



# **Eficiencia Técnica de la Pesquería Mexicana de Atún: Una Aproximación Estocástica a su Frontera de Producción**



**TESIS**  
**Que para obtener el grado de**  
**DOCTOR EN CIENCIAS**

**PRESENTA**

**Homero Rafael Cabrera Muro**

**APROBADA POR:**

**DIRECTOR**

**CO-DIRECTOR**

---

**DR. DALE SQUIRES**

---

**DR. JOSÉ A. ZERTUCHE GONZÁLEZ**

**SINODALES:**

---

**Dr. Samuel F. Herrlck Jr.**

---

**Dr. Adán Mejía Trejo**

---

**Dr. Roberto Millán Nuñez**

## INDICE

Agradecimientos.....	ii
I. Resumen.....	1
II. Introducción.....	2
III. Antecedentes.....	3
IV. Resumen Sobre la Oceanografía del Atún en el Pacífico Tropical del Este.....	4
V. Información y Variables.....	5
VI. La Frontera Estocástica de Producción y la Hipótesis de Investigación.....	6
VII. Resultados Empíricos.....	7
VIII. Eficiencias Técnicas.....	8
IX. Efectos de Ineficiencia: Atún-Delfín y Específicos.....	10
X. Tecnología Productiva: Elasticidades y Retornos de Escala.....	11
XI. Resultados Observacionales Sobre Localidades Preferenciales de Pesca.....	12
XII. Conclusiones.....	13
Apendix 1.....	14
Apendix 2.....	15
Bibliografía.....	17

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a los Profesores Dr. Dale Squires, Dr. Samuel F. Herrick Jr., al Dr. José A. Zertuche y a los Profesores Dr Roberto Millán y Dr. Adán Mejia por otorgarme su confianza y oportunidad de exponerme a un reto académico interesante y productivo.

Cumplir con ese reto me llevo a disfrutar de la gentileza de los Profesores Dr. Rene Pinet, Dr. José Frez, Dr. Enrique Treviño, Dr. José Luis Ochoa, y otros muchos que como Guillermo Urbina, un gentil mago de la computadora, apoyaron mi trabajo. A todos ellos mi gratitud. Gracias también a mi familia quien con paciencia amorosa esperaron los mejores resultados.

Eficiencia Técnica en la Pesquería Mexicana del Atún:  
Una Aproximación Estocástica a su Frontera de Producción.

Resumen

Este estudio sobre el comportamiento productivo de la flota atunera Mexicana, provee una evaluación por Máxima Verosimilitud de su Tecnología Productiva. La función de producción Trascendental Logarítmica se revela como la mayor representación del proceso generativo de la información, esto es de la pesca del atún, en cuanto no impone a priori ninguna restricción innecesaria sobre el campo paramétrico de las propiedades físicas de esa función. Como esa relación funcional incorpora un mínimo de hipótesis estructurales, se usa alternativamente para probar en forma explícita, las hipótesis referenciales paramétricamente restringidas como las funciones de producción Cobb-Douglas y la de Elasticidad Constante de Substitución. También se provee de una evaluación del efecto de la política de atún-delfín, así como de otras variables específicas a cada nave, sobre la eficiencia técnica de los productores. Argumentablemente, esa política restringe la habilidad de los productores para inscribir su productividad física en la frontera estocástica de la “mejor práctica de pesca”, como fue bautizada por Herrick Jr. et. al., (1996). El signo y magnitud de los coeficientes de las variables: duración de lance, delfines liberados y pesca de atún en manchas, revelan que los productores han escogido pescar sobre agregaciones de individuos grandes y maduros concurrentes con agregaciones grandes de delfines, reduciendo así la ineficiencia y sobre uso de los factores de la producción. La pesca en manchas colabora también en el mismo sentido. Opuestamente a ello, el modo de producción o pesca sobre palos, aunque menos frecuente, revela propensión a la ineficiencia entre los productores. Los parámetros polinomiales para las variables específicas a las naves referentes a helicóptero y tamaño de la compañía, indican que favorecen la eficiencia. Entonces, el helicóptero abordo y la propiedad de varias naves pesqueras, tienden a favorecer la eficiencia de los productores. En promedio, los consorcios pesqueros, verticalmente integrados, de Mazatlán son más eficientes que las pequeñas firmas pesqueras radicadas en Ensenada. El efecto de puerto,

sin embargo, no es fuertemente diferente en la promoción de la eficiencia entre ambas flotas. El cambio de eficiencia técnica no es discernible a través del periodo de tiempo considerado, entonces, el cambio de esa variable no constituye una fuente de cambio en la productividad. La elasticidad parcial del capital es positiva, la correspondiente al trabajo resulto negativa. Los retornos de escala poco menos que uno, debido tal vez a la congestión de trabajo generado durante la pesca sobre manchas de atún concurrentes con grandes manadas de delfines. Las productividades marginales muestran comportamiento similar a las elasticidades parciales. Finalmente, los resultados observacionales sobre las localidades de pesca de los productores Mexicanos indican que preferencialmente pescan dentro de una banda de cinco grados alrededor de diez grados norte, donde los procesos de divergencia oceánica propician el enriquecimiento biológico de las aguas superficiales. Similarmente, esos resultados revelan preferencia espacial de pesca a lo largo de los 107 grados Este, frente a las costas occidentales de la península de Baja California, donde la divergencia costera favorece también el enriquecimiento biológico de sus aguas y la ocurrencia de pesquerías comerciales.

## I. Introducción

La pesquería Mexicana de atún aleta amarilla y barrilete (*tunas albacares*, *Katsuwonus pelamis*), se desarrolla esencialmente dentro de la región más oriental del Pacífico Tropical del Este (Hudgins L., 1987, Enríquez, R., 1988). Su desarrollo, fiscalmente apoyado, busca la promoción del empleo, el desarrollo regional y el incremento de exportaciones. Como ha sido reportado por Chairez A. J., (1998), esos objetivos iniciales fueron posteriormente disminuidos o parcialmente detenidos debido al interés ambientalista sobre la suerte de las poblaciones de delfines cuyos individuos son capturados conjuntamente con los tunidos por a flota atunera de México.

Actualmente esta pesquería es administrada de acuerdo a las evaluaciones del recurso anualmente hechas por la Comisión Interamericana del Atún Tropical CIAT, para todo el Pacífico Tropical del Este. Además la pesquería también es sujeta a la política ambientalista del Atún-Delfín, coaccionada sobre naves en exceso de las 400 toneladas de capacidad de acarreo, según es especificado por el Programa Nacional de Aprovechamiento de Atún y de Protección al Delfín (PNAAPD) Este programa se aplica cuando ocurren lances sobre delfines en esa región oceanográfica (Buris, J.E., 1992). Anualmente se reporta un estado saludable, no sobre explotado, del recurso atunero, así como un número creciente de delfines liberados y salvados por la flota atunera desde su adherencia en 1981, a esa política ambientalista. Sin embargo de ello, se han ignorado otros aspectos colaterales, de naturaleza estructural, que pueden haberse generado por la adopción de esa política. Cambios en el modo de producción o la substitución de factores regulados por no regulados tal que permita eludir o cumplir con esa regulación pueden ser dos efectos colaterales resultantes de tal adhesión, que ejemplifican un vector de tales posibles efectos sobre el comportamiento productivo de los productores. Notablemente, aun por su propia relevancia a los objetivos establecidos para esta pesquería, la mera posibilidad de disipación de renta asociada a ineficiencia productiva entre los productores inducida por la adopción de esa política, tampoco ha sido analizada. Aquellos sin embargo comúnmente argumentan que la adherencia a tal política los ha inhabilitado para producir a lo mas, esto es para maximizar su productividad, una noción que se puede

llamar informalmente eficiencia técnica. Otro aspecto estructural no obvio pero igualmente ignorado e importante son la inseparabilidad tecnológica, elasticidades de escala y sustitución, el cambio transiente en la tecnología de uso, y el comportamiento en la productividad marginal de esta. Kumbakar et al. , (2000), ha formalizado el reconocimiento de esos aspectos como fuentes posibles de cambio en la productividad de los productores. La investigación sobre esos aspectos es reciente y escasa en el ámbito de las pesquerías comerciales de origen marino, Kirkley et. al. (1995), Herrick et. al. , (1996), o Campbell et. al., (1997) e Inuma et. al., (1998), son algunos de esos pocos autores. Sherma et. al., (1999), ha comentado que tal escasez en estudios de frontera, como él los denomina, sobre las pesquerías mencionadas es atribuible a su complejidad inherente, aspecto previamente puntualizado por Kirkley et. al., (1995), y Herrick Jr. et. al., (1996). Sherma et. al., (1999), también ha mencionado que la escasez de información sobre producción, junto con la administración tradicional de las pesquerías, interesada mas en el recurso natural demandado y sus especies concurrentes, que en el comportamiento económico de los productores, son otros dos aspectos colaborantes en el mismo sentido. Sin embargo, en ese contexto Medfford (1986), argumenta la administración biológicamente sustentable de tales recursos, debe ser concurrente con una utilización tal que resulte eficiente en la aplicación de los factores relevantes a sus extracción. El autor mencionado también comenta que ambos aspectos, no excluyentes, deben de mezclarse de tal forma que se maximice la producción física y los beneficios sociales derivables del uso de tales recursos.

El interés central a esta investigación concierne a la explicación de los niveles de eficiencia técnica de los productores de atún, con relación a un vector de variables explicatorias propias a la regulación ambiental del atún-delfín, y a características específicas a las naves pesqueras consideradas. Los niveles numéricos de eficiencia técnica específica se obtienen en el espacio factible de la producción. Tal vector de variables alternativamente teoriza que las variables contenidas en tal política o efectos de ella, afectan la eficiencia técnica o habilidad de los productores para producir en su máximo, o frontera de la mejor practica de pesca, como ha sido cristianizado por Herrick Jr. et al., (1996), reduciendo entonces su productividad. Desde los escritos pioneros de Farrel (1957), hasta los trabajos mas recientes de Coelli et. al., (1999), y de Kumbhakar et

al., (2000), la eficiencia técnica ha sido definida, en un contexto de frontera de producción o de producción orientada, como la habilidad de los productores de inscribir su productividad dentro de una frontera máxima de producción, común a ellos. Esa frontera, bordea entonces por arriba su espacio posible de producción y sirve como un valor límite superior, referencial contra el cual se expresa la eficiencia técnica de los productores como una deficiencia en productividad relativa a ese máximo o frontera de producción. Las pesquerías comerciales de origen marino, son de naturaleza visiblemente compleja, como ha sido comentado por Kirkley et. al., (1995), debido a ello se adopta una aproximación estocástica en la frontera de producción con una componente constante expresada por una función de producción flexible, trascendental logarítmica generalizada, que añade para su estimación por máxima verosimilitud, un término de error compuesto. Una componente de ese error captura el ruido ambiental donde sucede la producción, y desde luego el propio a los datos. El segundo componente de ese error pretende contabilizar las deficiencias de productividad observables entre los productores, relativas al sobre estocástico de producción máxima o frontera estocástica de producción o frontera de la mejor practica de pesca, como antes quedo nominada.

El término ambiental, simétricamente distribuido, pretendidamente captura el clima oceanográfico del Pacífico Tropical del Este, como ha sido clásicamente descrito por Wyrtyk K., (1996). Particularmente el sobre estocástico formado por la simetría de este término ambos lados de la componente constante de la función de producción frontera, contendría la firma de los mecanismos físicos que propician el transporte vertical de nutrientes hacia la superficie, su enriquecimiento biológico y la ocurrencia posterior de las especies de atún, como ha sido ampliamente reportado por Rotchschild, B. J., (1974), y por Montgomery, D., (1985), entre otros. El segundo componente del término de error, es asimétricamente distribuido, es una variable estocástica no negativa  $u > 0$ , que pretende capturar las ineficiencias del comportamiento productivo de los productores. Si estos se inscriben dentro de aquella frontera común a ellos de la mejor practica de pesca, ese término toma valor cero, y los productores son por lo tanto completamente eficientes.

Siguiendo los trabajos mas recientes en la literatura sobre paneles de datos, secciones transversales transitorias, Coelli, et. al., (1999) o Kumbhakar, et. al., (2000), por ejemplo, los parámetros tecnológicos poblacionales del modelo estocástico de frontera de

eficiencia-ineficiencia, son obtenidos un mismo paso a partir de cantidades físicas, numéricas y nominales, utilizando Máxima Verosimilitud como estimador. Así, la frontera estimada no incorpora ninguna presunción de comportamiento económico en los productores, aparte desde luego del propósito simple de eludir el desperdicio de los factores de la producción, como es comentado por Battese, et. al., (1989). El algoritmo correspondiente al estimador usado ha sido implementado en el programa Frontera 4.1, de Coelli, T.J. (1996).

La hipótesis estructuralmente mantenida, anidada, en el modelo sobre la mera presencia los efectos de ineficiencia y sobre la naturaleza estocástica del termino de ineficiencia, son explícitamente validadas utilizando la Razón Generalizada de Verosimilitud. El procedimiento es extensivo hacia la distribución asumida en el termino de ineficiencia, así como a la existencia de los efectos de ineficiencia relacionales a la política atún-delfín, incluidos en el modelo alternativo no restringido. El mismo procedimiento se aplica para validar explícitamente la propiedad de la función trascendental logarítmica escogida como hipótesis alternativa para representar en forma flexible el proceso tecnológico de producción. Esta función es validada contra las funciones de producción referenciales, parametricamente restringidas, como la Cobb-Douglas y la función de Elasticidad Constante de Substitución, que tal vez pueden ofrecer una interpretación accesible del proceso generador de la información. Al probar la propiedad de la representación alternativamente propuesta, también se pretende investigar sobre la naturaleza de las propiedades físicas del proceso tecnológico-productivo en la pesca del atún. Un aspecto por cierto largamente ignorado.

La función trascendental logarítmica adoptada para modelar la frontera de producción, incorpora la posibilidad de cambio tecnológico transitorio,  $t$  es separable de otros factores, es desincorporado y no neutral. El conocimiento sobre la oceanografía del atún, así como la experiencia de pesca, han sido considerados por varios autores como dos factores mayores no económicos, ocurrientes en la pesca del atún, (Laur, M.R., 1985, Montgomery, D.1985, entre otros). El conocimiento ha sido tratado como una variable transitoria que induce desplazamiento en la función de producción (Heathfield, et al., 1987). Así, y complementariamente a la tecnología productiva propuesta, con sobre estocástico, también se analizan, a nivel del lance, los sitios geográficos de preferencia

pesquera, ( 8353 lances durante el periodo de 1992-95). Esto ultimo pretende observar si los sitios preferidos de pesca, escogidos por los productores para lanzar, son consistentes con lo que la teoría y la oceanografía observacional sobre este recurso, predicen o caracterizan como localidades donde podría esperarse agregaciones comerciales de atún. Esto ilustra el grado de experiencia y conocimiento sobre donde, cuando, porque y como pescar tuna, de los productores mexicanos. La fuente de datos fue gentilmente provista por el Programa de Aprovechamiento del Atún y Protección al Delfín, PAAPD, establecido en Ensenada B.C. México.

## II Antecedentes

La pesquería Mexicana del atún, que se desarrolla dentro del Pacifico Tropical del Este al oeste de las costas de México, se ha desarrollado como una actividad económica creciente de contenido diplomático y económico controversial con los Estados Unidos de América EUA., debido a la pesca concurrente de delfines y de los tunidos aleta amarilla y barrilete (*thunnus albacares*, *katsuwonus pelamis*), en esa región oceanográfica (Enriquez, R., 1988, Buris, J.E., 1992). México acepto adoptar y coaccionar la regulación ambiental Atún-Delfín, generando evidencia científica a través de la operación de sus naves pesqueras mayores a 400 toneladas cortas t.c., sobre la concurrencia de atún y delfín en las capturas. La adopción mencionada promueve la liberación de los delfines capturados a través de la marcha atrás y la restricción de lances a las horas de luz natural de manera que no se extiendan hacia las horas de poca luz en atardecer, entre otras restricciones de pesca (PNAAPD).

Actualmente, la flota atunera fluctúa alrededor de 50 naves, casi 60% menos que durante la década de 1980, y el número de delfines incidentalmente muertos en esta pesquería se ha reducido de cerca de 15 individuos por lance a .3 de ellos en el presente. Sin embargo, y aun cuando la pesquería se sujeta a las restricciones mencionadas, mientras que continua pescando en los mismos bancos de pesca, y embargada en sus mercados de exportación, EUA básicamente, se han hecho evidentes un vector de efectos laterales colaborantes con, o elusivos a tal política ambientalista. Primero, como ha sido reportad por el programa anterior, cuando se lanza sobre tunas concurrentes con delfines,

su liberación posterior, alegadamente incrementa la duración del lance y el flujo de trabajo aplicado. Además, también se comenta entre los productores que lances prolongados y recuperaciones lentas han reducido su habilidad para realizar varios lances por día de pesca hacia un mínimo de 1.3, reduciendo por ello, según argumentan, su productividad física. Como ha sido reportado también, relacionable con esa política es el cambio de modo de pesca o modo de producción, de lanzar básicamente sobre delfines ~74% de los lances en 1992, a lanzar sobre manchas, o modo de pesca libre de delfines, con cerca de 52% de los lances hechos en 1996. En este sentido, también es puntualizado por los productores que el último modo de producción genera un costo debido al incremento del tiempo de búsqueda necesario para compensar la talla menor de los individuos jóvenes capturados. También argumentan los productores que el primer modo de pesca, sobre delfines, es más productivo ~20 t.m. por día, que el segundo modo de producción.

El programa adicionalmente sostiene que la pesca en manchas o brisas puede amenazar en el largo plazo la habilidad reproductiva de las especies. En una menor extensión, la pesca sobre palos ha evolucionado como otro modo de pesca alternativo elusivo a las restricciones de la política atún-delfín. En adición, desde los primeros años de la década de 1990, la flota atunera tuvo una reasignación masiva de sus naves desde Ensenada, su puerto tradicional en noroeste de la costa de la península de Baja California, hacia Mazatlán en la costa noroeste de México continental. Este último puerto está relativamente más cerca del mercado interno y de los campos tradicionales de pesca. Alternativamente, algunas unidades se reubicaron en La Paz, en el extremo sur de la mencionada península (PNAAPD). Actualmente, las naves mayores de 1000 t.c. de capacidad de acarreo, que totalizan 27 están repartidas entre esos puertos. Ensenada alberga 10 de esas naves, mientras que Mazatlán hospeda 14 y los 3 remanentes están en La Paz. La flota de 680 t.c., de capacidad de acarreo a su vez consiste de 14 naves que incluyen 8 en Ensenada, Mazatlán registra 5 y La Paz reporta solo una. Concurrentemente también ocurrió un cambio en estructura de propiedad de la flota pesquera. Las naves reasignadas a Mazatlán, configuran varios consorcios pesqueros verticalmente integrados orientados al mercado interno. Las naves remanentes en Ensenada, conforman pequeñas firmas pesqueras sin integración vertical y con tradición

en el mercado de exportación. Ambas flotas sin embargo continúan pescando en los mismos campos tradicionales de pesca de acuerdo a lo reportado por la Cámara de la Industria de Pesca.

Los efectos colaterales, comúnmente imprevistos, de las regulaciones ambientales sobre el comportamiento productivo de los productores ha tenido un debate amplio en la literatura y la experiencia empírica reportada sobre esos efectos no es definitiva en uno u otro sentido para industrias como las productoras de papel, generadoras de energía o automotriz por mencionar algunas. Conrad, et. al., (1998) y Barbera et. al., (1999) entre otros, sostienen que las regulaciones ambientales retrasan el crecimiento de la productividad, junto con decrementos en la producción y el empleo. Otros autores como Golombeck et. al., (1994), opuestamente sugieren que esas regulaciones tienden a propiciar el empleo, la producción haciendo que esas industrias sean menos susceptibles de abandonar el mercado en comparación con sus homologas no reguladas. El aserto sobre incremento de la productividad ha sido sin embargo disputado por Hetemaky (1996), y Yatsawarny et. al., (1996), no encontró evidencias en ningún sentido.

Además de los resultados empíricos sobre los efectos de los efectos colaterales de políticas ambientales sobre la productividad física o eficiencia técnica de los productores, otros autores también han adentrado su búsqueda de evidencias en la relación funcional entre el comportamiento productivo y un vector de posibles variables explicatorias, específicas a los productores. Formas de propiedad, tamaño de la firma, calidad del trabajo, acuerdos contractuales, clase de capital, son algunas entre una posible miríada de variables específicas, enmascaradas, de la firma que pueden ser llamadas a explicar la habilidad-inhabilidad observada de los productores para obtener lo mas de sus factores, dada una cierta tecnología y un ambiente de producción. En esta vena, Bravo-Ureta, et. al., (1999), por ejemplo, obtuvo estimaciones por MV, de la eficiencia técnica de granjas usando una aproximación estocástica a su frontera de producción. Recientemente, para las pesquerías comerciales oceánicas Kirkley, et. al., (1995), Campbell, et al., (1997), Sherma, et al., (1999), e Inhuma, et. al., (1999), en acuicultura, han obtenido también medidas de eficiencia técnica en un contexto relativo a la frontera de producción. Esos autores, explican los valores de eficiencia como relacionados a la propiedad de las naves de pesca, material de construcción, experiencia de los capitanes y entrenamiento de la

tripulación, o bien en acuicultura la relacionan con el tamaño de las posas de crecimiento, calidad del agua y mezcla de semilla utilizada, entre otros posibles factores o efectos enmascarantes.

Sobre la política regulatoria Atún-Delfín, Herrick Jr., et. al., (1996), puntualiza que las regulaciones ambientales que producen pérdidas no alcanzan o retienen la aceptación pública. Este autor adopta la aproximación estocástica de frontera para estimar vía MV, sus parámetros tecnológicos correspondientes a la frontera de mejor práctica posible, para obtener relativo a ella las eficiencias técnicas de la flota atunera de los EUA. Y relacionados a los posibles efectos de ineficiencia inducidos por la política regulatoria en cuestión. Herrick Jr., et. al., (1966), encontró cambios mínimos en las eficiencias de las naves pesqueras antes y después de la adopción de esa política. En realidad, explica el autor, una gran parte de la flota migro hacia los campos pesqueros del Pacífico Tropical del Oeste, eludiendo así los efectos de esa política ambiental.

Diferentemente a ello, la flota Mexicana permaneció expuesta al impacto completo de esa política al continuar pescando tunidos dentro de la misma región oceanográfica. Si o no, esa política realmente ha dañado la habilidad de los productores Mexicanos de atún para inscribir su productividad dentro de la frontera de mejor práctica de pesca, es un tema de investigación empíricamente orientado que espera ser propiamente evaluado. Como se menciona entonces, el efecto de las variables contenidas en esa política, efectos de ineficiencia, sobre la eficiencia técnica de los productores, constituye alternativamente la hipótesis central a esta investigación. Ello a su vez, necesita de las medidas de esa variable obtenidas con referencia a la frontera estocástica de la mejor práctica de pesca que representa la mejor tecnología de pesca y bordea desde arriba su espacio factible de producción. Entonces, también es alternativamente puesto, que el núcleo determinístico de esa función frontera, conformada por la tecnología productora de atún, puede ser propiamente contenida en una forma funcional flexible del tipo trascendental logarítmica, como expresión de la función de producción.

### III. Extracto sobre la Oceanografía de Pacifico Tropical del Este.

Desde hace por lo menos cuatro décadas, a principios de la década de 1980, se han realizado varios programas de investigación oceanográfica del Pacifico tropical del Este, con amplia cobertura de muestreos en sus aspectos biológico químico y físico (Blackburn, 1965, 1969). Recientemente se ha ampliado la cobertura espacial de esos programas, realizada tradicionalmente con cruceros oceanográficos, con el uso de imágenes producidas por tecnología satelital (Laur, 1985, Montgomery, 1985). Un propósito de investigación comúnmente mantenido por esos programas ha sido desarrollar conocimiento sobre la dinámica física que acompaña la alta productividad biológica y el desarrollo de pesquerías comerciales en esa región oceanográfica.

Un resumen del conocimiento sobre esos temas puede comenzar siguiendo los trabajos clásicos de Wyrki, (1965), quien realiza las primeras descripciones sobre los modos temporales de circulación (~500mts de profundidad), en la región más oriental del Pacifico Tropical del Este, frente a las costas occidentales de México. Dentro de esa región, comúnmente llamada Pacifico Mexicano, la distribución espacio-temporal de propiedades superficiales (temperatura, sal o nutrientes, por ejemplo), asociadas a esos modos, han sido estudiadas también por otros autores (Barber, et. al., 1985, McGowan et. al., 1978, Chalton, et. al., 1980). Esos autores describen esas propiedades como relacionadas a los procesos físico químicos que soportan el éxito de la productividad primaria y secundaria, las cuales a su vez, son básicas al enriquecimiento biológico y la cadena alimenticia hasta las sardinas y pelágicos mayores como los tunidos que conforman las agregaciones comerciales de ese recurso en esa región oceanográfica.

Concurrentemente con esa temática, debido a la importancia creciente de las pesquerías de atún y su industria, también ha crecido el interés por conocer como los procesos físicos y propiedades del océano pueden estar asociados a los cambios temporales de la distribución y agregaciones comerciales de atún en esa región oceanográfica (Griffiths, 1965; Laevastu, et. al., 1965; Blackburn, 1962, 1969, y Sund et. al., 1981, entre otros).

La circulación superficial de esa región, definido como el movimiento persistente de agua superficial ~500, (Brown, et. al., 1998), es dominado en esta región del Pacifico

Tropical del Este, por los limbos Este y Ecuatorial del giro anticiclónico del Océano Pacífico Norte. Siguiendo Wyrski (1965), y a Badan-Dangon et. al., (1985), la Corriente de California define la frontera Este de ese giro de circulación superficial. Esta corriente es un movimiento ancho (~800km), profundo (~500mts), lento (.3 nudos), y persistente de agua superficial. Su advección de propiedades como calor (baja temperatura), salinidad, y aguas ricas en nutrientes de altas a bajas latitudes, sub ártico a sub tropical, sucede a lo largo de las costas occidentales de Canadá, Estados Unidos y de Baja California, México. Como es descrito por esos autores, el pacífico Tropical del Este, esta bordeado por el Sur por el flujo hacia el oeste de la Corriente Norecuatorial, (~10 grados Norte), la cual ha sido previamente nutrida por las aguas superficiales de la Corriente de California cuando esta última se torna en flujo hacia el oeste separándose de las costas occidentales de la península de Baja California.

De acuerdo a la descripción de su dinámica, ninguna de esas corrientes entrar en la parte más oriental del Pacífico tropical del Este, entre Cabo Corrientes, en México y Ecuador (Wyrski, 1966). En cambio, esa área es más bien de carácter transicional de acuerdo a la oscilación de sus modos de circulación que van de influencia subtropical a tropical ecuatorial en su clima oceanográfico. Badan-Dangon, et. al., (1985), comenta que la circulación occurrente en el Pacífico Mexicano origina un sistema altamente variable, poco persistente que Wyrski, (1966), ha descrito en forma muy comprensiva al considerar dos, o tres modos básicos de circulación superficial en esa zona. El primer modo temporal, se desarrolla de Febrero a Junio-Julio, durante el cual la Corriente de California es fuerte alcanzando su extensión más hacia el Sur, cerca de los 15 grados Norte, antes de desviarse hacia el Oeste. La componente Sur del giro, Contracorriente Ecuatorial, es débil, oscilante, no provee de influencia oceanográfica al Pacífico Mexicano y ocupa su posición más hacia el Sur, entre 5 y 10 grados Norte, fuera de las costas occidentales de América Central. El segundo modo temporal de circulación superficial, es Tropical-Ecuatorial en su clima oceanográfico y ocurre de Agosto a Diciembre. Durante este modo, la Corriente de California se debilita y desvía hacia el oeste antes de alcanzar los 20 grados de latitud Norte, para posteriormente nutrir el flujo oeste de la Corriente Ecuatorial del Norte. Entonces el Pacífico Mexicano es ocupado por un flujo débil divergente de aguas de origen Tropical Ecuatorial, hacia el oeste de México continental

entre los 10 y 27 grados Norte. Durante este modo de circulación también contribuye a ese flujo la Corriente Costera de Costa Rica. Esta corriente se desarrolla su máximo flujo noroeste a lo largo de las costas suroeste de México, hasta Cabo Corrientes, durante Julio, cuando se desvía hacia el oeste durante Agosto a Diciembre (Badan-Dangon et. al., 1985). Esta corriente, de origen ecuatorial y bajas salinidades, es previamente enriquecida con nutrientes a su paso por la formación ciclónica del Domo de Costa Rica y del Golfo de Tehuantepec, que bajo la influencia de los Tehuanos (Octubre a principios de Enero), desarrollan condiciones de surgencia costera. La advección vertical de aguas hacia la superficie, también se observa durante todo el año frente a las costas occidentales de la península de la Baja California. Frente de ellas, las surgencias por viento, inclinan la nutriclina hacia la costa favoreciendo entonces la accesibilidad de nutrientes en sus aguas superficiales (Barber, et. al., 1985; McGowan et. al., 1978; Chalton, et. al., 1980; Badan-Dangon, et. al., 1985). Las corrientes frontera, como la Corriente de California lo es en el Este de Pacífico Norte, han sido reconocidas como entre las áreas oceánico-costeras más biológicamente activas. Rothschild, (1974) y Chalton et. al., (1980), entre otros autores, han resumido las características físicas, químicas y biológicas de esa región oceanográfica. Esos autores reportan que los niveles de producción en esas zonas exceden los de otras regiones en por lo menos un orden de magnitud. Como ha sido propuesto por esos autores, esto es atribuible a las altas tasas de nutrientes preformados (no-regenerativos), y regenerativos transportados por advección horizontal dentro del sistema de la Corriente, importados hacia la superficie o regenerados en sus aguas subyacentes, dentro de la zona eufótica. Ambos mecanismos, advección horizontal, inclinación geostrofica de la nutriclina, junto con transporte vertical inducido por viento y rehúso (oxidativa) de los nutrientes, resulta en la alta productividad mencionada, que a su vez provee a través de la cadena alimenticia, de alimento a sardinas y atunes en esta región (Rothschild, 1974; Sund et. al., 1981).

La Corriente de California también ha sido considerada como un ecosistema complejo en el sentido de su heterogeneidad y corta predictibilidad temporal (Chalton et. al., 1980). Según este autor lo anterior es debido a los efectos físicos disruptivos del viento sobre la superficie y sus capas subyacentes, como el enfriamiento repentino y tormentas ocurrentes con alta frecuencias más que aquellos procesos de escala temporal casi

estacional, como los modos de circulación propuestos por Wirtki. (1965). Entonces, alta variabilidad, baja persistencia en las divergencias costeras por viento, junto con la presencia de frentes convergentes como aquellos de Cabo falso, favorece el enriquecimiento biológico superficial de esta región. Relativo esa transicionalidad, es la dinámica de la Zona Transicional Subtropical frente a la costa oeste de Baja California. Esta zona de transición entre aguas de origen sub. Ártico con aquellas subtropicales, contribuye también a la variabilidad mencionada y la productividad biológica reportada para esta región (Rothschild, 1974. Roden, (1971), ha puntualizado que la advección horizontal de nutrientes por la Corriente Costera de Costa Rica hacia el Pacífico Mexicano, puede ser también de relevancia al enriquecimiento biológico de la zona, junto con el afloramiento de nutrientes desde los domos térmicos subsuperficiales, tal como es reportado por Cromwell, (1958). El afloramiento superficial de nutrientes a partir de esos domos térmicos ha sido también asociado por ese autor con efectos disruptivos de característica geomorfológicos como bajos e islas en esta región. Además, la pesca de tunidos al oeste de Baja California ha sido también asociada a la persistencia de surgencias costeras inducidas por viento (Blackburn, 1969). Desfavorable sin embargo, para esta y otras pesquerías comerciales, a través de la cadena alimenticia, son los efectos de El Niño (Wooster, et al., 1985). Como es reportado, durante ese evento las condiciones oceanográficas ambientales son adversas para la pesquería de atún (Sund et. al., 1981). Según se argumenta por este autor, esas condiciones no lo son tanto por la invasión masiva de aguas calientes ecuatoriales como, inducido por el debilitamiento del vientos alisios, como por la profundización de la nutriclina y reducción consecuente en la disponibilidad de nutrientes para su transporte hacia la superficie durante esos eventos. A lo largo de la costa oeste de la península de baja California, tales eventos generan una franja angosta costera donde la productividad es relativamente alta durante este evento. Cabrera-Muro, H.R., observo estos resultados, no reportados, durante El Niño 1882-83. Según Wooster, et.al., (1985), el régimen oceanográfico Tropical-Ecuatorial, debilita algunas de las características presentes durante las condiciones opuestas. Por ello, argumentan varios autores, Sund et. al., (1981) por ejemplo, que el recurso es menos incidente en su agregación comercial en localidades donde comúnmente sucede.

#### IV. Datos y Variables

La fuente primaria de la información usada es los archivos del Programa Nacional de Aprovechamiento del Atún y Protección al Delfín, PNAAPD. Este programa está dirigido a reducir, limita realmente, la muerte incidental de delfines durante la pesca de atún, cuando la flota lanza sobre delfines. Paralelo a este objetivo, el programa especifica restricciones tecnológicas y pesqueras como pescar durante las horas de luz natural, y propiciar la salida de delfines de la red, entre otras especificaciones. El programa también provee la asignación a cada nave mayor que 400 t.c., de observadores científicamente entrenados para generar información por lance sobre la concurrencia de atún y delfín, la mortalidad de estos últimos y el número de ellos liberados. Además registran también información sobre la captura por lance, fecha, latitud-longitud del lance, su duración, y temperatura superficial de mar así como número de lances hechos durante el viaje, clave de la nave, duración del viaje, puerto de salida y de arribo.

Complementariamente a lo anterior, para cada nave, se obtuvo información cruzada sobre esas variables a partir de los archivos de la Cámara de la Industria Pesquera en la localidad. De su inventario de información se obtuvo adicionalmente el registro de tonelaje bruto de cada nave, y de su tripulación como medidas de capital y trabajo. La ayuda aérea y tamaño de la firma así como el número de barcos registrados en cada una de ellas, junto con su puerto base. No se consiguió información sobre la experiencia o educación sobre los capitanes, patronos u otros miembros de la tripulación.

Con la información anterior inicialmente se conformó un panel de datos con 11,500 observaciones sobre 44 naves pesqueras durante el periodo de 1992-95. Sin embargo, la información incompleta redujo el panel a 8358 observaciones sobre 27 naves para ese mismo periodo de tiempo. Veinte de las naves observadas tienen su puerto en Ensenada, seis en Mazatlán y una en La Paz. Las naves de Mazatlán son todas sobre 1000 t. C., en su capacidad de acarreo y conforman o pertenecen a consorcios de pesca verticalmente integrados. Aquellas de Ensenada configuran pequeñas firmas sin integración vertical cuya flota está formada en 55% de naves menores a 680 t.c., y el 45% restante de naves

mayores a 1000 t.c. de capacidad de acarreo. La nave en La Paz es semejante a estas ultimas.

El comportamiento productivo de cada nave es descrito en el ámbito de lance por un panel in de información no balanceado (1992-95), que alternativamente supone que un índice divisa de las capturas de aleta amarilla y barrilete como relacionadas con un vector de variables explicatorias independientes. Ese vector incluye factores de producción, variables ambientales, una variable de tiempo, nominales para modos de pesca, ayuda aérea, tamaño de la firma y categóricas también para puerto por cada nave observada como se describe abajo en la Tabla Uno. El capital y trabajo se multiplican por la suma de los tiempos de lance mas tiempo de búsqueda, para incorporar su flujo variable de uso durante el viaje de pesca. El tiempo de lance mas el tiempo de búsqueda, esto ultimo definido como el tiempo transcurrido entre lances consecutivos, se incluyen para afectar el uso del capital y trabajo durante el viaje a la pesca. La flexibilidad en su uso implica que son débilmente separables cuando gradualmente se cambian en su intensidad de uso desde capital intensivo a intensivo en trabajo, conforme la pesca progresa de la búsqueda al evento de lance.

Como variable ambiental se incluye la temperatura superficial del mar, por lance realizado. Su inclusión persigue el propósito de incorporar explícitamente el efecto de esa variable sobre las agregaciones comerciales de atún, como ha sido reportado por Sund et. al., (1981) y previamente observado por Laevastu et. al., (1965). La inclusión de esta variable pretende incorporar también de una forma indirecta, los efectos de otros procesos oceanográficos que han sido reportados como relacionables a la incidencia del recurso en le parte más oriental del Pacifico Tropical del Este, de acuerdo a los autores mencionados. Entre esos procesos los mas comentados en la literatura sobre la oceanografía del atún, Sund et. al., (1981, por ejemplo, son los modos cambiantes de circulación de aguas de origen subtropical, como la Corriente de California, hacia aquellas de formación tropical. Esto caracteriza entonces, la naturaleza transicional de esta región oceanográfica como ha sido descrito por Wyrтки, (1966). Mas localmente, la variable en cuestión pretende incluir el efecto de surgencias costeras de aguas frías, ricas en nutrientes, frente a las costas occidentales de baja California, como ha sido comentado por Blackburn, M. (1969), que favorecen el enriquecimiento biológico de las aguas

superficiales y la ocurrencia de estas pesquerías. Similarmente, esa variable es incluida para incorporar también, pero en escala oceánica, el efecto de la divergencia ecuatorial que como es mencionado por Lalli, et. al., (1997), favorece la riqueza biológica de la superficie y la presencia de las pesquerías. Entonces, esta variable representaría los procesos fisco-oceanográficos de relevancia a las agregaciones comerciales de atún en esta región. Como es mencionado, la profundización de del par termoclina-nutriclina, frente a las costas occidentales de México durante los eventos de El Niño de aguas anómalamente calientes, inhiben en cierta extensión la riqueza biológica y alimento para los tunidos.

Otra variable ambiental considerada corresponde a la generada por evaluación del stock de la población a través del método de Análisis Virtual de Poblaciones. Este análisis es realizado por la Comisión Interamericana del Atún Tropical anualmente para todo el Pacífico Tropical. La variable pretende reflejar los posibles cambios de stock a través del tiempo. Para incorporar esos cambios a través de los productores se incluye una variable nominal por semestre como otra variable explicatoria en el panel no balanceado de datos. Los factores, variables ambientales y las específicas a las naves, así como sus estadísticas se presentan en las Tablas Uno y Dos a continuación.

### Tabla Uno

Descripción de los factores, variables ambientales y específicas.

Factor Variable	Descripción
X <sub>1</sub>	Medida de los servicios de capita. Tonelage bruto por la suma de la duración del lance mas tiempo de búsqueda (tiempo entre lances consecutivos).
X <sub>2</sub>	Medida de los servicios de trabajo. Tamaño de la tripulación por la the sums del tiempo de lance mas tiempo de búsqueda.
Ambiental	
X <sub>3</sub>	Temperatura Superficial del Mar. Observada en cada sitio de lance, en grados centígrados.
X <sub>4</sub>	Valor anual de abundancia del recurso reportado por la I.A.T.T.C., y obtenido para todo el Pacífico Tropical del Este, usando Analisis Virtual de Poblaciones

X <sub>5</sub>	Variable anual de tendencia en tiempo Yearly.
	Nominal
Ds	Nominal semestral, cero si el primer semestre, uno si no.
	Especificas
R. D.	Numero de delfines liberados.
S. D.	Duracion del lance en horas.
Fs	Nominal para pesca en brisas = uno, cero si no
Fp	Nominal para pesca en palos = uno, cero si no. Ambos controlan por lance en delfines.
Aer. Help	Nominal por asistencia de helicoptero = one, cero si no.
Comp. Size	Numero de naves de una misma firma. Medida proxy del grado de integracion vertical.
Dp	Nominal por Puerto : Ensenada, Mazatlan, controlling for La Paz

### Tabla Dos

Resumen de estadísticas de las variables incluidas en el Modelo Estocástico de Frontera e Ineficiencia de la Pesquería Mexicana del Atun

Variable	Max	Min	mean	s.d	# obs.
Lances	2952	1	1480.915	866.819	8358
G.R.T.	1270	635	985.912	197.873	8358
Tripulacion	28	21	25.642	2.071	8358
Duracion de lances (días)	0.5033	0.0088	0.1112	0.0325	8358
Tiempo de busqueda (días)	30.51	0.001	0.883	1.4157	8358
Temperatura Sup, centigrados	32.8	10.8	28.2	2.5	8358
Valores del Stock (miles, m.t.)	300	249	262.561	1.076	4
Semestre	2	1	1.4647	0.498	8358
#Delfines liberados	7003	0	268.519	467.82	8358
Pesca en brisas nominal	1	0	0.2778	0.4479	8358
Pesca en palos nominal	1	0	0.0295	0.1693	8358
Ayuda aerea	1	0	0.7499	0.433	8358
Tamano de la firma	10	1	3.3651	3.3608	8358
Ensenada Puerto	1	0	0.6682	0.4708	8358
Mazatlan Puerto	1	0	0.2879	0.4528	8358

## V. Modelo Estocástico de Frontera de Producción e Hipótesis de Investigación.

Previamente, en 1973, Christiansen et. al., (1973) y Corbo et. al., (1979), habían discutido las propiedades de la función de producción trascendental logarítmica. Siguiendo sus mas aplicaciones mas recientes en las pesquerías comerciales y acuicultura, (Kirkley, et.al., 1995; Sherma et. al., 1999; e Inuma et. al., 1998), la expresión para la formulación del modelo estocástico translog de la frontera de producción de la pesquería Mexicana del atún, puede ser especificada para su estimación, como sigue

$$\ln y_{it} = B_0 + B_j \ln x + .5 \sum \sum B_{jk} \ln x_{ijt} \ln x_{ikt} + \sum BD_{sit} + v_{it} - u_{it} \quad (1)$$

la cual especifica una frontera estocástica no-neutral de producción, y que como una simple relación entre cantidades físicas no sostiene ninguna presunción sobre el comportamiento económica de los productores, a parte desde luego de buscar el máximo de producción, restringiendo el uso excesivo de sus factores, y asumiendo una tecnología dada y un ambiente exógeno donde se desarrolla la actividad productiva.

Como es costumbre, el subscrito  $i$  refiere a la  $i$ -th nave de pesca  $t$ , es tiempo,  $\ln$  representa el logaritmo natural;  $y$  representa la producción formada por índice divisia; las  $x$ 's son los factores definidos previamente. Los coeficientes  $B$ 'son los parámetros tecnológicos poblacionales a ser estimados por M.V.,  $v$  es asumido como  $iid \sim N(\mu, \sigma^2)$ , simétrico con  $\mu = 0$ , independiente con respecto alas  $x$ 's, y al termino  $u$ , el cual se asume como  $iid \sim N^+(\mu, \sigma^2)$ , un termino de error no-negativo asociado con los efectos de ineficiencia en la producción. La estimación por M.V., del modelo empírico en (1), provee de los coeficientes  $B$ 's y de los parámetros de variancia,  $\sigma_s^2 = \sigma_v^2 + \sigma_u^2$ , y de  $\gamma = \sigma_u^2 / \sigma_s^2$ . Siguiendo a Battese, et. al., (1992, 1993, 1995), Coelli et. al., (1996,1998), y los autores arriba mencionados en estudios de frontera para las pesquerías comerciales, también se

asumen que el parámetro de distribución  $\mu$  es a su vez función de variables específicas a la nave incluyendo los efectos debidos a la política del atún delfín, como sigue

$$\mu = \delta_0 + \sum_{i=1} \delta_j Z_{ijt} \quad (2)$$

la cual especifica que la media de la distribución normal, truncada en cero, para obtener las distribuciones de los efectos de ineficiencia, no son *iguales*, al ser función de los valores observados de las variables específicas y vector de parámetros. Entonces el término de ineficiencia  $u$  puede ser definido para propósitos de estimación como

$$u = \delta_0 \sum_{i=1} \delta_j z_{ji} + w_i \quad (3)$$

donde las  $z$ 's son las variables específicas y efectos de la política ambiental,  $\delta_s$ , son parámetros a estimar, y las  $w$ 's son las variables estocásticas definidas por la truncación de la distribución normal con  $\mu = 0$  y variancia  $\sigma^2$ , tal que el punto de truncación es  $-z_{it} \delta$ , ( $w \geq z_{it} \delta$ ). Siendo entonces consistente con el término  $u_{it}$  que ha sido asumido como una truncación no negativa de  $N^+(z_i \delta, \sigma_u^2)$ , como es propuesto por Battese et. al., (1993, 1995). Como ha sido comentado por esos autores, la variable estocástica  $w_i$ , es *iid* y no requiere ser no negativa. Entonces, como es asumido en (2), antes, el modelo para ineficiencia técnica (3), puede ser solo estimado si los efectos en el término  $u_{it}$  son estocásticos y tienen propiedades distribucionales tal como ha sido asumido antes, como es comentado por Battese et. al., 1995).

Así entonces, es de interés validar el siguiente conjunto de hipótesis referenciales. Que los efectos de ineficiencia técnica son ausentes,  $\gamma = \delta_1 = \delta_2 \dots \delta_n = 0$ , que los efectos de ineficiencia no son estocásticos, pero si fijos,  $\gamma = 0$ ; que los factores específicos a la nave no influencia el término de ineficiencia,  $u$ ;  $\delta_0 = \delta_1 = \dots \delta_n = 0$ , y menos restrictivo, que todos los parámetros propuestos en el modelo de ineficiencia, excepto el intercepto son cero,  $\delta_{1=2,3,4,n} = 0$ . Dentro de este conjunto de hipótesis referenciales, una quinta hipótesis

puede ser validada, que los efectos de ineficiencia relacionables con la política atún-delfín, la eficiencia técnica de los productores, que, excluyendo aquellas variables que no son obviamente relacionables con esa política ambiental. La ayuda aérea y el tamaño de la compañía son ejemplo de esas últimas variables.

Ha sido argumentado por Kirkley et. al., (1995), que las formas funcionales flexibles como la trascendental logarítmica, aparentemente son candidatos propios para representar el proceso generador de información de la nave de pesca. Esa forma funcional de producción, incorpora tan pocas hipótesis como es posible, tal que su especificación contiene otras relaciones funcionales más restrictivas aunque también tal vez de más fácil interpretación acerca del problema a la mano. Por ello, es de interés también validar la hipótesis referencial que sostiene que el proceso en cuestión puede ser en la función de Elasticidad Constante de Substitución, o más restrictivo aun, en una función de producción Coob-Douglas, que como es comentado por Bairam, (1991,1998), son frecuentemente asumidas en estudios empíricos de productividad. Así, siguiendo Ringstad, (1974), Bairam (1991) y Khem et. al., (1999), al probar ambas formas de producción como hipótesis referenciales, contra la hipótesis alternativa de la función trascendental, se validan también implícitamente un conjunto de atributos de la función de producción modelado. Las últimas funciones son homogéneas, la función alternativa no lo es, por ello permite elasticidad de sustitución y de escala variables, en función de las combinaciones de factores y del nivel de la producción. Además aquellas funciones homogéneas, asumen que los factores son fuertemente separables. La forma funcional propuesta no incorpora suposición alguna al respecto y permite el cambio tecnológico no neutral (Christensen et.al., 1972, Corbo et.al., 1979).

Ambos conjuntos de hipótesis pueden ser probados usando la Razón Generalizada de Máxima Verosimilitud,  $\lambda$ , dado por

$$\lambda = 2[\ln(L(H_0)) - \ln(L(H_1))] \quad (4)$$

donde  $L(H_0)$  y  $L(H_1)$ , denotan los valores de la función de  $M > V >$  bajo la hipótesis nula y alternativa, correspondientemente, como es establecido por Coelli et. al., (1998).

Entonces de acuerdo a modelo estocástico de eficiencia ineficiencia antes especificado en (1) y (3), la eficiencia técnica para la  $i$ -th nave pesquera  $TE_i$  y siendo definida entonces ( Battese et. al., 1993, por ejemplo), como la razón de la producción observada, tal que  $u \neq 0$ , a la frontera correspondiente donde  $u=0$ , entonces

$$TE_{it} = \exp(-U_{it}) \quad (5)$$

Las eficiencias técnicas son entonces estimadas de acuerdo a la esperanza condicional de al expresión en (5), dado los valores del termino de error compuesto  $\varepsilon = v_i - u_i$ , tal como es propuesto por Jondrov, et. al., (1982), los valores son evaluados en el máximo de los valores estimados por M.V. de los parámetros tecnológicos poblacionales del modelo frontera de producción, como es descrito por Battese et. al., (1995)

El análisis empírico de la producción investiga rutinariamente los retornos de escala del proceso productivo en cuestión a través de la estimación de las elasticidades (parciales), de producción (Coelli, et. al.,). Como es comúnmente connotado, la elasticidad parcial de la producción, significada por los coeficientes  $B'$ , en el contexto del modelo log-log, de producción, homogéneo, mide la responsividad o cambio proporcional de producto al cambio proporcional de los factores de la producción o de un factor específico, en al caso de elasticidad parcial. (Ramanathan, 1993, Jorgenson, 2000). Sin embargo como es comentado por Sherma, et. al., (1999), como la condición de inhomogeneidad de la función trascendental logarítmica inhibe cualquier interpretación directa de esos coeficientes estimados de la frontera de producción, las medidas correspondientes de elasticidad con respecto a cada factor,  $\varepsilon_k$ , es evaluada en los valores promedio de los factores relevantes a la producción y derivada como sigue

$$\varepsilon_k = \partial \ln Y / \partial \ln X = \beta_k + 2\beta_{kk} \ln \bar{x}_k + \sum_{j \neq k} \beta_{kj} \ln \bar{x}_{ji} \quad (6)$$

donde las, son los valores promedio de los factores de la producción incluidos en la frontera y obtenidos como las derivadas parciales de esa función con respecto al  $kt$ -h

factor. La medida de los retornos totales de escala, el cambio proporcional del producto al cambio aquí proporcional de todos los factores, es estimada como la suma de las elasticidades parciales de los factores relevantes a la función de producción. Si ese estimado es más grande, igual que o menor que uno, la tecnología productiva presenta retornos de escala crecientes, constantes o decrecientes, respectivamente. Siguiendo a Sharma et. al., (19980, este ultimo parámetro puede ser formalmente validado imponiendo un valor hipotético de uno o retornos constantes de escala. Finalmente, otra característica física de la frontera estimada de producción, la productividad marginal del *cha-h* factor, también se obtiene evaluado a puntos promedio de esos factores como sigue

$$\partial Y / \partial X_k = \varepsilon_k \bar{Y} / \bar{X}_k \quad (7)$$

## VI. Resultados Empíricos

Los parámetros tecnológicos, específicos poblacionales del modelo de eficiencia-ineficiencia descrito en (1) y (3), arriba fueron simultáneamente estimados usando el programa Frontier 4.1 desarrollado por Coelli (1994). Los estimados se presentan en la Tabla Tres abajo.

Como se menciona anteriormente, la in homogeneidad en la frontera trascendental logarítmica impide de una interpretación directa de esa estimación <MV de los coeficientes. En lugar de ello se consideran entonces, las elasticidades de la producción, inducidas por los factores relevantes a ella, y evaluados en sus valores centrales.

En lo que sigue se presentan los resultados obtenidos en ambos conjuntos de hipótesis, sobre la mera presencia de los efectos de ineficiencia y distribución del termino de ineficiencia  $u$ , y sobre la estructura propuesta de la tecnología productiva de atún. Esta ultima puede eventualmente anidar otras expresiones más sencillas para esa tecnología, así como propiciar interpretaciones más fáciles del proceso productivo

**Tabla Tres**

Parametros estimados del Modelo Estocastico de Frontiera e Ineficiencia Tecnica

Variable	B' coeficientes	Asymptotic T-ratio
Frontera estocastica de produccion		
Constante	18.069E+01	18.209315E-01
LnX <sub>1</sub>	-.80751E+01	-0.562002E+01
LnX <sub>2</sub>	.8822E+01	.6194E+01
LnX <sub>3</sub>	3.1349E+01	1.614284E+01
LnX <sub>4</sub>	-1.4002E+01	-2.208386E+01
X <sub>5</sub>	-14.321E+01	-14.49243E+01
LnX <sub>1</sub> **2	.34172E+01	.8434442E+01
LnX <sub>2</sub> **2	.33530E+01	.8180114E+01
LnX <sub>3</sub> **2	.81397E+00	.614166E+00*
LnX <sub>4</sub> **2	.95924E-01	.111001E+01
X <sub>5</sub> **2	-.25059E+00	-2.09449E+01
Ln(X <sub>1</sub> )Ln(X <sub>2</sub> )	-.67814E+01	-.836541E+01
Ln(X <sub>1</sub> )Ln(X <sub>3</sub> )	-.15745E+01	-.239872E+01
Ln(X <sub>1</sub> )Ln(X <sub>4</sub> )	-.69349E+01	-.210103E+01
Ln(X <sub>1</sub> )X <sub>5</sub>	-.20885E+00	-.319776E+01
Ln(X <sub>2</sub> )Ln(X <sub>3</sub> )	.13811E+01	.201625E+01
Ln(X <sub>2</sub> )Ln(X <sub>4</sub> )	.68657E+00	.203116E+01
Ln(X <sub>2</sub> )X <sub>5</sub>	.21840E+00	.324275E+01
Ln(X <sub>3</sub> )Ln(X <sub>4</sub> )	-.21646E+01	-.728668E+01
Ln(X <sub>3</sub> )X <sub>5</sub>	-.38150E-01	-.209626E+00*
Ln(X <sub>4</sub> )X <sub>5</sub>	1.1663E+01	11.3660E+01
D s	-.4468E-01	-.22882E+01
* Significante a .10		
Modelo de Ineficiencia Tecnica		
Constante	.4398E+01	3.4440E+01
R. D.	-.00285E-01	-.41070E+01
S. D.	-1.5613E+01	-.20774E+01
F <sub>S</sub>	-.31298E+00	-.48354E+01
F <sub>P</sub>	.32225E+00	.18924E+01
Aerial. help	-.22954E+00	-.65640E+01
Comp. Size	-.12934E-01	-.27714E+01
Time trend X <sub>5</sub>	.14012E-01	.37001E+00**
RDX <sub>5</sub>	.59685E-04	-.196601E+01
SD X <sub>5</sub>	-.11586E+01	-.534648E+01
F <sub>S</sub> X <sub>5</sub>	-.06827E-01	-.287179E+00 00*
F <sub>P</sub> X <sub>5</sub>	-.103161E+00	-.186621E+01*
Homeport Ens.	-.371689E+00	-.757850E+01
Homeport Maz.	-.362880E+00	-.685056E+01
Variance parameter sigma	.59659E+00	6.399771E+01

squared		
Gamma	.37172E+00	.720016E+01
Ln(Likelihood)	-9.55E+03	
* Significant at .10		

### Tabla Cuatro

Prueba Generalizada de Maxima Verosimilitud Ratio de Hipotesis para los Parametros de los Efectos de Ineficiencia en el Modelo Estocastico de Frontera de Produccion

Hypothesis	Ln-Likelihood Value	$\chi_{2\alpha.05}$	d.f.
$H_0: \gamma = \delta_0 = \delta_{13} = 0$	30.20E+02	> 24.38	15
$H_0 \delta = 0$	30.01E+02	> 5.13	2
$H_0 \delta_0 = \delta_1 = \delta_2 = \delta_{13} = 0$ TE = 1 half normal	30.20E+02	> 23.06	14
$H_0 = \delta_1 = \delta_2 = \delta_{13} = 0$ TE = 2 truncated	30.18E+02	> 21.14	13
$H_0 \delta_1 = \delta_2 = \delta_3 = \delta_4 = \delta_8 = \delta_9 = \delta_{10} = \delta_{11} = 0$	29.28E+02	> 14.8 $\gamma$	8

La primera y segunda hipótesis, que los efectos de ineficiencia no existen o que no son estocásticos sino fijos, nominales, como en un modelo de covariancia, son rechazadas. Entonces, un modelo de superficie de respuesta promedio no es adecuado para representar el proceso generador de la información. Tampoco lo es un modelo de efectos fijos. Consistentemente, el parámetro de variancia  $\gamma$ , aunque de valor bajo es discernible de cero.

La tercer hipótesis referencial, que él intercepta y todos los coeficientes asociados con los efectos de ineficiencia específicos a la nave son cero, incluyendo aquellos en (2), y  $\mu$  tiene una distribución mitad normal con media cero, también es rechazada. La cuarta hipótesis, menos restrictivo que todos los parámetros del modelo de ineficiencia excepto él interceptan es cero, en cuyo caso los efectos de ineficiencia tendrían la misma distribución truncada con, es también rechazada. Finalmente la quinta hipótesis referencial que propone que los efectos de la política de atún delfin no tienen efecto sobre él termina de ineficiencia  $u$  de los barcos, es así mismo rechazada. Entonces, para el

modelo estocástico de frontera e ineficiencia técnica especificado en (1) y (3), la prueba Generalizada de Máxima Verosimilitud indica que los efectos incluidos existen y que son significantes sobre el comportamiento productivo de los productores. Dadas las especificaciones del modelo estocástico de frontera-ineficiencia, esos efectos afectan el comportamiento productivo, la productividad física, de los productores a través del término de ineficiencia  $u$ , sin cambiar la parte determinística o estructura tecnológica, de la función de producción.

En lo que concierne a la tecnología, esta ha sido descrita en los pocos estudios de frontera reportados sobre pesquerías comerciales, adoptando la función trascendental logarítmica, (Campbell et.al., 1998 por ejemplo). Como es argumentado por Kirkley et. al., (1995), esa relación funcional no impone condiciones iniciales innecesarias sobre las propiedades físicas estructurales de la función especificada para contener la tecnología productiva de esta pesquería. Econometricamente, permite una aproximación de modelaje de lo general a específico, validando hacia abajo explicaciones más restrictivas y fáciles de interpretar, las cuales estarían anidadas en la especificación general. Las funciones de producción Cobb-Douglas y de Elasticidad Constante de Substitución, aunque restrictivas, han sido sin embargo las expresiones más comúnmente usadas en el análisis empírico de la producción. Ambas son parametricamente restrictivas y contenidas en la función de producción trascendental logarítmica (Bairam, 1998). Si o no, puede ser contenido el proceso generador de la información en esas formas restrictivas de la función de producción, es también validado utilizando la Razón Generalizada de Máxima Verosimilitud,  $\lambda$ , en la expresión (4), anterior. Los resultados empíricos, indican que ambas hipótesis referenciales, que el proceso a la mano puede ser contenido por la Cobb-Douglas o la de Elasticidad Constante de Substitución, pueden ser rechazadas a favor de la función propuesta como hipótesis alternativa.

### Tabla Cinco

Prueba Generalizada de Maxima Verosimilitud de Hipotesis para Restricciones en el Campo Parametrico del Modelo Estocastico de Frontera de Produccion

1 $H_0$	$\alpha_{LL} + \alpha_{LK} = 0$ ; $\alpha_{LL} = \alpha_{KK} = -\alpha_{LK}$
	$\alpha_{KK} + \alpha_{LK} = 0$

	Que el proceso generador de datos puede ser contenido en una funcion de produccion CES homogenea		
	Log Likelihood value	Critical value (.05)	
	54	23.69	d.f. = 14
2 H <sub>0</sub>	$\alpha_{LK} = 0$ , additionally		
	Que el proceso generador de datos process puede ser contenido en una funcion de produccion homogenea Cobb-Douglas		
	Log Likelihood value	Critical value (.05)	
	50	24.38	d.f. = 15

H <sub>0</sub> $\sum_{n=1}^2 \varepsilon_n = 1$	$\varepsilon_n = .887$	T <sub>ratio</sub> =11.9E+01
	$\varepsilon_k = 1.702E + 01$	Var. $\varepsilon_k = .00517$
	$\varepsilon_L = -1.614E + 01$	Var. $\varepsilon_L = .00233$

Este resultado empírico, es consistente con las elecciones previas sobre esa relación funcional para las pesquerías comerciales marinas (Kirkley et. al., 1995; Campbell et. al., 1997; entre otros). Como ha sido argumentado por esos autores, la flexibilidad inherente de uso en la mezcla de los factores y sus combinaciones transientes junto con los niveles de la producción, hace que esta forma, no restrictiva, de producción, sea un candidato natural para modelar el proceso productivo. El rechazo de las formas referenciales de tecnologías productivas a favor de la forma alternativa inherentemente argumenta, que elasticidad variante de escala y sustitución así como ninguna separabilidad de factores, pueden constituir una mejor representación de la tecnología productiva, en lugar de que esas elasticidades fueran independientes de los niveles de los factores y del producto, tal como es asumido en las funciones Cobb-Douglas y la ECS La Tabla Cinco reporta también las estimaciones de de elasticidades parciales, en punto medios de los factores relevantes. Siguiendo a Sharma et. al., (1999), si imponemos la restricción como hipótesis nula de que la suma de las elasticidades parciales es uno, entonces puede ser formalmente probado la condición asumida de retornos constantes de escala. Finalmente los valores de productividad marginal se añaden en esa misma tabla.

## VII. Eficiencias Técnicas

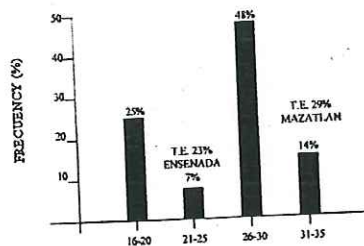
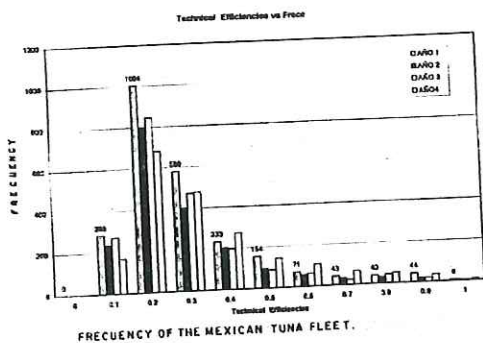
Las eficiencias técnicas de la flota atunera de México basada en los puertos de Ensenada Mazatlán y de La Paz, presentan un rango en sus valores de eficiencia técnica entre .17 a .32 tal como es mostrado en la Tabla Seis abajo.

**Tabla Seis**

Eficiencias Tecnicas de la Flota Atunera Mexicana (observada, promedios anuales)

<i>Vessel</i>	1992	1993	1994	1995	1992-95	<i>Average</i>
1M2	0.2396	0.2329	0.2761	0.2597	0.2520	25%
A9	0.3864	0.2587	0.1891	0.2517	0.2714	27%
C5	0.2741	0.3089	0.3727	0.3255	0.3203	32%
B9	0.3582	0.2763	0.1638	0.3566	0.2887	29%
H1	0.2201	0.1703	0.1616	0.2248	0.1942	19%
C6	0.2282	0.2283	0.1523	0.1546	0.1908	19%
B8	0.2110	0.1628	0.1482	0.1481	0.1675	17%
A3	0.2022	0.1954	0.1352	0.2063	0.1847	18%
C4	0.2707	0.1941	0.1703	0.2216	0.2141	21%
A6	0.2130	0.2505	0.2774	0.3677	0.2707	27%
C3	0.2677	0.2465	0.3101	0.2681	0.2731	27%
P1	0.2881	0.2679	0.3117	0.3036	0.2928	30%
D1	0.3011	0.4001	0.2599	0.3555	0.3291	33%
C9	0.2204	0.2418	0.2983	0.2924	0.2632	26%
C9	0.3990	0.2341	0.2612	0.3306	0.3062	31%
H2	0.2385	0.3479	0.2270	0.2763	0.2724	27%
D2	0.1504	0.1698	0.1287	0.2507	0.1749	17%
A4	0.1537	0.1435	0.1741	0.1597	0.1577	16%
G2	0.3277	0.2279	0.2602	0.4119	0.3069	31%
W1	0.2776	0.3692	0.1306	0.3358	0.2783	29%
Q1	0.2110	0.2462	0.2190	0.3443	0.2551	26%
B4	0.1779	0.1997	0.1603	0.1982	0.1840	18%
M3	0.2959	0.2855	0.2627	0.3390	0.2957	30%
E1	0.3149	0.2463	0.2908	0.3289	0.2952	30%
G1	0.2936	0.2457	0.2901	0.2654	0.2737	27%
C8	0.1805	0.2193	0.2316	0.1724	0.2009	20%
B1	0.2346	0.2941	0.2402	0.3020	0.2677	27%
27 vessels	0.2391 24%	0.2297 23%	0.2094 21%	0.2567 20%	0.2340 23%	23%

La distribución de frecuencia junto con de la flota pesquera en cada clase de eficiencia técnica, se muestra en la Figura Uno y Dos enseguida, la cual también indica como se ubican las naves de cada puerto en términos de su valores de eficiencia. Mas de la mitad de la flota pesquera, 64%, muestra índices de eficiencia técnica de .245 o más alta, y una parte importante de ella 36%, presente valores menores. Las eficiencias técnicas estimadas para la flota pesquera, indica que la flota de Mazatlán ( $\bar{x}=276$ , s.d=.0340), se ubica dentro de la tercer clase de frecuencias (.245 a .285), mientras que la flota de Ensenada ( $\bar{x}=.247$ , s.d.=.0482), se ubica dentro del intervalo de clase menor (.205 a .245). Entonces, cerca del 76% de la flota observada tiene eficiencias técnicas  $\geq .205$ . Las estimaciones de la Tabla Tres, así como información sobre la tecnología de los barcos puerto y tamaño de la compañía, indican que los valores de eficiencia bajos están asociados a las siete naves de 680t.c. de pequeñas compañías ubicadas en Ensenada. Así, la flota pesquera de este ultima puerto es parcialmente responsable de los bajos valores de eficiencia observada. Los valores promedio de los índices de eficiencia técnica para toda la flota observada 27 naves en total durante durante cada ano a través del periodo de 1992-95 se muestra en la Tabla Tres. Las medias anuales estimadas de los valores de eficiencia técnica muestran que el cuarto ano observado claramente se separa de las valores medios anuales precedentes. La prueba F, desecha la hipótesis referencial, con valor  $p < .001$ , de igualdad entre de valores anuales promedio entre todos los valores  $\mu_s$  a través del tiempo. Especificamente, análisis post-hoc con Scheffe a .05 de nivel de significancia, revela que es el cuarto valor anual el cual niega la hipótesis nula, de igualdad entre los valores medios anuales. Los resultados en las distribuciones de frecuencia y rango de los valores de eficiencia técnica de las naves pesqueras observadas, se muestran en la Figura Uno y en la Figura Dos , abajo



RANGE OF TECHNICAL EFFICIENCIES OF THE MEXICAN TUNA FISHING FLEET 1992-95 (% VALUES OF THE FISHING FLEET).

## VII. Efectos de Ineficiencia Específicos y Atún-Delfín

La prueba Generalizada de Máxima Verosimilitud, sobre los efectos de la política del atún-delfín y aquellos debidos a propiedades específicas a las naves en el modelo de ineficiencia, indican que son altamente significantes. Entre las primeras, el coeficiente de duración del lance, se revela como una variable significativa que tiende a reducir la ineficiencia, o alternativamente expresado, favorece la eficiencia técnica. El efecto de delfines liberados, aunque discernible tiene una contribución pequeña en ese sentido. Como argumentan los productores, una manera de eludir las restricciones negativas de esa política, como la reducción drástica en el número de lances por día de pesca, es entonces lanzar sobre grandes agregaciones de atún en conjunto con manadas de delfines. Ello incrementa la duración del lance y el número de delfines liberados en cada lance, tal como lo corroboran el tamaño y signo de los coeficientes de esas variables. Específicamente el coeficiente de duración del lance, indica una fuerte contribución en ese sentido. La pesca sobre brisas, libre de delfines, tiene un efecto discernible también pero menor en reducir la ineficiencia. Opuestamente, la pesca sobre palos, la cual también se ha desarrollado aunque en menor extensión, una manera de eludir los efectos de la política del atún delfín, se revela como una alternativa ineficiente. Este modo de pesca, es ejercido sobre individuos jóvenes comúnmente asociados con objetos flotantes, y alimento concentrado a lo largo de frentes o bandas costeras, o siomes (Malcom et. al., 1978), y como se menciona es un modo de pesca ineficiente. Entre las variables específicas la ayuda aérea es significativa, y como podría ser esperado favorece la eficiencia técnica. Similarmente, es indicado por el signo del tamaño de la compañía. Como se presenta en la Figura Uno, los barcos pesqueros de Mazatlán, alcanzan en promedio valores más altos de eficiencia técnica que los correspondientes a los de Ensenada. Mientras que los primeros corresponden a consorcios pesqueros verticalmente integrados, y cuyos barcos no son en su totalidad observados en este estudio, aquellos del último puerto forman firmas pesqueras pequeñas generalmente con una sola nave. También todas las naves de Mazatlán poseen helicóptero a bordo, y todos son también tecnologías mayores a 1000 t.c. . Los de Ensenada, solo 60% de ellos tiene esa capacidad

de acarreo y helicóptero abordó. El 40% de restante de esa flota es de 680 t.c. , sin ayuda aérea.

#### IX. Tecnología Productiva, Elasticidades y Retornos de Escala

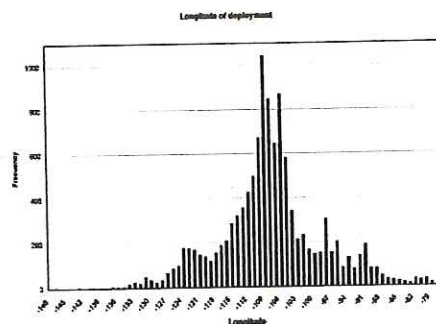
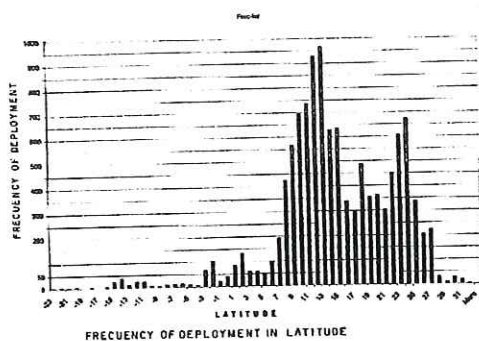
Como ha sido comentado por Bairam, (1998), es una práctica común en el análisis empírico de la producción, asumir cierta tecnología productiva sin validarla explícitamente contra otras representaciones posibles de representación, que puedan contener explicaciones alternativas más fáciles de interpretar. Se realizó una prueba Generalizada de MV, sobre sus estimaciones MV, de los modelos restringidos Cobb\_Douglas Y ECS, contra la función alternativamente propuesta trascendental logarítmica. Esa prueba indica que el modelo alternativa contiene otros valores paramétricos tales que maximizan la función de verosimilitud. Así, el modelo alternativo es una mejor representación del problema considerado. Este resultado es consistente con la propiedad, antes argumentada, de las formas flexibles para representar la tecnología productiva en las pesquerías comerciales, así como también en acuicultura, como es comentado por Kirkley et. al., (1996), y más recientemente por Inhumá et. al., (1999). Junto con los cambios posibles en la eficiencia técnica o productividad física de los productores, relativo a su frontera de mejor práctica de pesca, las propiedades físicas de la tecnología productiva, como elasticidades de sustitución y de escala, así como productos marginales, también se consideran como fuentes posibles de cambio en la productividad. (Kumbhakar, et. al.) Para caracterizar esas propiedades en la función adoptada, se calcularon sus valores a puntos medios de los factores relevantes, debido la condición de in homogeneidad. Las elasticidades parciales de capital y trabajo son similares en valor, aun cuando la segunda es negativa, como es indicado en la Tabla Cinco, revelando entonces, una contribución negativa a la productividad. Si ello refleja o no, congestión de ese factor, debido por ejemplo a los lances sobre delfines, durante los cuales se usa ese factor mas intensivamente que el capital fijo, no es claramente dilucidable. La elasticidad del capital es positiva, sugiriendo entonces que la tecnología contribuye a la productividad. La elasticidad total de la producción resulta cerca de, pero discernible del valor referencial uno. Los productos marginales de los factores relevantes,

evaluados en puntos medios también, revela al capital como positivo y más grande que producto marginal del trabajo el cual resulta negativo, como se indica en la Tabla Cinco.

#### X. Resultados Observacionales sobre los Sitios Geográficos Preferenciales de Pesca.

La función de producción se refiere a la relación física funcional maximizante entre los factores usados y el producto obtenido, con una tecnología dada y un ambiente de producción (Henderson et. al., 1986). Entonces, su espacio de producción factible, así como la productividad observada dentro del puede ser incrementada conociendo las leyes físicas de la función de producción en si misma, y de la naturaleza de los procesos ambientales donde sucede la producción. En este ultimo aspecto, los resultados observacionales sobre los sitios preferenciales de pesca, revelan que la pesquería se desarrolla esencialmente dentro de la región más oriental del Pacifico Tropical del esta región ha sido descrita como una de alta riqueza biológica (Rothschild, 1974), que oscila entre los modos de circulación sub tropical a ecuatorial tropical (Wyrtsky, 1966). Como es descrito en la Figura Tres abajo, los sitios preferenciales de pesca se extienden a lo largo de una banda alrededor de los meridianos 13-14 Norte. Como ha sido comentado por Lalli et. al., (1997), la persistencia de divergencias oceánicas a lo largo de esa latitud, enriquece biológicamente sus aguas superficiales y ello como ha sido reportado propicia el ambiente adecuado para que sucedan grandes agregaciones de atún y manadas de delfines alo largo de esa banda y frente a las costas occidentales de México (Blackburn, 1962, 1969, Griffiths, 1965 y Sund et. al., 1981, entre otros). Esa banda es comúnmente conocida por los productores como una localidad donde ocurren grandes manadas de delfines y es coloquialmente llamada delfinera. La distribución de frecuencia bimodal de latitudes preferenciales mostrada en Figura tres, también indica que cerca de los 24-25 grados Norte, se constituye entra localidad geográfica donde consistentemente lanza la flota. Mientras la primera localidad se extiende meridionalmente en un clima tropical ecuatorial, (Lalli et. al., 1997), la ultima se desarrolla bajo la influencia subtropical de la Corriente de California, frente a las costas de la península de Baja California. A lo largo de esas costas, y bajo la influencia oceanográfica del flujo oeste divergente de esa corriente, ocurre las surgencias costeras como ha sido ya comentado por Blackburn,

(1969), Barret et. al., (1964), y por Griffiths, (1965), entre otros autores quienes han observado la ocurrencia del recurso relacionado con ese proceso costero. Se argumenta que la divergencia costera favorece a través del transporte vertical de nutrientes hacia la superficie, su enriquecimiento biológico desde el fitoplancton a través del zooplancton hacia arriba en la cadena alimenticia hasta la ocurrencia de las pesquerías comerciales de sardina y atún (Rothschild, 1974. La distribución de frecuencias relativas de longitud en la Figura Cuatro indica una moda alrededor de 110 grados Este, que se extiende desde la parte Sur de la península de Baja California hasta los 10 grados Norte. Basándose en esos resultados observacionales puede establecerse el argumento que los productores de atún escogen localidades de pesca en una manera muy consistente con lo que la teoría de la oceanografía física y la oceanografía del recurso atunero predicen y proponen como localidades donde los procesos oceanográficos descritos favorecerían las grandes agregaciones del recurso atunero. Así, los productores de atún tienen el conocimiento y experiencia de pesca apropiado para mejorar la productividad a través de la reducción de la ineficiencia. Ese conocimiento y experiencia sobre la pesca y su ambiente oceanográfico puede ser considerado a sus ves, y a través del tiempo como variable colaborante en cambio tecnológico desincorporado.



## XI. Conclusiones.

Este estudio observacional sobre la flota pesquera de atún Mexicana provee de un primer intento de establecer la representación apropiada de la tecnología productora de

atún de utilizada por esa flota. La función trascendental logarítmica es una representación apropiada de la tecnología productiva de esta pesquería. Esta función flexible cumple el propósito de no imponer ninguna restricción innecesaria sobre el campo paramétrico de las propiedades físicas de esta función, como es revelado por el criterio de la prueba Generalizada de M.V. Esta prueba compara la función flexible generalizada contra otras formas referenciales como la Cobb-Douglas y la de ECS. Esto es consistente con la flexibilidad inherente en el uso de factores, como fue previamente argumentado por Kirkley et. al., (1996). Como sostienen esos autores, la trascendental logarítmica es una forma más atractiva para representar el proceso productivo al no imponer condiciones de separabilidad entre los factores. También Bairam (1991), menciona que esa flexibilidad permite incluir elasticidades de escala y sustitución variantes a través de los niveles de uso de los factores y el producto.

Este estudio también provee con una primera evaluación de los efectos de la política del atún-delfín, sobre el comportamiento productivo de los productores Mexicanos de atún. Así mismo se evalúan otras variables específicas a las naves. Entre las primeras, el tamaño y signo de los coeficientes indican como la productividad física de los productores es afectada por esa política. Notoriamente, ay que esa política restringe la habilidad de los productores de realizar varios lances por día, como lo comentan los productores, entonces ellos han escogido lanzar sobre grandes agregaciones de atún maduro aun cuando estén asociados con grandes manadas de delfín. Entonces, el signo y tamaño de la duración del lance y de los delfines liberados revelan que lances lentos acompañados por liberación de delfines tienden a reducir la ineficiencia técnica, e incrementar la productividad física de los productores favoreciendo su cercanía productiva con su frontera de mejor practica de pesca.

La pesca en brisas también propicia la reducción de ineficiencia. Sin embargo, el modo menos frecuente de pesca en palos, la promueve. Ambos modos de pesca se ejercen sobre individuos pequeños e inmaduros, y él ultima sobre agregaciones mas bien pequeñas. Con respecto a las variables específicas a las naves, la ayuda aérea y el tamaño de la compañía favorecen la productividad física. Las naves de Mazatlán, todos superiores a 1000 t.c. y equipadas con helicóptero, tienden tener mejor comportamiento productivo que aquellas de Ensenada, de las cuales solo un 60% es superior a esa

capacidad y tienen helicóptero. El resto de esa flota es menor de 680 t.c. y no tiene helicóptero.

Como se menciona, el tamaño de la compañía promueve la eficiencia. La flota de Mazatlán tiende a tener mejor comportamiento productivo en tanto que esta forma consorcios pesqueros de varias naves y verticalmente integrados, mientras que los de Ensenada, básicamente continúan siendo pequeñas firmas pesqueras. También se obtuvieron las eficiencias técnicas de los productores relativos a la frontera tecnológica envuelta en un sobre estocástico. Sus valores estimados indican que hay mucho espacio para sus valores. A través del tiempo, las medias anuales de eficiencia técnica son indiscernibles, excepto por el último valor anual, durante el cual ese parámetro aumenta. Esto coincide con el término de El Niño, durante ese periodo, como es reportado por Goddard L. Et. al., (1997). Si o no, eso favoreció la pesquería al restablecer la oferta de nutrientes hacia la superficie a través de una termoclina y nutriclina, como ha sido reportado por Wooster et. al., (1985), para eventos semejantes anteriores, no puede ser establecido en este estudio. La eficiencia técnica no cambia a través del tiempo, excepto por el último periodo observado, solo en él es posible que la eficiencia sea una fuente de cambio en la productividad.

Los retornos de escala son poco menos que constantes o unitarios debido a la elasticidad parcial negativa del trabajo. El uso creciente de ese factor con respecto al capital fijo induce congestión como cuando se lanza sobre agregaciones de atún y delfín. Una fuente aparente de cambio tecnológico desincorporado y sesgado es el conocimiento y experiencia sobre el dónde, cuando y porque de pescar en ciertas localidades del pacífico Tropical del Este.

Los resultados observacionales obtenidos sobre los sitios preferenciales de pesca frente a las costas de México, revelan que los productores de atún lanzan de una manera muy consistente con lo que la oceanografía teórica y observacional predicen y describen como localidades donde los procesos oceanográficos propician la productividad biológica superficial y la ocurrencia de esta pesquería (Blackburn, M. 1962, 1965, 1969, Griffiths, R. 1963, Laevastu T. Et. al., 1963; entre otros mencionados). Entre esos procesos las divergencias oceánicas y costeras bajas e islas con irrupción superficial de nutrientes (Cromwell, T. 1958), relacionables a la riqueza biológica de las aguas

superficiales frente a las costas occidentales de México favoreciendo entonces la ocurrencia de tunidos en agregaciones comerciales en ciertas localidades geográficas, que como es mencionado resultan ser consistentes con los resultados observacionales expuestos.

Como no parece que esta industria atraiga capital nuevo, y posiblemente continuara sujeta en su pesca a la política de atún-delfín, la única fuente aparente de incremento en productividad es conocer mejor la dinámica de los procesos oceanográficos que propician el desarrollo de esta industria.

## Appendice 1

Transcendental Logarithmic Stochastic Frontier of Productions. (Non-Homogeneous, non-linear).

$$\ln y_{it} = \beta_0 + \sum \beta_j \ln x_{it} + \cdot 5 \sum_j \sum_k \beta_{jk} \ln X_j \ln X_k + \sum Ds_{it} + V_{it} - U_{it}$$

Constant Elasticity of Substitution, CES-Stochastic Frontier of Production. (Homogeneous- Non Linear)

$$\ln l_i = \beta_0 + \beta_1 \ln x_1 + \beta_2 \ln x_2 + \beta_3 \left( \frac{\ln x_1}{\ln x_2} \right)^2 + \beta_4 \ln x_4 = (SS4) + \beta_5 \ln x_5 + \beta_6 x_6 + V_i - U_i$$

$X_5 = stock) \quad X_0 = t$

$$\begin{aligned} \delta_{LL} + \delta_{LK} &= 0, \delta_L + \delta_K \neq 0 \\ \delta_{KK} + \delta_{LK} &= 0 \\ \delta_{LL} &= \delta_{KK} = \delta_{LK} \end{aligned}$$

Cobb-Douglas Stochastic Frontier of Production (Homogeneous - non-linear)

$$\ln l_i = \beta_0 + \beta_1 \ln x_1 + \beta_2 \ln x_2 + \beta_3 \ln x_3 + \beta_4 \ln x_4 + \beta_5 x_5$$

$$\begin{aligned} \delta_{LL} + \delta_{LK} &= 0, \delta_L + \delta_K \neq 1 \\ \delta_{KK} + \delta_{LK} &= 0 \end{aligned}$$

Additionally

$$\delta_{LL} = \delta_{KK} = \delta_{LK} = 0$$

## Apendice 2

Jondrov et al., extracted  $u$  from  $\varepsilon = v - u$  as follows:

$$f(v) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_v}} \cdot \exp\left[-\frac{v^2}{2\sigma_u^2}\right]$$

$$f(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_u\sigma_v}\phi(-\mu/\sigma_u)} \cdot \exp\left[\frac{(u-\mu)^2}{2\sigma_u^2}\right]$$

$\mu$  = mode of the truncated normal.

$$f(u, v) = \frac{1}{2\pi\sigma_v\sigma_u\phi(-\mu/\sigma_u)} \cdot \exp\left[\frac{(u-\mu)^2}{2\sigma_u^2} - \frac{v^2}{2\sigma_v^2}\right] \text{ then:}$$

$$f(u, \varepsilon) = \frac{1}{2\pi\sigma_u\phi(-\mu/\sigma_u)} \cdot \exp\left[\frac{(u-\mu)^2}{2\sigma_u^2} - \frac{(\varepsilon+u)^2}{2\sigma_v^2}\right] \text{ and}$$

$$f(\varepsilon) = \int_0^{\infty} f(u, \varepsilon) du = \frac{2}{\sqrt{2\pi\sigma\phi(-\mu/\sigma_u)}} \phi\left(\frac{\mu}{\sigma\lambda} - \frac{\varepsilon\lambda}{\sigma}\right) \cdot \exp\left(-\frac{(\varepsilon+u)^2}{2\sigma^2}\right)$$

$f(\varepsilon)$  = Asymmetrically distributed with mean and variance

$$E(\varepsilon) = \varepsilon(u) = -\frac{\mu a}{2} - \frac{\sigma_u a}{\sqrt{2\pi}} \cdot \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{\mu}{\sigma_u}\right)^2\right)$$

$$V(\varepsilon) = \mu^2 \frac{a}{2} \left(1 - \frac{a}{2}\right) + \frac{a}{2} \left(\frac{\pi - a}{\pi}\right) \sigma_u^2 + \sigma_v^2$$

where

$$a = \sum \phi(-u/\sigma_u)^{-1}$$

and

$$f(u/\varepsilon) = \frac{f(u, \varepsilon)}{f(\varepsilon)} = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma \cdot (1 - \phi(-\mu/\sigma \cdot))}} \cdot \exp\left[-\frac{(u - \tilde{\mu})^2}{2\sigma \cdot}\right]$$

with  $f(u/\varepsilon) \sim N^+(\tilde{\mu}, \sigma \cdot)$ , where  $\tilde{\mu}_i = (-\sigma_u^2 \varepsilon_i + \mu \sigma_u^2) \sigma^2$  and  $\sigma^2 = \sigma_u^2 \sigma_v^2 / \sigma^2$ , so we

can use the mean or mode in:

$T.E. = E(\exp(-u_i / \varepsilon_i))$  as:

$$E(u_i / \varepsilon_i) = \sigma \cdot \left[ \frac{\tilde{\mu}}{\sigma \cdot} + \frac{\phi(\tilde{\mu}_i / \sigma \cdot)}{1 - \phi(-\tilde{\mu}_i / \sigma \cdot)} \right]$$

## Bibliografía

Aigner, D. J., Amemiya and D. J. Poirer. 1976. On the Estimation of Production Frontiers: Maximum Likelihood Estimation of the Parameters of a Discontinuous Density Function. *International Economic Review*. Vol. 17 No 2. June.

Badan-Danson, A. J. M. Robles and J. Garcia. 1985. Polward Flows of Mexico's Pacific Coast: in Polward Calcofi and flows and Eastern Boundaries Springer Verlag Lectur. Notes .

Bairam, Erkin., 1991 Elasticity of Substitution, Technical Progress and returns to Scale in Branches of Soviet Industry: A New CES Production Function Approach. *Journal of Applied Econometrics*, Vol. 91-96.

Barber, R.T., J. E. Kogelschatz and F.P. Chavez 1985. Origin of Productivity Anomalias During the 1982-83 . El Niño. *Calco F, Rep.*, Vol. XXVI.

Barbera, A. J., and V. D. McConnell 1990. The Impact of Environmental Regulations en Productivity: Direct and Indirect Effects. *Journal of Environmental Economics and Management* 18, (50.05).

- Barbera, G.E., and T.D. Coelli. 1990. The Impact of Environmental Regulations on Productivity: Direct and Indirect Effects. *Journal of Environmental Economics and Management*. 18, 50-65.
- Battese, G. E., T. J. Coelli and T.C. Colby. 1989. Estimation of Frontier Production Functions and Efficiencies of Indian Farmers Using Panel Data. *Empirical Economics*, 20, 325-332.
- Battese, G.E., and T.D. Coelli 1992. Frontier Production Functions, Technical Efficiency and Panel Data: With Application to Paddy Farmers in India. *Journal of Productivity Analysis*, 3, 153-169.
- Battese, G.E., and T.D. Coelli. 1988. Prediction of Firm Level Technical Efficiency with a Generalized Frontier Production and Panel Data. *Journal of Econometrics* 38, 387-389.
- Battese, G.E., and T.J. Coelli 1993. A Stochastic Frontier Production Function Incorporating a Model for Technical Inefficiency Effects. Working papers in Econometrics and Applied Statistics, No 69, Department of Econometrics, University of New England, Armidale.
- Blackburn, M., 1962 Distribution and Abundance of Tuna Related to Wind and Oceanic Conditions. U.S. Fish Wildl. Serv. Spec. Sci. Rep. Fish., No 404 .

Blackburn, M., 1965 Oceanography and Ecology of Tunas. In Harold Barnes (Editor),  
George Allen & Unwin Ltd., London.

Blackburn, M., 1969 Conditions Related to Upwelling that Determine Distribution of  
Tropical Tunas off Western Baja California. U.S. Fish Wild. Serv. Spec. Sci. Rep.  
Fish. Rep., No 63.

Bowman, M.J., and W. E. Esaias 1978 Oceanic Fronts in Coastal Processes. Proceeding  
of a Workshop held at the Marine Sciences research Center, May 25-27. 1977.  
Edited by Malcom J. Bowman and Wayne E. Esaias and co-authored by the  
participants. Spring-Verlag Berlin Heidelberg New York 1978 .

Bravo-Ureta, B. E. and Laszlo Rieger. 1991 Dairy Farm Efficiency Measurement Using  
Stochastic Frontiers and Neoclassical Duality. American Agricultural Economics  
Association.

Broadhead, G.C. and I. Barret 1964 Some Factors Affecting the Distribution and  
Apparent Abundance of Yellowfin and Skipjack Tunas in the Eastern Tropical  
Pacific Ocean. Bull. Inter. Amer. Trop. Tuna Commision,17 .

Brown, J. 1998. Ocean Circulation. The Open University.

Burriss J.E., 1992. Dolphins and the Tuna Industry National. Research Council, National  
Academy Press . Washington, D.C.

Campbell, H.f. and A.J. Hand 1997. Testing for Technology Transfer in the Salomon Islands Pole and Line Fishery. JEL. Class: C23,030Q22.

Chairez Autwn F. A., 1999. Historia de la Pesca del Atun en México. Editor: Chairez Autwn I.A.

Chalton, D.B., P.A. Bernal and J.A. McGoman 1980. Laroe-scale Interannual Physical and Biological Interaction in the California Current. Jorunal of Marine Research., Vol. 40.

Christensen Laurits R., Dale W. Jorgenson and Laurence J. Lau 1970. Transcendental Logarithmic Production Frontiers. Second World Congress of the Econometric Society, Cambridge, England.

Coelli, T., D.S. Prasada. Rao and G.E.Battese.1998. An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis. Kluwer Publishers.

Coelli, T.J., and Battese G.E. 1996. Identification of Factors Which Influence the Technica Efficiency of Indian Farmers. Australian Journal of Agriculture Economics 40(2) 19-44 .

- Conrad, K. and C.J. Morrison 1989. The Impact of Pollution Abatement Investment of productivity change: An empirical comparison of the U.S.A., Germany and Canada. *Souther Economics Journal* 5.5 (084-98).
- Corbo, Vittorio., 1979. The Translog Production Function: Some Evidence from Establishment Data. *Journal of Econometrics* 10, 193-199.
- Cromwell, T. 1958. Thermocline Topography, Horizontal Currents and Ridgin in the Eastern Tropical Pacific Ocean IATTC., *Bull. Vol. III No 3*.
- Farrel, M.J. 1957. The Measurement of Productive Efficiency, *Journal of the Royal Statistical Society, Series A, General*, 120 Part 3, 252-81.
- Goddard, L. and Nicholas E. Graham 1997. El Nino in the 1990s. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 102, No C5 pp 10,423-10,436.
- Golombeck, R. and A. Raknerud. 1994. Environmental Regulations and Manufacturing Employment: A microeconomiz study of Norwegian Data. *Foundation for research in economics and bussiness administration*. Oslo, Norway.
- Griffths, R.C., 1962. Studies of the Oceanic Fronts in the Mouth of the Gulf of California, An Area of Tuna Migrations. *FAO, Exp. Paper No 34*.

Heathfield D.F. and Soren Wibe 1987. An introduction to cost and production functions.

Humanities Press International Inc.

Henderson, J.M., and R. E. Quadt 1980. Microeconomic Theory: A Mathematical Approach. Economics Handbook Series. McGraw-Hill Book Company.

Herrick, Jr. Samuel F., James Kirkley, K.G. Salvangs and Dale Squires 1996.

Environmental Regulation and Technical Efficiency: The Case of the Tuna Dolphin Fishing. "TUNA18.T61" December 4, 1997 Southwest Fisheries Science Center. Administrative Report LJ-94-22.

Hetemaki L. 1996. Environmental Regulation and Production Efficiency: Evidence from The Pulp Industry Finnish Forest Research Institute.

IATTC, 1997 El Ano Pesquero 1995. Documento 1,57 Reunion de la Comision Interamericana del Atun Tropical. La Jolla, CA. USA.

Iinuma, M., Khem R., PingSund Leung 1998. Technical Efficiency of Carp Culture in Peninsula Malaysia: An Application of Stochastic Production Frontier and Technical Inefficiency Model. Aquaculture 175 (1999) 199-213.

Jorgenson, Dale W., 200 Econometric Modeling of Producers Behavior. Vol.1 The MIT Press Cambridge, Massachusetts London, England.

Kirkley, E. J., Dale Squires and Ivar Strand 1995 Assessing Technical Efficiency in Commercial Fisheries: The Mid-Atlantic sea Scallop Fishery. American Journal of Agricultural Economics. 77, 686-697.

Kumbhakar, S.C., and C.A. Knox Lovell 2000. Stochastic Frontier Analysis. Cambridge University Press.

Laevastu, T., and Rosa Jr. 1963 Distribution and Relative Abundance of Tunas in Relation to their Eenvironment.FAO Exp. Paper No 34.

Lalli, M. Carol., Timothy R. Parsons 1997. Biological Oceanography. An Introduction. The Open University. Butterworth Editor.

Laur M.R. 1985. Applications of Satellite Remote Sensing to Fisheries. California Sea Grant Report No. T-CSGCP-12.

Lucas, L. Hudgins., 1987. A Summary of the Tuna Industry in Mexico, the Philippines and Thailand: A Comparative Analysis in Development of Tuna Industries in the Pacific Islands Region. An analysis of Options. Doulmare Editor, 1987.

McGowan J. A., and R\T. L. Hayward 1978. Mixing and Oceanic productivity. Deep-Sea Research, Vol. 25.

Montgomery, D. 1985. Ocean color Operations for Comercial Fisheris Applications.  
California Sea Grant, No. T-CSGCP-012.

PNAAPD. 1997. Reporte Interno. Programa Nacional de Aprovechamiento del Atun y  
Proteccion al Delfin. INP. Mexico.

Ramanathan, R. 1993. Statistical Methods in Econometrics. Academic Press.

Ringstad, Vidar., 1974 Some Empirical Evidence on the Decreasing Scale Elasticity.  
Econometrica, Vol. 42 No.1.

Ronden, G.I. 1971. Aspects of the transition zone in the Northeastern Pacific, Journal of  
Geophysical Research, vol. 70 No. 5.

Rothschild, Brian J., 1974. Fishery Potential from the oceanic Regions: in The Biology of  
the Ocean Pacific. Proceedings of the Annual Biology Colloquium. OSU. Editor.

Sharma, Khem R., PingSund Leung 1998. Technical Efficiency of the Long-line Fishery  
in Hawaii: An Application of a Stochastic Production Frontier. Marine Resource  
Economics, Vol. 13 259-274.

Sund, P.N., Blackburn M., and F. Williams 1981. Tunas and Their Environment in the  
Pacific Ocean: A Review. Ocean. Mar. Biology Ann. Rev. 19. 443-512.

Wooster, W.S., and D.L. Fluharty 1985. El Nino North: Nino Effects in the Eastern Subartic Pacific Ocean. Washington Sea Grant Program. University of Washington.

Wyrtky, Klaus., 1966. Surface Currents of the Eastern Tropical Pacific Ocean. IATTC. Bull. Vol. 14.

Yatsawarny, S. and J.D. Klein. 1994. The Effects of Sulfurdioxide Controls an Productivity Change in the U.S. Electric & Power Industry. Review of Economics and Statistics. LXXVI.