no se puede rechazar la hipótesis nula que la diferencia entre los coeficientes estimados (tanto para el modelo de efectos fijos como el de aleatorios) no es sistemática, por lo tanto se usará el modelo de efectos fijos en la estimación de esta ecuación en particular. En otras palabras, la metodología señala que al no haber una diferencia estadísticamente significativa, se recomienda seguir con el modelo de efectos fijos dadas sus propiedades econométricas deseables.

Para reforzar la idea se llevará a cabo el test de Breusch-Pagan de los multiplicadores de Lagrange, donde la hipótesis nula es que las varianzas a través de unidades observacionales (dejando de lado los efectos temporales) es cero, es decir, que no son significantes a través de los puertos de desembarque.

Tabla 8. Test de Breusch-Pagan de los multiplicadores de Lagrange

| Variable independiente | Var | sd |
|-------------------------|----------|----------|
| C. de bodega * Biomasa | 216.7214 | 14.72146 |
| Error aleatorio: e | 14.16988 | 3.76429 |
| Error idiosincrático: u | 11.88264 | 3.447121 |

Test: Var(u) = 0

chibar2(01) = 164.82

Prob> chibar2 = 0

La Tabla 8 muestra lo que el análisis gráfico de alguna forma contradice lo encontrado gráficamente y la intuición hasta el momento: no existen diferencias significativas a través de las unidades observacionales. Es preciso llevar a cabo un análisis de robustez y controlar por la mayor cantidad de covariables para poder aproximarse a los mejores estimadores posibles de los parámetros ecuacionales.

En la siguiente tabla se presenta un resumen de las pruebas de heterocedasticidad, autocorrelación y específicamente para los datos de panel, dependencia transversal.

Tabla 9. Test de heterocedasticidad, correlación serial y dependencia transversal

| Heterocedasticidad | Correlación serial | Dependencia transversal |
|--|---|-------------------------|
| H0: $\sigma(i)^2 = \sigma^2$ para todo i | H0: no autocorrelación serial de primer orden | |
| chi2 (18) = 54645.32 | F(1,17) = 1.086 | Test Pesaran =14.070 |
| Prob>chi2 = 0.0000 | Prob> F = 0.3119 | Pr = 0.0000 |

El primero de los test, es el Test de Wald modificado de heterocedasticidad en el modelo de efectos fijos, donde la hipótesis nula establece homocedasticidad. El resultado arroja la presencia de este problema. Existen diversas formas para dar solución al problema como la utilización de los Mínimos Cuadrados

Ponderados o los Mínimos Cuadrados Generalizados. En este documento se prescindirán de cualquiera de estos métodos en aras de mantener la forma funcional de las especificaciones encontradas, en contraparte, se reportarán los errores estándar robustos para cada estimador, con lo que se contará con los verdaderos intervalos de confianza para evaluar la significancia de los estimadores.

El tercer test presentado en la Tabla 9 es el Test de Wooldridge, que evalúa la autocorrelación en panel de datos. Tal prueba señala que la hipótesis nula es ausencia de autocorrelación. Los resultados apuntan al no rechazo de tal hipótesis, por lo que la estimación no presenta autocorrelación.

Finalmente, se aplica el Test de Pesaran para evaluar si los residuos están correlacionados a través de las unidades observacionales. Dicho problema, puede llevar a sesgos en los resultados de los test y estimadores. La hipótesis nula señala que los residuos no están correlacionados. Observando los resultados en la Tabla 9 se puede apreciar que dada la probabilidad del test, no se rechazaría la hipótesis nula.

Un último test para evaluar si se debe controlar los efectos fijos tanto a través de los puertos como a través de las temporadas de pesca, es el Test de Significancia Conjunta de los efectos temporales e idiosincráticos. La Tabla 10 muestra que en conjunto, tanto los efectos temporales como idiosincráticos son significativos, por lo que convendría contralar ambos aspectos al momento de la estimación.

Tabla 10. Test de significancia conjunta de los efectos temporales e idiosincráticos

| Temporales | Idiosincráticos |
|-------------------|--------------------|
| F(10, 170) = 3.41 | F(17, 170) = 16.29 |
| Prob> F = 0.0004 | Prob> F = 0.0000 |

Pruebas para los modelos de panel dinámico

Dados los problemas que presentan los modelos de panel dinámico descritos en la sección 3.4.2 del presente documento, se hace un tratamiento especial a la ecuación de la biomasa y beneficios por tener naturaleza dinámica. La Tabla 11 muestra los resultados del estimador de Arellano y Bond (1991). Siguiendo la misma lógica del apartado anterior, es necesario ver los test que permitan tener cierto grado de seguridad de que la especificación adoptada tenga algún grado de estabilidad, en ese sentido se puede apreciar que no existen mayor evidencia de autocorrelación de primer orden, tal como lo señala el Test AR(1), aunque si existe de mayor grado. De otro lado, analizando el Test de Sargan, el cual permite evaluar las restricciones de sobreidentificación, es decir, si se están utilizando los instrumentos correctos, se puede apreciar que mientras se tenga una mejor estimación, sin controlar por otros factores, el test señala que es necesario reconsiderar el modelo y los instrumentos que se están utilizando.

Tabla 11. Resultados preliminares y tests para el modelo dinámico de la función de crecimiento neto

| Variables independientes | Biomasa | | |
|--------------------------|-----------------------|--------------------------|----------------------|
| | (i) | (ii) | (iii) |
| Biomasa $t-1$ | -0.465** (0.183) | -0.473*** (0.00573) | -0.473 (0.387) |
| Biomasa $t-1^2$ | 0.00139 (0.000912) | 0.00144*** (3.14e-05) | 0.00144 (0.00188) |
| Observaciones: | 162 | 162 | 162 |
| Número de puertos: | 18 | 18 | 18 |
| Test AR(1): | -7.648 [0.0000] | -2.257 [0.0240] | -2.018 [0.0436] |
| Test AR(2): | -0.187 [0.8520] | -0.113 [0.9103] | -0.105 [0.9163] |
| Test de Sargan | 148.4 [0.0000] | 16.12 [1.0000] | |

Nota: El modelo (i) encuentra el estimador de Arellano - Bond sin complementos, el modelo (ii) calcula el estimador de Arellano - Bond en dos etapas y el modelo (iii) calcula el estimador de Arellano - Bond en dos etapas con errores estándar robustos.

De manera análoga, los resultados de la ecuación del beneficio arrojan conclusiones similares acerca de las especificaciones propuestas, lo que llevaría a controlar por factores exógenos y utilizar un conjunto de variables instrumentales para corregir los problemas existentes en la estimación.

Tabla 12. Resultados preliminares y tests para el modelo dinámico de la función de beneficio pesquero

| Variables independientes | C. de bodega | | |
|--------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|
| | (i) | (ii) | (iii) |
| C. de bodega $t-1$ | 0.906*** (0.131) | 0.922*** (0.0108) | 0.922*** (0.334) |
| Descarga $t-1$ | -2.005*** (0.311) | -2.037*** (0.0225) | -2.037*** (0.778) |
| Observaciones: | 162 | 162 | 162 |
| Número de puertos: | 18 | 18 | 18 |
| Test AR(1): | -5.345 [0.0000] | -2.154 [0.0312] | -1.953 [0.0508] |
| Test AR(2): | 1.423 [0.1547] | 1.671 [0.0947] | 1.193 [0.2330] |
| Test de Sargan: | 131.5 [0.0000] | 14.98 [1.0000] | |

Nota: El modelo (i) encuentra el estimador de Arellano - Bond sin complementos, el modelo (ii) calcula el estimador de Arellano - Bond en dos etapas y el modelo (iii) calcula el estimador de Arellano - Bond en dos etapas con errores estándar robustos.

4.3 Análisis de robustez

La Tabla 13 indaga sobre la robustez de los resultados de la ecuación de producción pesquera. En la columna (i) se muestran los resultados de una regresión por Mínimos Cuadrados Ordinarios sin considerar las propiedades y ventajas de la utilización del panel de datos. Las columnas (ii), (iv) y (vi) muestran el estimador de una regresión por efectos fijos, teniendo en cuenta que en (ii) se controla la heterogeneidad existente entre los puertos, en la columna (iv) se controla la heterogeneidad a través del tiempo y en la columna (vi) se controla por los ambos factores. Es importante ver que existe cierto

grado de variación en el estimador puntual cuando se controla por diversos factores como el tamaño de las plantas y los fenómenos naturales, aunque no existen variaciones en el signo predicho por la teoría, en el grado de significancia, ni cambios substanciales en el tamaño del estimador. De otro lado, las columnas (iii), (v) y (vii) se utiliza el modelo de efectos aleatorio con el componente de error a nivel de puertos, temporal y de ambos aspectos, respectivamente. Al igual que el modelo de efectos fijos, no existe mayor variabilidad en el valor del estimador, como en su nivel de significancia.

Tabla 13. Resultados de regresiones por efectos fijos y aleatorios para la función de producción pesquera: Robustez

| Variables independientes | MCO (i) | Descarga | | | | | |
|---------------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| | | Efectos Fijos-MCO (ii) | Efectos Aleatorios (iii) | Efectos Fijos-MCO (iv) | Efectos Aleatorios (v) | Efectos Fijos-MCO (vi) | Efectos Aleatorios (vii) |
| C. de bodega * Biomasa | 0.00376*** (0.000407) | 0.00224*** (0.000208) | 0.00224*** (9.02e-05) | 0.00321*** (9.56e-05) | 0.00299*** (9.34e-05) | 0.00225*** (0.000106) | 0.00201*** (8.24e-05) |
| Observaciones: | 198 | 198 | 198 | 198 | 198 | 198 | 198 |
| R ² : | 0.798 | 0.962 | | 0.917 | | 0.969 | |
| G. de libertad: | 1 | 18 | 1 | 11 | 1 | 28 | 1 |
| Prueba F: | 85.06 | 261.7 | | 189.0 | | 187.3 | |

Nota: Regresiones por MCO Efectos Fijos son reportadas en las columnas (ii), (iv) y (iv), y en las columnas (iii), (v) y (vii) son reportadas las regresiones por Efectos Aleatorios. En la columna (ii) se controla con variables dummies por puertos, en la columna (iv) se controla con variables dummies por temporadas de pesca y en (vi) se controla por ambos aspectos. En la columna (iii) se controla los puertos con una variable aleatoria, en la columna (v) se controla las temporadas de pesca con una variable aleatoria y en la columna (vii) se controla tanto los puertos como las temporadas de pesca. Entre paréntesis se reportan los errores estándar robustos.

En la Tabla 14 se indaga sobre la robustez de los resultados de las estimaciones de la ecuación de la biomasa. La columna (i), al igual que la Tabla 13, muestra los resultados de una regresión por MCO. La columna (ii) muestra una regresión por efectos fijos controlando tanto por factos individuales como temporales. La columna (iii) muestra el estimador de Arellano y Bond (1991). Las columnas (iv)-(vi) muestran los resultados del estimador de Blundell y Bond (1998) que considera condiciones iniciales y restricciones en los modelos de panel dinámico mediante la inclusión de instrumentos endógenos y estrictamente exógenos. Se tomó como instrumento endógeno al segundo rezago de la biomasa, dado que está variable afecta directamente al modelo. Como instrumentos estrictamente exógenos se tomaron para la columna (iv) una variable dummy que controla por los efectos que provienen de las características particulares de los puertos de desembarque, en la columna (v) se utiliza una variable de la misma naturaleza que permita controlar los efectos temporales y en la columna (vi) se utilizan como instrumentos exógenos dos variables que permitan controlar por ambos factores.

Tabla 14. Resultados de regresiones por efectos fijos para la función de crecimiento neto: Robustez

| Variables independiente | Biomasa | | | | | |
|-------------------------|---------------------------|---------------------------|------------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| | MCO (i) | Efectos Fijos MCO (ii) | Arellano - Bond MGM (iii) | Blundell - Bond MGM (iv) | Blundell - Bond MGM (v) | Blundell - Bond MGM (vi) |
| Biomasa $t-1$ | 1.137*** (0.0736) | 0.413*** (0.139) | -0.473*** (0.00573) | 1.216*** (0.115) | 1.194*** (0.0946) | 1.158*** (0.0989) |
| Biomasa $t-1^2$ | -0.00229*** (0.000572) | -0.00171** (0.000708) | 0.00144*** (3.14e-05) | -0.00306*** (0.00105) | -0.00273** (0.00100) | -0.00246** (0.000990) |
| Observaciones: | 180 | 180 | 162 | 180 | 180 | 180 |
| R ² : | 0.828 | 0.939 | | | | |
| Prueba F: | 427.3 | 84.00 | | 114.0 | 197.8 | 181.7 |
| G. de libertad: | 178 | 152 | | 18 | 18 | 18 |
| Sargan: | | | 16.12 [1.0000] | 106.7 [0.0000] | 115.4 [0.0000] | 121.9 [0.0001] |
| Test AR(1): | | | -2.2572 [0.0240] | -2.290 [0.022] | -2.2883 [0.0022] | -2.281 [0.023] |
| Test AR(2): | | | -0.11263 [0.9103] | 1.536 [0.124] | 1.524 [0.127] | 1.512 [0.130] |

Nota: En la columna (ii) se reporta la regresión de MCO por Efectos Fijos controlando tanto por efectos temporales como por puertos. En la columna (iii) se muestra el estimador de Arellano - Bond en dos etapas. De la columna (iv) a (vi) se muestra el estimador de Blundell - Bond, donde se permite la distinción de instrumentos endógenos y estrictamente exógeno, tomándose como instrumento endógeno en estas columnas al segundo rezago de la Biomasa, haciendo la distinción para (iv) la utilización de dummies temporales como instrumentos exógenos, para (v) dummies a nivel de puertos y para (vi) utilizando como instrumentos exógenos dummies tanto temporales como a nivel de puertos. Entre paréntesis se reportan los errores estándar robustos. Entre corchetes, los p-values.

Es posible apreciar que a excepción de la columna (iii), los signos predichos por la teoría no cambian cuando se utilizan distintos métodos de estimación o se controlan por diversos factores ajenos a la naturaleza intrínseca del modelo. Cabe resaltar que existen variaciones en la significancia del estimador del cuadrado de la biomasa rezagada para los resultados del estimador de Blundell y Bond, pero que no alteran las conclusiones del modelo o su efecto predictivo.

Finalmente, la Tabla 15 muestra el análisis de robustez para la ecuación del beneficio. Esta tabla es una réplica de lo aplicado a la ecuación de la biomasa, por lo cual no se dará mayor detalle al contenido de cada columna. Sin embargo, es importante señalar que existe un alto grado de robustez para el signo del rezago de la descarga predicho por la teoría. Asimismo, existe consistencia para el signo del rezago de la capacidad de bodega, dado que reporta los resultados esperados luego de la corrección de los problemas de un panel dinámico y la inclusión de instrumentos que permitan una mejor estimación. De manera opuesta, esta no tiene un alto grado de significancia, lo cual podría explicarse por una ausencia de variables financieras y que permitan indagar con mayor profundidad una estimación de los costos a través del tiempo.

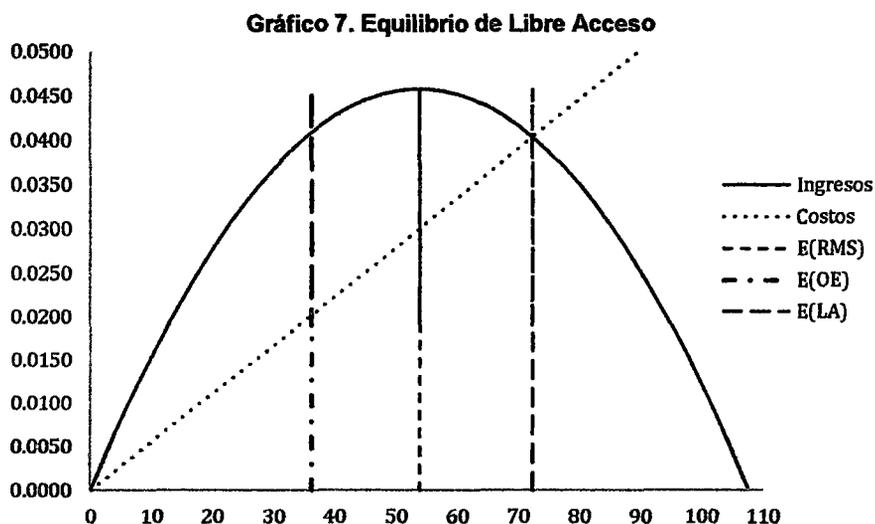
Tabla 15. Resultados de regresiones por efectos fijos y aleatorios para la función de beneficio pesquero: Robustez

| Variables independientes | C. de bodega | | | | | |
|--------------------------|---------------------|------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| | MCO (i) | Efectos Fijos MCO (ii) | Arellano - Bond MGM (iii) | Blundell - Bond MGM (iv) | Blundell - Bond MGM (v) | Blundell - Bond MGM (vi) |
| Descarga $t-1$ | 1.690*** (0.316) | -0.762** (0.355) | -2.037*** (0.0225) | 1.990*** (0.402) | 1.707*** (0.494) | 1.853*** (0.518) |
| C. de bodega $t-1$ | -0.142 (0.167) | 0.575*** (0.162) | 0.922*** (0.0108) | -0.268 (0.240) | -0.131 (0.292) | -0.223 (0.301) |
| Observaciones: | 180 | 180 | 162 | 180 | 180 | 180 |
| R ² : | 0.820 | 0.947 | | | | |
| Prueba F: | 405.6 | 96.40 | | 615.1 | 335.0 | 191.8 |
| G. de libertad: | 2 | 28 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Sargan: | | | 14.98 [1.0000] | 102.0 [0.0000] | 123.0 [0.0000] | 132.4 [0.0000] |
| Test AR(1): | | | -2.1541 [0.0312] | -2.251 [0.024] | -2.243 [0.025] | -2.247 [0.025] |
| Test AR(2): | | | 1.6713 [0.0947] | 1.946 [0.052] | 1.932 [0.053] | 1.944 [0.052] |

Nota: En la columna (ii) se reporta la regresión de MCO por Efectos Fijos controlando tanto por efectos temporales como por puertos. En la columna (iii) se muestra el estimador de Arellano - Bond en dos etapas. De la columna (iv) a (vi) se muestra el estimador de Blundell - Bond, donde se permite la distinción de instrumentos endógenos y estrictamente exógeno, tomándose como instrumento endógeno en estas columnas al segundo rezago de la Capacidad de Bodega, haciendo la distinción para (iv) la utilización de dummies temporales como instrumentos exógenos, para (v) dummies a nivel de puertos y para (vi) utilizando como instrumentos exógenos dummies tanto temporales como a nivel de puertos. Entre paréntesis se reportan los errores estándar robustos. Entre corchetes, los p-values.

4.4 Análisis gráfico

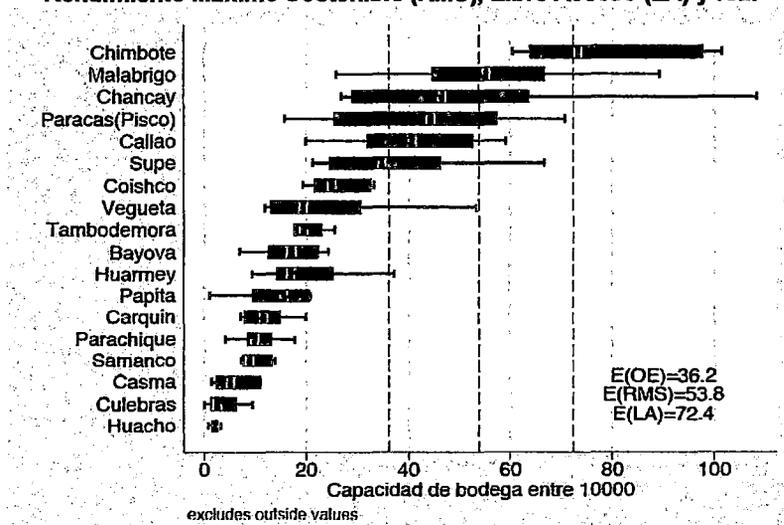
En el siguiente gráfico se analizan las implicancias de los parámetros obtenidos para una pesquería descrita por el modelo de Gordon – Schaefer (1954). Se puede observar que para el periodo bajo análisis la pesquería de anchoveta se asemeja mucho a una pesquería que carece barreras de entrada, es decir, una pesquería de libre acceso. Es importante hacer un símil con la Figura 4, donde solo se muestra la curva de beneficios económicos y la recta de los costos en los que se incurren por tonelada de esfuerzo pesquero en el mar, adicionalmente, en el Gráfico 7 se muestran los valores del (i) Esfuerzo de Pesca del Rendimiento Máximo Sostenible $E(RMS)$, el cual señala el valor del esfuerzo pesquero que garantiza perpetuidad a la especie; del (ii) Esfuerzo de Pesca Óptimo Económico $E(OE)$, valor que maximiza el beneficio económico de la pesquería descrita y finalmente, (iii) el valor del Esfuerzo Pesquero de Libre Acceso $E(LA)$, que en el caso de una pesquería no regulada es naturalmente mucho mayor que los otros dos valores mostrados.



Cabe señalar que las unidades mostradas en los gráficos de esta sección se encuentran ajustadas a escala con respecto a lo observado. Si se desea analizar, por ejemplo, el esfuerzo de Libre Acceso a nivel nacional anual, se tendría que multiplicar el valor en el gráfico por 10 000, valor por el cual fueron divididas todas las variables para poder analizar de mejor manera las regresiones, luego se debe multiplicar el valor resultante por 2 ya que representa las temporadas de pesca al año y finalmente, por 18 que es el número de puertos de la costa norte centro.

En el Gráfico 8 se puede apreciar que todos los puertos tienen niveles de esfuerzo de pesca distintos. Esta situación evidencia que existen diferencias marcadas en la eficiencia y en las ganancias económicas entre los puertos. Una explicación a este fenómeno la ofrece Chávez *et al* (2008), al señalar que en la costa peruana existen cinco centros de afloramiento, es decir, donde existen tales condiciones que permiten una mayor abundancia de la biomasa de anchoveta, estos puntos son: Pimentel, Chimbote, Callao, San Juan y Atico, los cuales precisamente coinciden con la ubicación de los puertos que mayores esfuerzos de pesca tienen. Esta situación llevaría a analizar la costa Norte-Centro en dos grandes grupos diferenciados por el nivel de esfuerzo de pesca y sus implicancias económicas, lo cual será materia de análisis de la siguiente sección.

Gráfico 8. Evolución del Esfuerzo de Pesca Óptimo Económico (OE), Rendimiento Máximo Sostenible (RMS), Libre Acceso (LA) y real



Fuente: elaboración propia

Los siguientes gráficos resumen los resultados de la utilización del modelo de Smith (1968). El Gráfico 9 muestra la evolución en el tiempo de los valores de la biomasa y esfuerzo pesquero de mantenerse las condiciones actuales de la pesquería de la anchoveta. Existe un acelerado crecimiento del esfuerzo pesquero acompañado de una merma considerable de la biomasa en las primeras temporadas de pesca predichas. Asimismo, el Gráfico 10 muestra la convergencia entre el esfuerzo pesquero y la biomasa de anchoveta, es posible ver que existe un equilibrio con niveles relativamente bajos de biomasa en comparación del esfuerzo pesquero.

Gráfico 9. Evolución de la biomasa y el esfuerzo de pesca en el tiempo

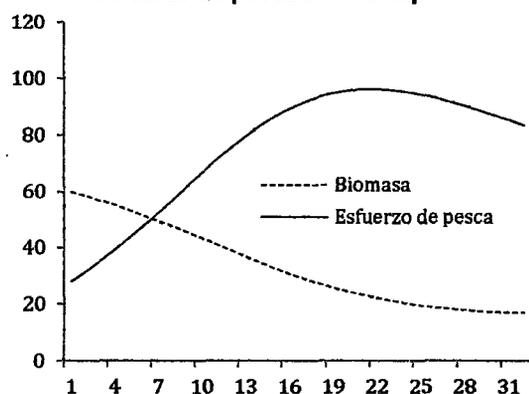
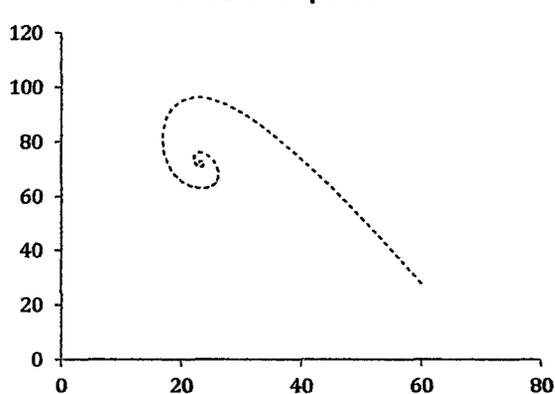


Gráfico 10. Convergencia entre la biomasa y el esfuerzo de pesca



Lo mostrado en los gráficos anteriores es reforzado con lo que se muestra en el Gráfico 11 y el Gráfico 12, donde se aprecia que existe una convergencia a un valor de 23.2 unidades de biomasa y alrededor de 72.3 unidades de esfuerzo pesquero, respectivamente. De seguir la situación actual, se aprecia una disminución considerable de la biomasa y un incremento del esfuerzo de pesca.

Gráfico 11. Evolución de la biomasa en el tiempo

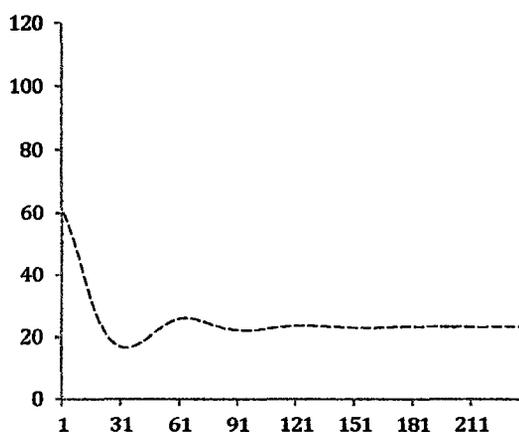
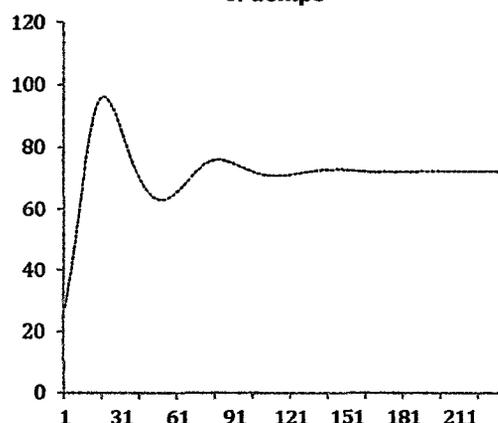


Gráfico 12. Evolución del esfuerzo de pesca en el tiempo



Es importante mencionar que el valor de equilibrio de la biomasa de anchoveta se encuentra muy por debajo de la capacidad de carga del medio ambiente estimada, valor que bordea las 70 unidades. Esta situación valdría la pena compararla con estimaciones biológicas del stock de anchoveta que debería existir en el mar peruano en distintos escenarios (con presencia de cambio climático, por ejemplo), teniendo en cuenta que las 23.2 unidades equivaldrían a un aproximado de 8.4 millones de toneladas de anchoveta anuales en la costa Norte-Centro del país como valor de convergencia en el largo plazo.

4.5 Análisis costo beneficio

Los resultados de un análisis costo beneficio de la industria anchovetera peruana deben ser tomados, en cualquier caso, como valores referenciales. Ello se debe principalmente a la discreción que tienen las empresas pesqueras sobre la información de ingresos y costos que brindan, pues trabajar bajo el supuesto de una uniformidad en los costos o que estos dependen de una tipología de la flota pueden tener implicancias económicas y políticas de gran envergadura si no se toma en cuenta el contexto y las suposiciones que se tuvieron al llevar a cabo tales estimaciones.

De otro lado, este análisis resulta de gran importancia puesto que, puede dar una idea de la situación actual y dimensionar la magnitud de las ganancias o pérdidas que produce el sector. Trabajos anteriores como el de Paredes y Gutiérrez (2008) logran hacer una muy detallada aproximación la situación económica de la industria de la anchoveta peruana, hallando que se incurren en pérdidas económicas por el sobredimensionamiento de la flota pesquera, especialmente en periodos de auge de la misma. Esta sección del trabajo, aunque sin tal nivel de profundidad, utilizará los elementos descritos hasta el momento para llevar a cabo un análisis de similar naturaleza.

Se analiza la situación económica de la pesquería de la anchoveta en la costa Norte-Centro del Perú en tres escenarios: (i) un escenario en la cual se trabajará con los promedios de esfuerzo de pesca de todos los puertos

involucrados, (ii) un escenario en el cual se hará una diferenciación entre los dos grandes grupos de puertos analizados en la sección anterior, considerando lo señalado por Chávez *et al* (2008) y (iii) un escenario en el cual se consideran valores que caracterizan las temporadas con mayores esfuerzos de pesca, tal como señalan Fréon *et al* (2008) y Paredes y Gutiérrez (2008), que son en los que en mayores pérdidas económicas incurre el sector.

Para ello, se debe de tener en cuenta una serie de supuestos sobre los datos utilizados. En primer lugar, hay que considerar que la estimación de los costos se realizó sobre la base del supuesto que existen cuatro tipos de embarcaciones pesqueras, así mismo, se tuvo en cuenta una gran variedad de costos en los que se incurrían al poner una unidad de esfuerzo pesquero en alta mar, todo esto descrito en la sección de 3.3.2. En segundo lugar, el precio de la tonelada de anchoveta, pago por la captura de una unidad de biomasa, es tomada como un valor estático en todo el periodo analizado. Finalmente, las estimaciones se hicieron teniendo en cuenta los valores de largo plazo que predice el modelo de Gordon – Schaefer (1954).

- i. En el primer escenario, el esfuerzo de pesca promedio para el periodo y dimensión analizada es de 28.2 unidades, lo cual indica que es necesario incrementar el esfuerzo de pesca hasta alcanzar un valor promedio que se encuentre alrededor de las 36.2 unidades, valor del esfuerzo de pesca óptimo económico. Es importante indicar que en este escenario se tiene supuestos poco realistas como, la no influencia de la distribución de la flota pesquera sobre las capacidades que tienen para explotar los recursos los distintos puertos de la costa Norte-Centro y los centros de afloramiento, esto llevaría a conclusiones erróneas acerca de la verdadera situación.
- ii. En un segundo escenario, es posible hacer una diferenciación entre dos tipos de puerto: (a) aquellos puertos que se encuentran en las proximidades de los centros de afloramiento, los cuales son: Vegueta, Coishco, Supe, Pisco, Callao, Chancay, Malabrigo y Chimbote; (b) el resto de puertos, los cuales son: Huacho, Culebras, Casma, Samanco, Parachique, Carquin, Paita, Tambo de Mora, Bayovar y Huarney. En ambos casos se encuentran ordenados de menor a mayor esfuerzo de pesca²⁷.

Teniendo en cuenta esta consideración y los resultados arrojados por el modelo, el grupo (a) de puertos tuvieron un ingreso neto económico anual promedio de US\$ 38.1 mill. en el periodo analizado y los del grupo (b) US\$112.7 mill. los que hacen un total aproximado de US\$ 150.8 mill. Comparado esto con los beneficios que obtendría el grupo (a) de aplicar un esfuerzo de pesca en el nivel de óptimo económico, dado que para este grupo existe evidencia de un sobredimensionamiento de la flota pesquera y siendo el único grupo de puertos sobre el cual se podría efectuar una política de reducción del

²⁷Un dato que respalda lo señalado por Chávez *et al* (2008) es que el primer grupo de puertos concentra el 75% del promedio de esfuerzo de pesca en el periodo analizado.

mismo, los beneficios económicos podrían ascender a un total del US\$ 151.1 mill., lo que representaría un incremento promedio del 0.2% en los beneficios de aplicarse una reducción del esfuerzo de pesca de poco más del 30%.

- iii. En un tercer escenario, similar al que se viene debatiendo en la actual literatura que señala un sobredimensionamiento de la flota pesquera, se mantendrán los supuestos para el grupo (b), asumiendo que el grupo (a) aplica un esfuerzo de pesca de 105 unidades en promedio, situación que se presentó más de una vez en el periodo analizado. Así, los beneficios económicos netos ascenderían a US\$ 5.9 mill., cifra que comparada con una situación en el óptimo económico (US\$ 151.1) ocasionaría una pérdida de US\$ 145.2 mill., ello vendría a ser una aproximado de lo que pierde la industria pesquera en los periodos de exceso de esfuerzo de pesca, lo cual equivaldría a una pérdida mayor al 40% del PBI pesquero del año 2011²⁸, que ascendió a un aproximado de US\$ 360.00 mill.

Si bien es cierto, a pesar de la existencia de otros escenarios adicionalmente a los presentados, el análisis y resultados propuestos son un resumen que considera aspectos críticos suficientes como para ser tomado en consideración sobre lo que realmente sucede en la realidad de la pesquería de la anchoveta.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La utilización de los modelos bioeconómicos viene cobrando mayor relevancia en los últimos años, en especial con el propósito de encontrar herramientas de rápida y sencilla implementación para la toma de decisiones, con resultados potentes que puedan diagnosticar la situación de la explotación de un determinado recurso biológico. Sin embargo, tal como señala Smith (2008), es necesario tomar con cuidado los resultados obtenidos a partir de estos modelos. Ello debido a que para la estimación de los parámetros estructurales de los modelos es necesario hacer muchos supuestos acerca del comportamiento de la especie estudiada y de la dinámica económica en que están inmersas las diversas empresas dedicadas a la explotación de un determinado recurso. La utilización de estos modelos requiere de un conocimiento práctico acerca del manejo de la especie con el fin de que los resultados sean respaldados por la intuición que hay detrás de ellos.

De otro lado, el principal aporte de este documento es que al utilizar un panel de datos, con las ventajas que este trae al análisis de la información, se pudo obtener de manera directa los parámetros estructurales sin recurrir a estimaciones de otras pesquerías o de la inclusión de otras variables que puedan afectar la estructura matemática de los modelos originales, tal como se señala en Amudsen *et al* (1995), Bjørndal y Conrad (1987), y Smith (2008).

²⁸Banco Central de Reserva del Perú. Estadísticas económicas.

CONCLUSIONES

En el presente trabajo se exploró la existencia de un equilibrio bioeconómico en la pesquería de la anchoveta peruana, es decir, la estabilidad en la confluencia entre la intervención del hombre y la explotación del recurso natural. Así, a partir de este trabajo se obtuvieron algunas conclusiones relevantes:

- i. Luego de la revisión literaria se pudo encontrar que este es uno de los primeros trabajos en utilizar un panel de datos para la estimación de los parámetros estructurales de los modelos de Gordon – Schaefer (1954) y Smith (1968). La utilización del panel permitió que se estime con mayor exactitud los valores predichos por la teoría y evitar la utilización de valores producto de otras investigaciones que no se ajustan del todo al caso particular de la pesquería de anchoveta en el Perú. Asimismo, se reemplazó la inclusión de variables exógenas al modelo que pudieran ser utilizadas como instrumentos para encontrar el verdadero efecto causal.
- ii. En cuanto a los datos analizados, todo indica que a mayor nivel de desagregación de los mismos mayor la exactitud de las estimaciones. La biomasa de anchoveta, una de las variables críticas en el estudio, debería de encontrarse a disposición de los investigadores con amplia especificidad, pudiendo ser cruzada con una temporalidad menor a la temporada de pesca y una espacialidad de acuerdo a coordenadas y dimensiones del cardumen.
- iii. Es importante recalcar que para contar con una mejor estimación de los costos del esfuerzo de pesca, existieron limitaciones debido a las restricciones de la información, las cuales se subsanaron con entrevistas a expertos en el tema, los cuales aportaron en la construcción de la estructura de costos presentada en este estudio.
- iv. Examinando los resultados gráficos de los modelos, se puede concluir que la biomasa proyectada convergería a niveles bajos en comparación a la capacidad máxima del medio ambiente y del esfuerzo de pesca de largo plazo. De otro lado, es importante llevar a cabo una comparación entre los resultados de este estudio con otros donde se estime un stock de biomasa que no altere el ecosistema bajo condiciones normales y de cambio climático, con el propósito de establecer cuotas más adecuadas de captura.
- v. Al igual que la mayor parte de la literatura revisada, se encontró que existe un sobredimensionamiento de la flota pesquera de la anchoveta, hecho que sale a luz, especialmente en los puertos que se encuentran en las proximidades de los puntos de afloramiento que señala Chávez *et al* (2008).
- vi. Finalmente, se comprobó la hipótesis de que existen pérdidas económicas en aquellos periodos donde el esfuerzo de pesca triplica o cuadruplica el promedio de esfuerzo de pesca de un puerto por temporada.

RECOMENDACIONES

- i. Se requiere que las instituciones competentes pongan a disposición la mayor cantidad de información para lograr elaborar estudios al detalle y de precisión. En esta tarea, el Instituto del Mar del Perú y el Ministerio de la Producción cumplen un rol primordial, siendo las entidades a cargo del diseño de políticas para el manejo sostenible del recurso.
- ii. En segundo lugar, urge una política de reordenamiento pesquero, la cual debe estar principalmente enfocada en la reducción del número de embarcaciones que pescan anchoveta, especialmente en las cercanías de los puntos de afloramiento. Según las estimaciones, es posible considerar una reducción en la flota pesquera que se encuentre entre el 30% y 40% en condiciones normales y entre el 50% y 70% en periodos de auge pesquero, lo cual elevaría la competitividad del sector y, a pesar de un decremento en los ingresos de los involucrados en la actividad, un incremento del bienestar social en su conjunto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amundsen, Eirik S., Trond Bjørndal, and Jon M. Conrad (1995), "Open access harvesting of the north east atlantic mink whale". *Environmental and Resource Economics*, 6:2 (September), 167-185.

Anderson L. and J. C. Seijo (2010), "Bioeconomics of fisheries management". Wiley – Blackwell. ISBN 978-0-8138-1732-3.

Arellano, Manuel (2003), "Panel Data Econometrics". *Advanced Texts in Econometrics*. Oxford University Press.

Baltagi, B. (2005), "Econometric Analysis of Panel Data". Third Edition. John Wiley and Sons, Ltd.

Banco Central de Reserva del Perú, Memoria 2011.

Bjørndal, T. y J. M. Conrad (1987), "The dynamic of an open access fishery". *Can. J. Econ.* XX (1): 74-85.

Brochier T., C. Lett, J. Tam, P. Fréon, F. Colas y Ayón, P. (2008), "An individual-based model study of anchovy early life history in the northern Humboldt Current system". *Progress in Oceanography*, 79 (2-4): 313-325.

Bromley, W.D. (1991), "Testing for common versus private property: comment". *J. Environ. Econ. Manag.* 21: 92-96.

Universidad Peruana Cayetano Heredia - UPCH, (2011), "La Pesquería Peruana de la Anchoqueta: Evaluación de los sistemas de gestión pesquera en el marco de la certificación a cargo del Marine Stewardship Council". Serie de documentos de trabajo del Centro para la Sostenibilidad Ambiental de la UPCH N° 1.

Chávez, F., *et al* (2008), "The northern Humboldt Current System: Brief history, present status and a view towards the future". *Progress in Oceanography*, 79: 95-105.

Clark, Collin (1979), "Mathematical Models in the Economics of Renewable Resources". *SIAM Review*, Vol. 21, No. 1, pp. 81-99.

Clark, Collin (1982), "Concentration profiles and the production and management of marine fisheries". En: Eichlorn, W. (ed.), *Economic Theory of Natural Resources*. Physica-Verlag, Publ. (Wurzburg-Wien): 97-112.

Conrad, J. (2004), "Resource Economics". Cambridge University Press. ISBN 0-511-04023-7.

Corbera, José (2003), "Optimización bioeconómica de la explotación de la anchoqueta en el mar peruano". Tesis para optar el grado de Master en

Economía del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales en la Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia.

Cury, P., et al (2001), "The functioning of marine ecosystems". Institut de Recherche pour le Développement y Marine & Coastal Management, South Africa.

Dahlman, Carl J. (1979), "The Problem of Externality". Journal of Law and Economics 21 (2): 141–162. ISSN 00222186.

Dankhe, G. L. (1986), "Investigación y comunicación", en C. Fernández – Collado y G. L. Dankhe (Eds): "La comunicación humana: ciencia social", McGraw – Hill, México, pp. 385 – 454.

Fogarty, M.J. (1995), "Chaos, Complexity and Community Management of Fisheries: An Appraisal". Marine Policy 19:437–44.

Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO (2010), "The state of World fisheries and aquaculture 2010". Sales and marketing group, Office of Knowledge Exchange, Research Extension. ISBN 978-92-5-106675-1.

Fréon, P., Bouchon, M., Mullon, C., García, C. and Ñiquen, C. (2008), "Interdecadal variability of anchoveta abundance and overcapacity of the fishery in Peru". Progress in Oceanography, 79: 401-412.

Geen, G. y M. Nayar (1988), "Individual transferable quotas in the Southern blue fin tuna fishery: an economic appraisal". Mar. Res. Econ. 5: 365-387.

González, E. (1998), "Una clase de modelos bioeconómicos continuos". Invest. Mar., Valparaíso, 26: 109-117, 1998. Instituto de Matemáticas, Universidad Católica de Valparaíso.

González, E. y J. Mena (1994), "Análisis cualitativo de un modelo de pesquerías de acceso abierto". Invest. Mar., Valparaíso, 22: 3-11. Instituto de Matemáticas Universidad Católica de Valparaíso.

Gordon, H.(1953), "An economic approach to the optimum utilization of fishery resources". J. Fish. Res. Bd. Can., 10: 442 – 457.

Gordon, H. (1954), "The economic theory of a common property: The fishery". J. Political Econ., 62(2): 124 – 142.

Jeannot, F. (2000), "De las fallas de mercado a las fallas de las organizaciones". Revista de análisis económico. Universidad Autónoma Metropolitana – Azcopotzalco, México.

Kara, T. K. and K. Chakraborty (2010), "Bioeconomic modeling of a prey predator system using differential algebraic equations". International Journal of Engineering, Science and Technology Vol. 2, No. 1, 2010, pp. 13-34. Marine Reserves. Natural Resource Modeling 17:273–98.

May R M. (1973), "Stability and complexity in model ecosystems". Princeton. NJ: Princeton University Press, 235 p.

Muck. P. (1989), "Major trends in the pelagic ecosystem off Peru and the implications for management". p. 386- 403. En: D. Pauly, P. Muck, J. Mendo and I. Tsukayama (eds). The Peruvian Upwelling Ecosystem: Dynamics and Interactions. ICLARM Conference Proceedings 18.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO (1992), "La Ordenación y Planificación Pesquera y la Reactivación del Sector Pesquero en el Perú", Informe preparado para el Gobierno de la República del Perú, Programa de Asesoramiento en Ordenación y Legislación Pesquera, Gobierno de Noruega.

Palomares, Carlos (2005), "La optimización de la explotación pesquera de anchoveta en el Perú, en presencia del Fenómeno de El Niño (ENSO)". Tesis para optar el grado de Master en Economía del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales en la Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia.

Paredes, C. y M. Gutiérrez (2008), "La industria anchovetera peruana: costos y beneficios. Un análisis de su evolución reciente y de los retos para el futuro". Instituto del Perú. Universidad San Martín de Porres. Documento no publicado.

Randall, A. (1981), "Resource Economics: An Economic Approach to Natural Resource and Environmental Policy". Grid Publishing Inc., Columbus, Ohio.

Reed, W. J. (1979), "Optimal Escapement Levels in Stochastic and Deterministic Harvesting Models," *Journal of Environmental Economics and Management*, 6:350-363, 1979.

Schaefer, M. B. (1954), "Some aspects of the dynamics of population important to the management of the commercial marine fisheries". *Bull. Inter-Am. Trop. Tuna Comm.* 1 (2): 27-56. Reprinted in *Bull. Math. Biol.* 53, (1/2): 253 - 279. 1991.

Seijo, J.C. (1993), "Individual transferable grounds in a community managed artisanal fishery". *Mar. Res. Econ.* 8: 78-81.

Seijo, J. C. et al (1997), "Bioeconomía pesquera. Teoría, modelación y manejo". FAO Documento Técnico de Pesca 368. ISBN 92-5-304045-9.

Schelling, T. C. (1978), "Micromotives and Macrobehavior". W.W. Norton & Company, New York.

Schmid, A. A. (1987), "Property, Power and Public Choice". 2 ed. Praeger, New York.

Smith, M. D. (2002), "Two Econometric Approaches for Predicting the Spatial Behavior of Renewable Resource Harvesters". *Land Economics* 78(4):522-38.

Smith, M. D. (2004), "Fishing Yield, Curvature and Spatial Behavior: Implications for Modeling". *Natural Resource Modeling*. Volume 17, Number 2, Summer 2004.

Smith, M. D. (2008), "Bioeconometrics: Empirical Modeling of Bioeconomic Systems". *Marine Resource Economics* 23: 1-23.

Smith, M. D. and J.E. Wilen (2004), "Marine Reserves with Endogenous Ports: Empirical Bioeconomics of the California Sea Urchin Fishery". *Marine Resource Economics* 19:85–112.

Smith, M.D., J. Zhang, and F.C. Coleman. (2008), "Econometric Modeling of Fisheries with Complex Life Histories: Avoiding Biological Management Failures". Forthcoming, *Journal of Environmental Economics and Management*. doi:10.1016/j.jeem.2007.11.003.

Smith, V.L. (1968), "Economics of production from natural resources". *American Economic Review* 58, 409—31.

Sueiro, J. (2008), "La actividad pesquera peruana: Características y retos para su sostenibilidad". COOPERACION, Acción Solidaria para el Desarrollo.

Varian, Hall (2006), "Microeconomía Intermedia: un enfoque actual". Séptima Edición. Antoni Bosch Editor.

Wooldridge, J. (2002), "Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data". The MIT Press, Cambridge, Massachusetts. London, England.

ANEXO I: MATRIZ DE CONCRECIÓN Y DE CONSISTENCIA

Matriz de concreción

| Objetivos específicos | Tareas | Preguntas | Métodos |
|--|---|---|--|
| 1. Describir y analizar las estadísticas pesqueras y la base de datos disponibles con el propósito de elaborar un diagnóstico situacional de la última década. | 1. Llevar a cabo un análisis descriptivo de la información disponible relacionada al sector de la pesca de la anchoveta peruana en la última década. | 1. ¿Cuál es la evolución y la situación actual de la extracción de anchoveta en la costa norte centro del litoral peruano? | 1. Método estadístico, necesario para la utilización de indicadores y herramientas de medición de las principales características de la actividad pesquera anchovetera en el litoral norte centro peruano en la última década. |
| 2. Identificar, analizar y comparar la estructura formal matemática de los modelos bioeconómicos de Gordon - Schaefer (1954) y Smith (1968); evaluando la pertinencia de su aplicación en la realidad. | 2. Analizar la estructura lógica y la aplicación de los modelos de Gordon - Schaefer (1954) y Smith (1968) aplicados al análisis de corto y largo plazo, respectivamente, de la pesquería de la anchoveta en el periodo 2004 - 2009 en la costa norte centro del litoral peruano. | 2. ¿Cuáles son las principales relaciones y variables que se deben de analizar para encontrar un equilibrio bioeconómico en la pesquería de anchoveta en la costa norte centro del litoral peruano en el corto y largo plazo? | 2. Método matemático, al analizar la estructura, consistencia lógica y limitaciones de los modelos de Gordon - Schaefer y de Smith (1968) aplicados a la realidad analizada. |
| 3. Identificar y estimar económicamente las ecuaciones de los modelos bioeconómicos de Gordon - Schaefer (1954) y Smith (1968) con datos de la costa norte centro del litoral peruano en el periodo 2004 - 2009. | 3. Identificar y estimar las ecuaciones provenientes del análisis matemático de los modelos de Gordon - Schaefer (1954) y Smith (1968) y encontrar los valores óptimos para garantizar un equilibrio bioeconómico en la pesquería de la anchoveta en el litoral norte centro peruano en el corto y largo plazo. | 3. ¿Cuáles son los valores que garantizan un equilibrio bioeconómico de corto y largo plazo en la pesquería de anchoveta en el litoral norte centro peruano? | 3. Método econométrico, para la utilización de las diversas técnicas que permitan la estimación de los valores de equilibrio bioeconómico con la información disponible. |

Matriz de consistencia

| Problema | Objetivos | Hipótesis | Variables generales | Variables específicas | Indicadores | Instrumento |
|---|---|--|-----------------------------|---|--|--|
| | <p>General Estimar los valores óptimos de explotación de corto y largo plazo que permitan un equilibrio bioeconómico en la pesquería de la anchoveta en la costa norte centro del litoral peruano.</p> | | Extracción de biomasa | Extracción de anchoveta | TM extraídas de anchoveta en puerto de desembarque | |
| | | | Biomasa | Biomasa de anchoveta | Biomasa de anchoveta en TM próxima al puerto de desembarque | |
| ¿Cuáles son los valores óptimos de explotación de la anchoveta peruana en el litoral peruano norte - centro en el horizonte temporal 2004 - 2009, que mantengan un equilibrio bioeconómico en el corto y largo plazo? | <p>Específico 1 Describir y analizar las estadísticas pesqueras y la base de datos disponibles con el propósito de elaborar un diagnóstico de la situación en la última década.</p> <p>Específico 2 Analizar la estructura matemática y la viabilidad de la aplicación de los modelos bioeconómicos de Gordon - Schaefer (1954) y Smith (1968) de su aplicación en la realidad analizada.</p> | Los niveles de extracción de anchoveta y de esfuerzo de pesca en el litoral peruano norte-centro en el periodo 2004 - 2009 no se encuentran en equilibrio ni garantizan un equilibrio bioeconómico de corto y largo plazo. | Esfuerzo de pesca | Capacidad de bodega | Capacidad de bodega en TM de la embarcación anchovetera | Guía de entrevista para la recolección de información cuantitativa y cualitativa provista por personas e instituciones especialistas en el tema. |
| | | | Costo por esfuerzo de pesca | Costo por unidad de capacidad de bodega en alta mar | Costo en dólares por TM de capacidad de bodega puesta en alta mar, incluyendo víveres, repuestos, personal, etc. | |
| | | | Precio del recurso | Precio de anchoveta en puerto de desembarque | Precio de la anchoveta fresca en puerto de desembarque | |
| | <p>Específico 3 Identificar y estimar econométricamente las ecuaciones de los modelos bioeconómicos de Gordon - Schaefer (1954) y Smith (1968) con datos de la costa norte centro del litoral peruano en el periodo 2004 - 2009.</p> | | | | | |

ANEXO II: TABLAS ESTADÍSTICAS

Tabla 16: Desembarque total peruano de recursos hidrobiológicos según Utilización, 1999 – 2010*
(Miles de TM)

| Tipo de Utilización | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010* |
|-----------------------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Total | 8,431.0 | 10,660.7 | 7,994.5 | 8,774.5 | 6,097.5 | 9,618.5 | 9,400.3 | 7,027.7 | 7,230.7 | 7,423.3 | 6,935.0 | 3,974.0 |
| 1. Consumo Humano Directo | 643.1 | 748.2 | 786.5 | 617.7 | 750.5 | 807.9 | 771.6 | 1,132.2 | 1,144.7 | 1,256.8 | 1,104.2 | 800.6 |
| 1.1 Enlatado | 205.3 | 223.0 | 174.9 | 60.2 | 168.1 | 82.9 | 89.4 | 233.4 | 182.5 | 200.4 | 162.4 | 106.0 |
| 1.2 Congelado 1/ | 113.8 | 140.9 | 199.3 | 184.6 | 184.9 | 307.7 | 322.4 | 481.5 | 537.6 | 648.1 | 529.3 | 382.5 |
| 1.3 Curado 1/ | 51.2 | 51.4 | 54.5 | 48.5 | 49.1 | 50.0 | 48.1 | 42.7 | 42.4 | 44.0 | 38.6 | 32.5 |
| 1.4 Fresco 1,2/ | 272.8 | 332.9 | 357.8 | 324.4 | 348.4 | 367.3 | 311.7 | 374.6 | 382.2 | 364.4 | 373.9 | 279.6 |
| 2. Consumo Humano Indirecto | 7,787.9 | 9,912.5 | 7,208.0 | 8,156.8 | 5,347.0 | 8,810.6 | 8,628.7 | 5,895.5 | 6,086.0 | 6,166.5 | 5,830.8 | 3,173.4 |
| 2.1 Anchoveta | 6,732.0 | 9,555.6 | 6,347.6 | 8,082.9 | 5,335.5 | 8,797.1 | 8,628.4 | 5,891.8 | 6,084.7 | 6,159.4 | 5,828.6 | 3,173.4 |
| 2.2 Otras Especies | 1,055.9 | 356.8 | 860.4 | 73.9 | 11.5 | 13.5 | 0.3 | 3.7 | 1.3 | 7.1 | 2.2 | - |

1/ Incluye lo procedente del ámbito continental

2/ Cifra corregida respecto al recurso trucha proveniente de la actividad acuícola del período 2000-01

*Datos de enero a noviembre

Fuente : PRODUCE (2011)

Tabla 17: Producción de recursos hidrobiológicos peruanos según giro industrial, 1999 – 2010*
(Miles de TM)

| Giro Industrial | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010* |
|-----------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Total | 2,419.6 | 2,990.3 | 2,129.9 | 2,171.0 | 1,644.7 | 2,534.2 | 2,444.3 | 1,979.0 | 2,082.1 | 2,145.9 | 1,997.9 | 1,179.5 |
| 1. Consumo Humano Directo | 135.3 | 161.5 | 191.6 | 142.8 | 214.1 | 213.0 | 223.2 | 356.8 | 373.2 | 438.2 | 361.8 | 266.6 |
| 1.1 Enlatado | 63.6 | 77.2 | 81.6 | 35.3 | 91.6 | 45.4 | 55.5 | 107.4 | 84.1 | 105.2 | 89.1 | 58.4 |
| 1.2 Congelado 1/ | 48.7 | 63.2 | 83.6 | 86.0 | 99.8 | 144.1 | 145.6 | 228.4 | 269.9 | 313.3 | 255.6 | 194.1 |
| 1.3 Curado 1/ | 23.0 | 21.1 | 26.4 | 21.5 | 22.7 | 23.5 | 22.1 | 21.0 | 19.2 | 19.7 | 17.1 | 14.1 |
| 2. Consumo Humano Indirecto | 2,284.3 | 2,828.8 | 1,938.3 | 2,028.2 | 1,430.6 | 2,321.2 | 2,221.1 | 1,622.2 | 1,708.9 | 1,707.7 | 1,636.1 | 912.9 |
| Harina | 1,769.5 | 2,241.5 | 1,635.4 | 1,839.2 | 1,224.5 | 1,971.4 | 1,930.7 | 1,342.4 | 1,399.1 | 1,414.7 | 1,348.5 | 745.8 |
| Aceite Crudo | 514.8 | 587.3 | 302.9 | 188.9 | 206.1 | 349.8 | 290.4 | 279.8 | 309.8 | 293.0 | 287.6 | 167.1 |

1/ Incluye datos de pesca continental

*Datos de enero a noviembre

Fuente: PRODUCE (2011)

Tabla 18: Valor FOB de las exportaciones de productos pesqueros peruanos, 1999 – 2010*
(Millones de US\$)

| Producto | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010* |
|-----------------------------|--------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Total | 792.9 | 1,131.6 | 1,124.0 | 1,055.7 | 1,027.1 | 1,381.3 | 1,626.4 | 1,769.0 | 1,958.4 | 2,432.4 | 2,204.6 | 2,436.7 |
| 1. Consumo Humano Directo | 181.7 | 165.8 | 179.2 | 147.4 | 191.1 | 259.1 | 307.8 | 411.4 | 466.5 | 580.3 | 495.6 | 593.7 |
| 1.1 Enlatado | 42.8 | 44.2 | 43.2 | 25.4 | 36.0 | 35.8 | 31.5 | 69.6 | 75.4 | 91.1 | 63.7 | 45.0 |
| 1.2 Congelado | 134.8 | 114.3 | 129.3 | 116.7 | 148.3 | 217.0 | 267.0 | 330.2 | 375.5 | 473.6 | 410.7 | 525.5 |
| 1.3 Curado | 4.1 | 7.4 | 6.7 | 5.3 | 6.8 | 6.3 | 9.3 | 11.6 | 15.6 | 15.6 | 21.2 | 23.2 |
| 2. Consumo Humano Indirecto | 602.0 | 954.6 | 926.5 | 891.1 | 822.5 | 1,103.6 | 1,295.2 | 1,334.3 | 1,457.3 | 1,797.8 | 1,634.9 | 1,766.2 |
| 2.1 Harina | 533.7 | 874.0 | 835.4 | 821.7 | 742.4 | 955.8 | 1,148.1 | 1,138.0 | 1,209.4 | 1,412.8 | 1,425.4 | 1,543.8 |
| 2.2 Aceite | 68.3 | 80.6 | 91.1 | 69.4 | 80.1 | 147.8 | 147.1 | 183.0 | 225.9 | 330.5 | 209.5 | 222.4 |
| 2.3 Otros Aceites | - | - | - | - | - | - | - | 13.3 | 22.0 | 54.5 | - | - |
| 3. Otros | 9.2 | 11.2 | 18.3 | 17.2 | 13.5 | 18.6 | 23.4 | 23.3 | 34.6 | 54.3 | 74.1 | 76.8 |

*Datos de enero a noviembre

Fuente: PRODUCE (2011)

Tabla 19: Puertos de desembarque de la costa Norte – Centro del Perú

| Puerto | Departamento | Latitud Sur | Longitud Oeste |
|---------------|--------------|-------------|----------------|
| Paíta | Piura | 05° 05' 03" | 81° 06' 38" |
| Parachique | Piura | 05° 45' 36" | 80° 51' 44" |
| Bayovar | Piura | 05° 49' 55" | 81° 01' 30" |
| Malbrigo | La Libertad | 07° 42' 09" | 79° 26' 21" |
| Salaverry | La Libertad | 08° 14' 00" | 78° 58' 00" |
| Coishco | Ancash | 09° 01' 00" | 78° 38' 00" |
| Chimbote | Ancash | 09° 05' 00" | 78° 36' 00" |
| Samanco | Ancash | 09° 16' 00" | 78° 30' 00" |
| Casma | Ancash | 09° 28' 00" | 78° 19' 00" |
| Culebras | Ancash | 09° 57' 00" | 78° 13' 00" |
| Huarmey | Ancash | 10° 10' 02" | 78° 16' 55" |
| Supe | Lima | 10° 48' 00" | 77° 44' 00" |
| Carquin | Lima | 11° 06' 00" | 77° 36' 00" |
| Chancay | Lima | 11° 33' 35" | 77° 16' 16" |
| Huacho | Lima | 11° 12' 38" | 77° 59' 38" |
| Vegueta | Lima | 11° 01' 24" | 77° 38' 47" |
| Callao | Callao | 12° 04' 00" | 77° 09' 00" |
| Tambo de mora | Ica | 13° 28' 00" | 76° 12' 00" |

Fuente: Google Earth, coordenadas UTM WGS84. Nasa Goddard Space Flight Center, www.gsfc.nasa.gov