



**Centro de Investigación en Alimentación y
Desarrollo, A.C.**

TESIS

**CONDICIONES DE DEMANDA DE HARINA Y ACEITE DE
PESCADO PARA PIENSOS ACUÍCOLAS EN MÉXICO**

Por:

HidroBiól. Andrés Arcos Méndez

**TESIS APROBADA POR LA
COORDINACIÓN DE ACUICULTURA Y MANEJO AMBIENTAL**

**Como requisito parcial para obtener el grado de
MAESTRO EN CIENCIAS**

Mazatlán, Sinaloa.

Octubre 2015

DECLARACIÓN INSTITUCIONAL

La información generada en esta tesis es propiedad intelectual del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Se permiten y agradecen las citas breves del material contenido en esta tesis sin permiso especial del autor, siempre y cuando se dé crédito correspondiente. Para la reproducción parcial o total de la tesis con fines académicos, se deberá contar con la autorización escrita del director del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. (CIAD).

La publicación en comunicaciones científicas o de divulgación popular de los datos contenidos en esta tesis, deberá dar los créditos al CIAD, previa autorización escrita del manuscrito en cuestión del director de tesis.

Dr. Pablo Wong González

Director General

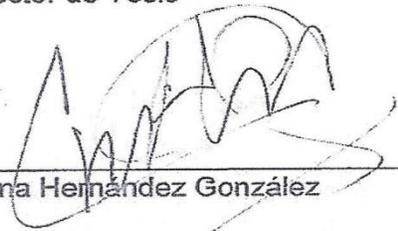
APROBACIÓN

Los miembros del comité designado para la revisión de la tesis del HidroBiól. Andrés Arcos Méndez, la han encontrado satisfactoria y recomiendan que sea aceptada como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias, con especialidad en Acuicultura.



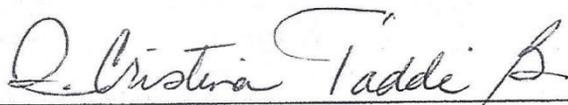
Dr. Francisco Javier Martínez Cordero

Director de Tesis



Dra. Crisantema Hernández González

Asesor Interno



Dra. Isabel Cristina Taddei Bringas

Asesor Interno



Dr. Albert G.J Tacon

Asesor Externo, Hawaii. USA.



Dr. José Manuel Fernández Polanco

Asesor Externo

Universidad de Cantabria, España

AGRADECIMIENTOS

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT)**, por la beca otorgada durante el período de la maestría.

Al **Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD). Unidad Mazatlán en Acuicultura y Manejo Ambiental**, por las facilidades y el apoyo institucional brindados para la realización de esta maestría y permitirme formar parte de su comunidad académica.

Al **Dr. Francisco Javier Martínez Cordero** por ser parte importante de mi formación académica y saber dirigir la presente investigación. Gracias por aceptar que formara parte de su equipo de trabajo dentro del Laboratorio de Economía Acuícola y Prospectiva (LEAP), por confiar en mis aptitudes, por sus acertadas observaciones y sugerencias, por su constante apoyo y amistad. Palabras de agradecimiento, admiración y respeto.

A los miembros del comité de tesis: **Dra. Crisantema Hernández González, Dra. Isabel Cristina Taddei Bringas, Dr. Albert G.J Tacon** y al **Dr. José Manuel Fernández Polanco**, por el aporte de su expertis a través de sus observaciones y grandes recomendaciones que permitieron que saliera a flote este trabajo.

Al **Consejo Nacional de Fabricantes de Alimentos Balanceados y de la Nutrición Animal, A. C. (CONAFAB)**, por facilitar en todo momento anuarios y cifras de producción actualizadas.

A los facilitadores de información: **Camarón de Cultivo (Biól. Rodolfo Rochín Ríos**, vía Nutrimentos Acuícolas Azteca), **Tilapia (Biól. Edmundo Urcelay Gutiérrez y M.V.Z. Rosendo García Delgado**, vía Grupo los Belenes – Winfish, Zeigler) y **Bagre (C. Abelado de Jesús Ruz Richaud**, vía Purina Agribrands, México- Cargill).

Al **M. en C. Edgar Sánchez Zazueta**, por sus comentarios constructivos y asesorías generales en todo momento, quien sin saber quién, cómo y cuándo ayudó de manera desinteresada en este trabajo, y sobre todo por su amistad.

A los catedráticos del CIAD Unidad Mazatlán que fueron parte de mi formación académica (**Dr. Miguel Betancourt Lozano, Dr. Francisco Javier Martínez Cordero, Dra. Crisantema Hernández González, Dr. Pablo Almazán Rueda, Dr. Cesar Alejandro Berlanga Robles, Dr. Juan Madrid Vera, Dr. Leonardo Ibarra Castro, Dr. Omar Calvario Martínez, Dr. Alfredo Castillo Guerrero, Dra. Emma Josefina Fajer Ávila, Dra. María Cristina Chávez Sánchez, Dra. Sonia Araceli Soto Rodríguez, M. en C. Héctor G. Plascencia González, M. en C. Leobardo Montoya Rodríguez, M. en C. Isabel Abdo de la Parra, M. en C. Ana C. Puello Cruz y M. en C. Estela Rodríguez**).

A la **I. en A. Laura Grecia Flores Acosta** por su incondicional apoyo durante todo este proceso, gracias por tu ayuda en todo momento.

A mis compañeros y amigos de posgrado: **IBQ. Adriana Osuna Salazar, Biól. Alejandra Ochoa González, IBQ. Daniela Rodríguez Aguirre, IBQ. Eveline Azucena Tirado Flores, IBT. Luz Adriana Rochín Terán, MVZ. Marian del Valle Herrera, IBQ. Martín Esteban Castillo Salas**. Gracias por su apoyo que de alguna u otra forma dieron sugerencias para este trabajo. Gracias por todos esos momentos de convivencia y experiencias vividas, esos momentos muy agradables y aún más divertidos que sin ustedes este tiempo no hubiera sido lo mismo.

A todas las personas que de alguna u otra forma colaboraron durante la realización de este trabajo, muchas gracias.

DEDICATORIA

A Dios

Por permitirme llegar hasta esta instancia, por sus bendiciones y por darme una familia maravillosa.

A mis Padres: Guillermo y Carolina

Por darme la vida y por estar conmigo en todo momento apoyándome aunque sea en la distancia. Gracias por todo papá y mamá, aunque hemos pasado momentos difíciles siempre han estado ahí para darme ánimos y brindarme todo su amor. Este trabajo también es de ustedes.

A mi Abuelito: Lázaro

Por estar siempre en los momentos importantes de mi vida, siendo un apoyo incondicional, piedra angular y ejemplo para salir adelante. Por los consejos que han sido de gran ayuda para mi vida y crecimiento.

A mis Hermanos: Guillermo Jr. y Moisés

Por su apoyo y cariño me han enseñado a salir adelante. Gracias por su paciencia, gracias por preocuparse por su hermano el de en medio jeje, pero sobre todo, gracias por estar en otro momento tan importante en mi vida.

Gracias doy a mi Dios siempre por vosotros,
Porque en todas las cosas fuisteis enriquecidos
en él, en toda palabra y en toda ciencia.

1 Corintios 1:4-5.

RESUMEN

La demanda de alimentos balanceados ha incrementado debido al crecimiento de la acuicultura, siendo un sector dependiente del suministro de ingredientes clave: harina y aceite de pescado, cuya oferta es limitada por la sobreexplotación de los recursos pesqueros. Estos factores han provocado un aumento en el precio de los insumos, lo que representa un desafío en la expansión de cultivos y para la aportación de acuicultura a la Seguridad Alimentaria en México. La presente investigación analiza las condiciones de demanda de harina y aceite de pescado para piensos acuícolas en México durante el periodo de 2002-2013 respecto a las tendencias de sustitución por fuentes de proteína vegetal (harina de soya y aceite de canola), y proyecta sus necesidades de acuerdo a escenarios futuros (2020) de crecimiento de camarón, tilapia y bagre. Para establecer y cuantificar las variables que determinan y afectan la demanda, se establece un modelo econométrico uniecuacional de producción acuícola integrado y modelos econométricos específicos de ecuaciones simultáneas por especie. Los resultados del primer modelo indican que la demanda es inelástica a cambios en los precios de harina ($\eta=-0.146$) y aceite de pescado ($\eta=-0.09$), por lo que estos insumos se comportan como bienes superiores (normales). La elasticidad-precio del sustituto (aceite de canola) fue inversa al signo esperado ($\eta=-0.158$). Los modelos por especies indican una diferencia en la demanda de piensos, la cual obedece a los volúmenes de producción de camarón, tilapia y bagre. Se observó una mayor respuesta de la producción en función de la disponibilidad de piensos, que el precio en sí mismo. Por consiguiente, la estimación de elasticidad-precio de alimentos balanceados resultó ser inelástica para cada cultivo. Los escenarios utilizados en el análisis prospectivo: Tendencial, Intermedio y de la CONAPESCA mostraron que todas las especies tendrán crecimiento, por lo que implicará una mayor demanda de piensos acuícolas e inclusión de harina y aceite de pescado, respecto a niveles de eficiencia y gestión en la alimentación. En atención a la visión de crecimiento de la CONAPESCA en la producción de peces marinos, sus proyecciones resultan ser poco conservadoras. En consecuencia, la producción de alimentos balanceados crecerá en todos los escenarios.

Palabras clave: demanda; harina y aceite de pescado; acuicultura; piensos

ABSTRACT

Aquafeeds demand has increased due to the growth of aquaculture, being a dependent industry supply key ingredients: flour and fish oil; your supply has been limited by overexploitation of fishery resources. These factors have led to an increase in the price of inputs, which represents a challenge to the expansion of aquaculture and food security in Mexico. This research analyzes the conditions of demand for fishmeal and fish oil for aqua feeds in our country during the period 2002-2013 regarding implications of replacement sources of vegetable protein (soybean meal and canola oil) and projected needs according to future scenarios (2020) growth of shrimp, tilapia, trout and catfish. To establish and quantify the variables that determine and affect demand is established a single-equation econometric model of integrated aquaculture production and specific econometric models of simultaneous equations by species. The results of the first model indicate that demand is inelastically to changes in prices of fishmeal ($\eta = -0.146$) and fish oil ($\eta = -0.09$), so these inputs behave as superior goods (normal). The price elasticity of substitute (canola) was inverse that the expected sign ($\eta = -0.158$). The models species indicates a difference in demand of aquafeeds, which reflects production volumes shrimp, tilapia and catfish. Was observed that the main response of production in function in to the availability of feed, the price itself. Therefore, the estimated price elasticity aquafeeds proved to be inelastic for each crop. The scenarios used in the prospective analysis: Trend, Intermediate and CONAPESCA showed that all species will increase production, so will mean increased demand for aquafeeds and inclusion of fishmeal and fish oil, compared to levels of efficiency and feeding management. In attention to the vision CONAPESCA growth in the production of marine fish, projections turn out to be slightly conservative. Consequently, feed production will grow in all scenarios.

Key words: demand; fishmeal and fish oil; aquaculture; aquafeeds.

ÍNDICE DE CONTENIDO

LISTA DE TABLAS	xi
LISTA DE FIGURAS	xii
CAPÍTULO I.- INTRODUCCIÓN	14
1.1. JUSTIFICACIÓN	17
1.2. MARCO REFERENCIAL	19
1.2.1. Importancia de la acuicultura y los alimentos balanceados.....	21
1.2.2. La Acuicultura a nivel mundial.....	21
1.2.3. La Acuicultura en México.....	23
1.2.4. Producción de Alimentos Balanceados.....	25
1.3. HIPÓTESIS	27
1.4. OBJETIVOS	28
1.4.1. Objetivo General	28
1.4.2. Objetivos Particulares.....	28
1.5. METODOLOGÍA	29
CAPÍTULO II. MERCADO DE ALIMENTOS BALANCEADOS EN MÉXICO (SECTOR ACUÍCOLA)	31
CAPÍTULO III.- MARCO TEÓRICO	35
3.1. TEORÍA DE LA DEMANDA	35
3.2. ANÁLISIS DE SERIES DE TIEMPO	38
3.2.1 Componentes de una Serie Temporal	38
3.2.2 Métodos de Series de Tiempo	39
3.2.3 Objetivos del Análisis.....	40
3.2.4. Cálculo de la Media Móvil	40
3.2.5. Modelos de Tendencia	43
3.2.6. Cálculo del Índice Estacional	45
3.2.7. Combinación de Previsiones.....	46
3.2.8 Resultados por especie en el Corto y Mediano plazos	48
Camarón de cultivo.....	48
Tilapia.....	53
Bagre.....	57
Trucha.....	61

CAPÍTULO IV. ESTIMACIÓN DEL MODELO ECONOMÉTRICO	66
4.1. Modelo.....	66
4.2. Modelo de Regresión Lineal Múltiple (MRLM).....	67
4.3. Estimación por Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO).....	68
4.4. Variables	69
4.5. Validación del modelo.....	74
4.6. Depuración del Modelo.....	76
4.7. Elasticidades	78
4.8. Modelos con Ecuaciones simultáneas	82
Demanda de piensos para Camarón de Cultivo	83
Demanda de piensos para Bagre	88
Demanda de piensos para Tilapia.....	93
CAPÍTULO V. EVALUACIÓN DE ESCENARIOS.....	108
5.1. CONTEXTO GENERAL	109
5.2. ESCENARIO TENDENCIAL.....	109
5.3. ESCENARIO DE LA CONAPESCA	113
5.4. ESCENARIO INTERMEDIO	113
5.5. PROYECCIONES.....	113
5.5.1. Camarón de cultivo.....	113
5.5.2. Tilapia.....	116
5.5.3. Bagre.....	119
5.5.4. Peces Marinos.....	121
5.5.5. Pienso Acuícolas.....	123
5.5.6. Factor de Conversión Alimenticia (FCA).....	127
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	130
BIBLIOGRAFÍA CITADA	133

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Comparación de los valores obtenidos del MSD entre dos técnicas para cada una de las especies.....	42
Tabla 2. Valor de los índices estacionales para cada trimestre por especie.....	45
Tabla 3. Comparación de datos con predicciones con distintos modelos.....	46
Tabla 4. Clasificación y descripción de variables endógenas y exógenas.....	72
Tabla 5. Valores de las variables utilizadas en el modelo.....	74
Tabla 6. Variables utilizadas en el modelo camarón de cultivo.....	84
Tabla 7. Variables utilizadas en el modelo bagre.....	89
Tabla 8. Variables utilizada en el modelo tilapia.....	94
Tabla 9. Valores de elasticidad de demanda-precio de piensos por especie.....	99
Tabla 10. Producción total, promedio y tasa media de crecimiento anual de las principales especies.....	110
Tabla 11. Valores del factor de conversión alimenticia e inclusión de harina y aceite de pescado para especies cultivadas en México.....	110
Tabla 12. Porcentaje de sustitución de harina y aceite de pescado por fuentes vegetales.....	112
Tabla 13. Resumen de escenarios para camarón de cultivo.....	115
Tabla 14. Resumen de escenarios para tilapia.....	118
Tabla 15. Resumen de escenarios para bagre.....	120
Tabla 16. Resumen de escenarios para peces marinos.....	123
Tabla 17. Resumen de escenarios para piensos acuícolas.....	125

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Modelo conceptual para el Análisis de demanda.....	29
Figura 2. Participación en volumen de producción de alimentos balanceados.....	31
Figura 3. Producción histórica de piensos acuícolas para el período 2002-2013.....	33
Figura 4. Porcentaje de variación de producción respecto a años previos.....	33
Figura 5. Desplazamiento simple o paralelo de la curva de demanda.....	37
Figura 6. Desplazamiento estructural de la curva de demanda.....	37
Figura 7. Cálculo de la Media Móvil trimestral para la especie de camarón en el periodo 2002-2012 (sombreado gris).....	41
Figura 8. Análisis de series de tiempo por el método de Media móvil para camarón y la predicción (elipse rojo) para el año 2014.....	42
Figura 9. Cálculo de los modelos de tendencia lineal y cuadrática para camarón en el período 2002-2013.....	43
Figura 10. Dirección de la serie de tiempo, utilizando los modelos de tendencia lineal y cuadrática en el conjunto de datos de producción de Camarón.....	44
Figura 11. Validación de los modelos de media móvil, tendencia y pronóstico estacional.....	47
Figura 12. Análisis de los componentes de series de tiempo para Camarón en el corto plazo.....	49
Figura 13. Análisis de los componentes de series de tiempo para Camarón en el mediano plazo.....	51
Figura 14. Análisis de los componentes de series de tiempo para Tilapia en el corto plazo.....	54
Figura 15. Se muestra el análisis de los componentes de series de tiempo para Tilapia en el mediano plazo.....	56
Figura 16. Análisis de los componentes de series de tiempo para Bagre en el corto plazo.....	58
Figura 17. Análisis de los componentes de series de tiempo para Bagre en el mediano plazo.....	60
Figura 18. Se muestra el análisis de los componentes de series de tiempo para Trucha en el corto plazo.....	62

Figura 19. Análisis de los componentes de series de tiempo para Trucha en el mediano plazo.....	64
Figura 20. Producción proyectada para camarón de cultivo.....	115
Figura 21. Producción proyectada para tilapia bajo distintos escenarios.....	117
Figura 22. Producción proyectada para bagre bajo distintos escenarios.....	120
Figura 23. Producción proyectada para peces marinos.....	122
Figura 24. Producción proyectada para piensos acuícolas.....	125
Figura 25. Tendencia proyectada para el factor de conversión alimenticia.....	128

CAPÍTULO I.- INTRODUCCIÓN

Para el año 2050 se estima un crecimiento poblacional cercano a 9,6 mil millones, por lo que hay un reto fundamental en el sector alimenticio. Por consiguiente, la alimentación mundial y seguridad nutricional debe lograrse mediante el aumento de la producción de alimentos, mejorar la calidad nutricional y la reducción de los residuos. Así mismo, es esencial comprender las tendencias regionales como las implicaciones en el mercado internacional en la discusión del papel que el sector de pescados y mariscos tiene en el logro de la seguridad alimentaria (Kobayashi *et al.*, 2015).

La producción acuícola en todo el mundo está creciendo y es poco probable que se detenga en un futuro previsible. Sin embargo, la producción de muchas especies de la acuicultura depende de la pesca para el material en la elaboración de piensos. Esto plantea un potencial problema de sostenibilidad para la industria de la acuicultura (Kristofersson *et al.*, 2006). Cerca de un tercio de la producción se centra en organismos que utilizan la harina de pescado y aceite de pescado en su dieta, incluyendo peces marinos carnívoros (Tacon y Metian, 2008).

En el medio ambiente aparecen desafíos como enfrentar la disyuntiva entre la capacidad de carga ambiental local y la limitada disponibilidad de alimentos. La "trampa de la harina de pescado" es una hipótesis que afirma que la acuicultura es el medio ambiente degradador; porque el aumento de la demanda de piensos conduce a un aumento del esfuerzo pesquero y con ello pone en peligro la viabilidad de las poblaciones de peces silvestres (Asche, 2008). Los ingredientes alternativos más utilizados en dietas acuícolas son harinas y aceites de animales terrestres o de origen vegetal. La preocupación es que la acuicultura se ha limitado en la sustitución de la harina de pescado en fuentes con proteína vegetal y que la limitada oferta de harina de pescado puede restringir el desarrollo futuro de la industria y el resultado es la

sobreexplotación de los peces pelágicos pequeños utilizados en la harina de pescado (Kristofersson *et al.*, 2006).

Se estima que el uso de harina de pescado en alimentos para la acuicultura ha disminuido más de 10% desde el año 1997. De la harina de pescado producida, se ha utilizado en acuicultura alrededor de un tercio, a pesar del rápido crecimiento del sector acuícola. Esto no es consistente con los límites del crecimiento, ni siquiera para especies carnívoras. La acuicultura no se ha apoderado de toda la oferta disponible de harina de pescado en el mercado mundial. Su participación se ha estabilizado en alrededor de un tercio de la producción mundial (Kristofersson *et al.*, 2006).

El porcentaje de la producción total de harina de pescado utilizada en la acuicultura ha crecido desde el 30% en 2000 al 62% en 2007, y se estima que alcanzará el 70% en 2012, con aproximadamente 3,607 miles de toneladas para su inclusión en piensos acuícolas (Jackson, 2008). Esto sugiere que la expansión de la acuicultura jugará un papel importante en el comercio de la harina y aceite de pescado (Jackson, 2008; New y Wijkström, 2002; Tacon y Metian, 2008).

Los factores de mercado, como el precio y fluctuaciones de la oferta, han estimulado la innovación nutricional que permite un cambio rápido y continuo de los ingredientes marinos en las dietas, principalmente por proteínas y aceites vegetales (Shepherd y Jackson, 2013).

La harina de pescado es un polvo marrón obtenido después de la cocción, prensado, secado y molienda de pescados crudos frescos y subproductos derivados del procesamiento del pescado (Shepherd y Jackson, 2013). Se utilizan muchas especies diferentes para la producción de harina y aceite de pescado. Sin embargo, las especies pelágicas pequeñas, en particular, la anchoveta, son las que se emplean principalmente para su transformación (FAO, 2012).

Los desechos de especies de peces comerciales utilizadas para consumo humano se emplean cada vez más en los mercados de piensos y se registra un aumento del porcentaje de harina de pescado que se obtiene de recortes y otros residuos derivados de la elaboración de filetes de pescado. Según las últimas estimaciones, para el 2010 un 36% aproximadamente de la producción mundial de harina de pescado se obtuvo de desechos (FAO, 2014).

En 2010, se destinaron a usos no alimentarios 20,2 millones de toneladas, de las cuales el 75% (15 millones de toneladas) se transformó en harina y aceite de pescado. El fenómeno de El Niño tiene efectos considerables en las capturas de anchoveta, que han registrado momentos de máxima producción y otros de caídas drásticas en los últimos decenios, pasando de 12,5 millones de toneladas en 1994 a 4,2 millones en 2010 (FAO, 2012).

Actualmente, en los mercados de piensos se utilizan cada vez más desechos, y un porcentaje creciente de harina de pescado se obtiene del desbarbado y otros desechos de la preparación de los filetes de pescado (FAO, 2012).

Según La Organización Internacional de Harina y Aceite de Pescado (IFFO), los subproductos del procesamiento de los peces marinos son transformados cada vez más en harina de pescado, después de haber alcanzado en 2009 una cuota del 25% de la producción mundial de alrededor de 4,8 millones de toneladas de harina de pescado (Natale *et al.*, 2013). La harina de pescado producida a partir de subproductos de pescado deberá representar 49% de la producción mundial de harina de pescado total en 2022 (OCDE/FAO, 2013).

Si los procesos de gestión en pesquerías de la harina de pescado son adecuados, hay una enorme oportunidad de aumentar los ingresos y con ello el bienestar en las comunidades que dependen de estas pesquerías. Si se gestionan de forma sostenible las poblaciones pelágicas, el aumento de los precios de la harina de pescado resultará en una mejora de las condiciones económicas (Natale *et al.*, 2013).

1.1. JUSTIFICACIÓN

Alrededor del 63% de la harina de pescado y 81% de aceite de pescado se incorporan a alimentos acuícolas. La harina de pescado es dividida entre los piensos para salmónidos, peces marinos, crustáceos y otras especies, donde más de dos terceras partes de aceite de pescado se utilizó en piensos de salmónidos y aproximadamente el 20% para peces marinos (Natale *et al.*, 2013).

El ochenta por ciento de todas las poblaciones de peces se caracterizan como plenamente explotadas o sobreexplotadas (FAO, 2009). Las limitaciones de la oferta en la pesca de captura han creado oportunidades para la acuicultura.

La acuicultura satisface la creciente demanda mundial de pescado, pero también consume cada vez una mayor parte de los recursos pesqueros silvestres del mundo (pesca de especies pelágicas o masivas). Esto ha conducido a la preocupación de que el aumento de la producción acuícola constituya una amenaza para la sostenibilidad de pesca de captura (Tveterås, 2010).

Dado que la producción acuícola exhibe uno de los más rápidos crecimientos del sector alimenticio, la dependencia de los recursos de peces silvestres capturados en piensos para la acuicultura representa un desafío para la expansión de varias especies cultivadas intensamente (FAO, 2012).

Dada la tendencia en los últimos años al aumento de precio de insumos como la harina y aceite de pescado, la reducción de la productividad de pesquerías por sobreexplotación y la situación de sobre capitalización, han estimulado la innovación nutricional que permite un cambio en la utilización de

los ingredientes marinos en la dieta, principalmente por fuentes de proteína vegetal (harinas y aceites). Sin embargo será necesario que tanto la producción de otros ingredientes de los piensos como el suministro de insumos aumenten a un ritmo similar para que este crecimiento pueda mantenerse.

La satisfacción de la futura demanda de alimentos de la acuicultura dependerá en gran parte de la disponibilidad de piensos de calidad en las cantidades necesarias.

En México la expansión y cultivo de nuevas especies con potencial acuícola o de cultivos intensivos ya establecidos dependerán de la disponibilidad de piensos y en principio de la demanda de los recursos pesqueros que se convierten en harina y aceite de pescado.

La cuestión es entonces, ¿Cuál será la tendencia de crecimiento del sector acuícola en nuestro país respecto a la disponibilidad y demanda de piensos? ¿Las tendencias de sustitución por fuentes de proteína vegetal restringirán el desarrollo futuro de la industria?

Los trabajos similares desarrollados en el país al tipo de investigación que se presenta, se enfocan principalmente en la industria agroalimentaria. Sin embargo, no existe en la literatura reportada una estimación de demanda y un estudio con las características de lo que aquí se busca determinar.

En la literatura reportada hasta ahora, no existe en México un estudio econométrico que haya estimado demanda por harina y aceite de pescado, a partir de análisis de series de tiempo de acuicultura. De ahí que el desarrollo de la presente investigación puede resultar de interés tanto para la industria agroalimentaria del país, como para la industria acuícola particularmente en cuanto a estimaciones de su crecimiento.

1.2. MARCO REFERENCIAL

La acuicultura intensiva experimentó durante los últimos 15 años, un 10.3% de crecimiento anual en su producción. Esta tendencia refleja el aumento en el consumo de pescado y de proteínas de origen animal. La expansión de la ganadería y el incremento de producción de la acuicultura implica la demanda de piensos de proteínas incluyendo la harina de pescado (Tveterås, 2010).

Sin embargo, la dependencia de los recursos de peces silvestres capturados para la elaboración de piensos para la acuicultura representa un desafío para la expansión de varias especies para cultivo intensivo. Alrededor de un tercio de las capturas mundiales de pescado se reduce a aceite de pescado y harina de pescado para su uso en el ganado y piensos acuícolas. Varios estudios han abordado la creciente demanda de proteínas marinas, así como la preocupación por la sostenibilidad de las poblaciones de peces silvestres y la viabilidad de un crecimiento continuo de la acuicultura intensiva (e.g. Naylor *et al.*, 2000; New y Wijkström, 2002; Delgado *et al.*, 2003; Hannesson, 2003; Asche y Tveterås, 2004; Kristofersson y Anderson, 2005; Tacon, 2005; Drakeford y Pascoe, 2008; Tacon y Metian, 2008; Mullon *et al.*, 2009).

La acuicultura y la pesca mantienen cada vez mayores interacciones desde el punto de vista socioeconómico a nivel del mercado mundial de alimentos. Además, dado que el 36% de los desembarques de la pesca se utilizan para la producción de harina y aceite de pescado, elementos esenciales para la alimentación de muchas especies de la acuicultura, se dan también interacciones en el nivel del mercado de alimentos para la acuicultura (Natale *et al.*, 2013).

En la actualidad, no existe información estadística precisa sobre la producción total mundial de alimentos artificiales acuícolas de granja (Tacon y Hasan, 2007). Claramente, se necesitan estudios más detallados e información

sobre el uso de alimentos para peces forrajeros y el sector de fabricación de piensos para la acuicultura comercial.

Tacon *et al.*, (2006) predijeron una disminución de la inclusión de harina de pescado y aceite de pescado en alimentos acuícolas debido a una combinación de factores económicos y de mercado, mientras que Jackson (2007) prevé un aumento en el uso de productos de la pesca en piensos acuícolas (Natale *et al.*, 2013).

Hasan *et al.*, (2007) analizan la producción y disponibilidad en el mercado global de las fuentes de alimentación de ingredientes comúnmente utilizados en piensos para la acuicultura. La revisión se centra en los países en desarrollo, que producen más del 91,5% de los peces alimentados y del total de crustáceos en 2007 (FAO, 2009).

En otro estudio, Merino *et al.*, (2010) sugieren reconsiderar la influencia de la acuicultura en los precios de la harina de pescado ya que su utilización para alimentos acuícolas ha aumentado del 35% estimado por Asche y Tveterås (2004), a 70% en 2010. Bajo esta condición, la influencia de la acuicultura en la demanda de harina de pescado sería mucho mayor. Utilizando un modelo bio-económico para el mercado mundial de harina de pescado y la industria, los resultados mostraron que la combinación de los efectos negativos de El Niño y la gestión deficiente de la pesca harían conducir a un colapso de las pesquerías de pequeños pelágicos (Natale *et al.*, 2013).

Shepherd y Jackson (2013), presentan estimaciones detalladas sobre la producción y el uso de la harina y aceite de pescado para ganado, piensos para la acuicultura y para consumo humano hasta el año 2010 y muestran cómo esto ha cambiado considerablemente en los últimos 50 años. Se presta especial atención a las tendencias actuales de producción y uso de la harina y aceite de pescado, así como de los factores subyacentes que intervienen, adelantando algunas conclusiones sobre las posibles implicaciones futuras de abastecimiento.

Un estudio más actual sobre los cambios de oferta y demanda para aceite de pescado es el presentado por Shepherd y Bachis (2014), donde muestran que el sector de los nutracéuticos tiene competencia y demanda por la principal fuente de ácidos grasos omega-3, el cual está empezando a amenazar al suministro de alimentos para la acuicultura. El crecimiento de oferta y demanda está causando inseguridad en el comportamiento de los precios del aceite de pescado, lo que repercute en la sustitución de los alimentos acuícolas por aceites vegetales. La industria nutracéutica parece dispuesta a pagar precios más altos que el sector de la alimentación de los peces de aceite de pescado con el fin de asegurar su especificación de destino en función de contenido de ácidos grasos poli-insaturados de cadena larga (AGPI-CL).

Para mantener el ritmo de crecimiento de la acuicultura con alimentación exógena, la producción mundial de piensos acuícolas seguirá aumentando y se espera que alcance los 71 millones de toneladas para 2020 (FAO, 2012).

1.2.1. Importancia de la acuicultura y los alimentos balanceados

La producción acuícola mundial ha seguido creciendo en el nuevo milenio, aunque más lentamente que en los decenios de 1980 y 1990. En el transcurso de medio siglo aproximadamente, la acuicultura ha pasado de ser casi insignificante a equipararse totalmente a la producción de la pesca de captura en cuanto a la alimentación de la población en el mundo. Este sector también ha evolucionado en cuanto a innovación tecnológica y la adaptación para satisfacer las necesidades cambiantes (FAO, 2012).

1.2.2. La Acuicultura a nivel mundial

La producción acuícola mundial sigue creciendo, aunque a menor ritmo. Según FAO, la producción acuícola mundial alcanzó otro máximo histórico de 90,4 millones de toneladas (equivalente en peso vivo) en 2012 (144 400 millones de dólares), de las cuales 66,6 millones correspondieron a peces comestibles (137, 700 millones de dólares) y 23,8 millones a plantas acuáticas, principalmente algas marinas (6, 400 millones de dólares) (FAO, 2014).

Actualmente, se crían unas 600 especies acuáticas en cautividad en todo el mundo en diversos sistemas e instalaciones de cultivo de diferentes grados de utilización de insumos y complejidad tecnológica, utilizando agua dulce, salobre y marina. Asimismo, la acuicultura contribuye notablemente a la producción de la pesca de captura basada en el cultivo, en particular en las aguas continentales, gracias al material de repoblación producido en viveros (FAO, 2012).

La producción acuícola mundial de peces comestibles aumentó a una tasa media anual del 6,2 % en el período de 2000 a 2012, lo que supuso un ritmo menor que en los períodos de 1980-1990 (10,8 %) y 1990-2000 (9,5 %). Entre 1980 y 2012, el volumen de la producción acuícola mundial se incrementó a una tasa media anual del 8,6 %. La producción acuícola mundial de peces comestibles se duplicó con creces de 32,4 millones de toneladas en 2000 a 66,6 millones de toneladas en 2012. (FAO, 2014).

En 2010, la FAO reportó 181 países y territorios donde se registra producción acuícola y nueve no aportaron datos en ese año, aunque se disponía de información sobre su producción de años anteriores. De estos 190 países y territorios, aproximadamente el 30%, incluidos algunos de los principales productores de Asia y Europa, no habían ofrecido estadísticas sobre la producción acuícola nacional, incluso un año después del año de referencia. Menos del 30% de ellos, dieron dar a conocer datos nacionales que abarcaban la producción en las fases de crecimiento posterior desglosados por ambiente y método de cultivo o por instalaciones y zonas de cultivo y producción de material de repoblación. Más del 40%, hizo públicos datos nacionales con distintos grados de exhaustividad y calidad, así como de puntualidad en la presentación de los informes. Para compensar esas deficiencias, la FAO realizó estimaciones utilizando la información disponible de otras fuentes.

Para poder mantener al menos el nivel actual de consumo de alimentos acuáticos per cápita y considerando el ritmo al que crece la población mundial, en 2020 el mundo necesitará 23 millones de toneladas adicionales de dichos

alimentos. Este suministro complementario deberá provenir de la acuicultura. La satisfacción de la futura demanda de alimentos de la acuicultura dependerá en gran parte de la disponibilidad de piensos de calidad en las cantidades necesarias. El estudio sobre la disponibilidad y el uso de ingredientes de piensos acuícolas se centra a menudo en los recursos de harina y aceite de pescado (incluido el pescado de bajo valor), siendo que si se toman en cuenta las tendencias pasadas y las predicciones para el futuro, resulta más probable que la sostenibilidad del sector acuícola dependa estrechamente del suministro constante de fuentes de carbohidratos, aceites y proteínas de animales y plantas terrestres para piensos acuícolas (FAO, 2012).

El crecimiento futuro de la acuicultura dependerá también de cómo invertirá el sector para mejorar la productividad de manera sostenible mediante mejores prácticas de gestión y desarrollo tecnológico. Las mejoras en la genética, la reproducción y la nutrición son particularmente importantes, y tendrán un gran efecto en la composición de los forrajes utilizados por la industria de la acuicultura (OCDE/FAO, 2013).

1.2.3. La Acuicultura en México

La acuicultura es una de las actividades con mayor potencial y desarrollo en los últimos años en México, ésta arroja beneficios sociales y económicos que se traducen en una fuente de alimentación para la población con un elevado valor nutricional y costos accesibles. No obstante, su desarrollo ha sido insuficiente (Álvarez y cols., 2012). Aproximadamente el 80% de los cultivos en el país son de tipo extensivo y con rendimiento bajo. La acuicultura dulceacuícola es la que más se ha desarrollado y son escasos los cultivos de especies de aguas marinas y saladas y salobres. Destaca un mayor desarrollo del cultivo de las especies exóticas en comparación con las especies autóctonas (Norzagaray *et al.*, 2012).

Entre los cultivos extensivos más redituables en el país se tiene a la tilapia, la cual prácticamente ha sido diseminada en una amplia variedad de cuerpos de agua en diferentes regiones del país, estableciéndose importantes mercados derivados de la actividad acuícola basada en esta especie que representa más del 60 % de la producción nacional (Apun y cols., 2012). En México, la principal industria acuícola es el cultivo de camarón que produce actualmente cerca de 150,000 toneladas, producción que está sujeta a grandes variaciones tanto por amenazas en la producción por la incidencia de enfermedades masivas, como por la competencia en la comercialización con el camarón de origen asiático (Norzagaray *et al.*, 2012).

México se encuentra entre los primeros países en producción acuícola de América. La producción acuícola en el 2011 alcanzó la cifra récord de casi 300 mil toneladas, por encima de las 240 mil del año anterior, cuando la de tilapia superó las 90 mil toneladas y la de camarón alcanzó 160 mil toneladas (CONAPESCA, 2012). Además de promover un incremento sustancial en la producción de tilapia en México que se proyecta en 200,000 toneladas para el 2020, el país tiene un alto potencial de cultivo de peces marinos, tanto por la diversidad de especies, como por la preferencia de los consumidores por especies marinas y actualmente se está generando la tecnología para su cultivo. (Norzagaray *et al.*, 2012).

La región noroeste de México, dada su productividad marina, es una de las zonas más importante del país para el desarrollo de la acuicultura, ya que cerca del 70% de la producción nacional proviene de esta zona. Sinaloa y Sonora, aportan cerca de 40% de la producción total con un promedio de 116,834 toneladas, reportadas para el año 2011 solo para el cultivo de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*)(CONAPESCA, 2012).

Los recientes aumentos de precios en los insumos utilizados en la elaboración de piensos para camarón, representan un gran reto para la industria productora de alimentos acuícolas, que requiere un mejor manejo de las formulaciones en las dietas, estrategias de alimentación mejoradas, si se

busca mantener o mejorar los niveles de rentabilidad. La industria de alimentos balanceados para acuicultura en México registró un crecimiento del 150% en los últimos cinco años. El reto que enfrenta en el corto plazo es el abasto de materias primas de calidad suficiente que soporten este ritmo de crecimiento, y la diversificación hacia otras especies para disminuir la dependencia que representa la camaronicultura (Panorama acuícola, 2004).

Existe suficiente capacidad instalada para satisfacer la demanda de alimentos balanceados para la acuicultura en México. Sin embargo, debido a que el cultivo de camarón es cíclico y estacional, la demanda de créditos para la compra de este insumo por parte de la industria limita considerablemente la participación de empresas de tamaño pequeño y mediano, que no cuentan con un soporte financiero que les permita mantener grandes carteras, y mucho menos correr el riesgo implícito que esto conlleva. El principal reto que tienen los fabricantes de alimento balanceado en México, es mantener la calidad de los insumos que utilizan, y al mismo tiempo aumentar el volumen con una disminución en el precio de venta (Panorama acuícola, 2004).

1.2.4. Producción de Alimentos Balanceados

La producción mundial de alimento balanceado se estima que creció en el 2008 en 2.4% respecto al año 2007, de acuerdo con el Consejo Nacional de Fabricantes de Alimentos Balanceados y de la Industria Animal A.C. (CONAFAB). La producción de alimento balanceado, se ubica por debajo de Estados Unidos, China y Brasil, que para el 2008 alcanzó las 26 millones de toneladas. En el continente americano, la producción de alimento balanceado la encabeza Estados Unidos, seguido por Brasil. México ocupa el tercer sitio con una producción superior a Canadá y Argentina (CONAFAB, 2008).

La industria nacional de alimento balanceado para nutrición animal, registró un crecimiento de 2.4 % en su producción en el 2008 respecto al año anterior y

ha mantenido su ritmo de crecimiento en los últimos años. En México las plantas de alimento balanceado del sector comercial sobrepasan las 50 compañías, lo que indicaría que el mercado donde se desenvuelve la organización bajo estudio es un mercado de poco crecimiento. De ahí que, considerando los altos niveles de competencia, evidencia la necesidad de establecer estrategias claras y efectivas para el desarrollo de ventajas competitivas que colaboren al logro de los objetivos perseguidos por dichas organizaciones (CONAFAB, 2008).

Según (CONAFAB, 2014) México ocupa el cuarto lugar en el mundo en la fabricación de alimentos para animales en México, en términos de la producción total de alimentos para animales (28.99 millones de toneladas en 2013 donde la acuicultura representa menos del 1 por ciento de la producción total de piensos, o 134,100 toneladas). Se importa más del 55 por ciento del total de ingredientes para piensos utilizados en la alimentación animal y en el caso de las semillas oleaginosas vegetales, más del 90 por ciento.

1.3. HIPÓTESIS

Debido a la importancia que representan la harina y aceite de pescado como fuente de proteína y lípidos para la elaboración de piensos acuícolas, se analiza con base en el crecimiento del sector la siguiente hipótesis de trabajo:

Con base en el crecimiento proyectado de producción acuícola del país en el corto y mediano plazos, la demanda de harina y aceite de pescado para la elaboración de alimentos balanceados crecerá respecto al volumen actual y las tendencias de sustitución por fuentes de proteína vegetal no serán un factor restrictivo.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General

Analizar la demanda de alimentos balanceados producidos en México y determinar el comportamiento de la demanda por harina y aceite de pescado con base en tendencias e implicaciones de sustitución por fuentes de proteína vegetal.

1.4.2. Objetivos Particulares

- 1) Analizar series de tiempo del cultivo de las principales especies acuícolas en el país para describir, prever y estimar el crecimiento en producción con base en modelos de corto (año 2015) y mediano plazo (año 2020).
- 2) Determinar las relaciones estructurales de los factores y conjunto de variables a partir del planteamiento y resolución de un modelo econométrico de la demanda de harina y aceite de pescado, basado en la estimación de crecimiento acuícola.
- 3) Identificar impactos probables para el desarrollo sustentable de la industria acuícola en México, con base en los porcentajes de sustitución de fuentes vegetales.

1.5. METODOLOGÍA

De acuerdo con el concepto de análisis de demanda y los objetivos planteados, se presenta el Modelo de evaluación (Figura 1).

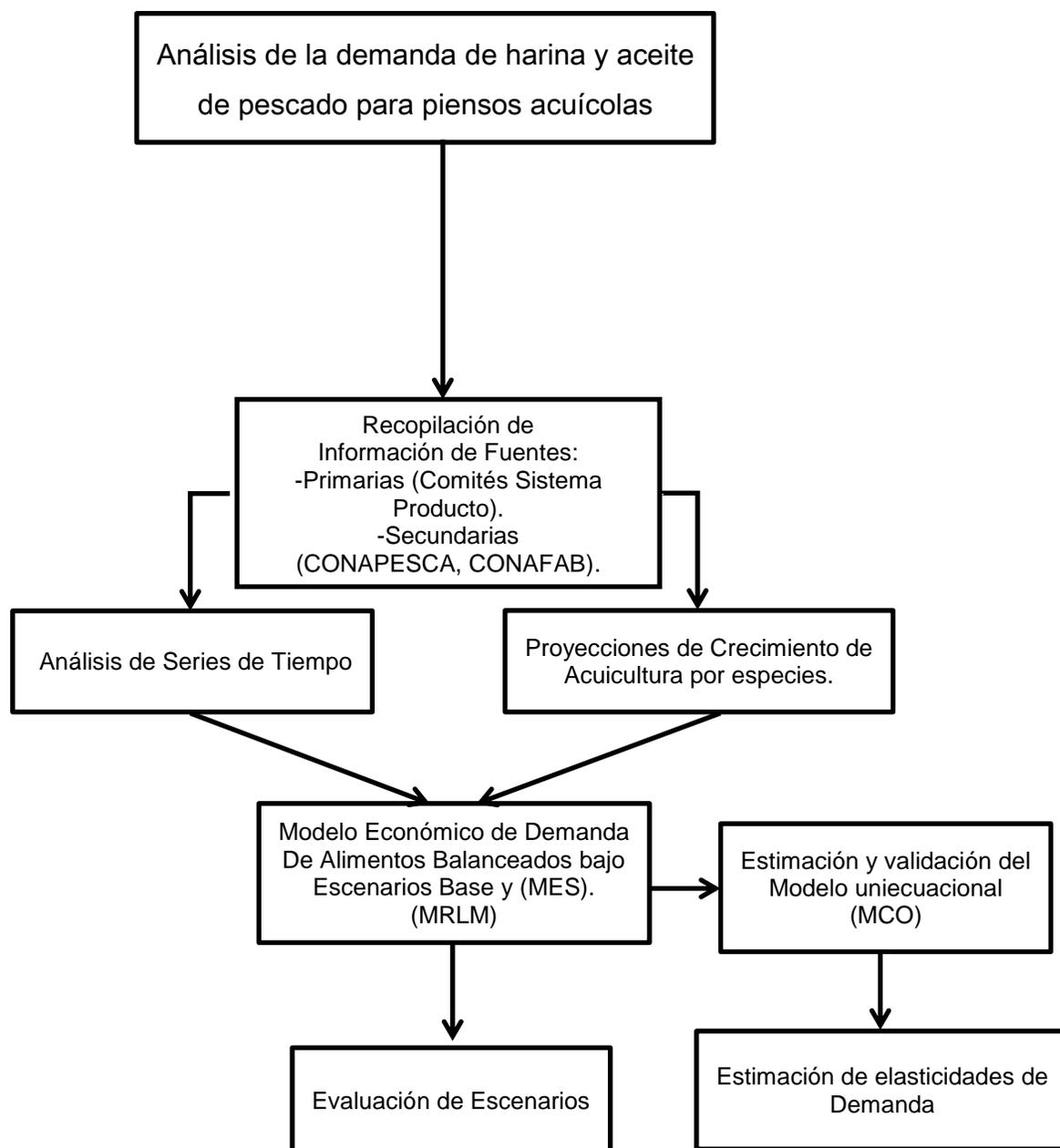


Figura 1. Modelo conceptual para el Análisis de demanda.

Para estimar la demanda de piensos acuícolas con base en el crecimiento del sector acuícola en México, se realiza un análisis de la demanda donde se identifican de manera cuantitativa a partir de análisis de series históricas de producción durante el periodo 2002-2013, previsiones de evolución del tamaño de mercado de piensos acuícolas, crecimiento del sector y porcentajes de sustitución e inclusión de fuentes vegetales, con el objetivo de estimar la demanda de requerimientos de harina y aceite de pescado.

Para ello se especifican los principales factores que afectan esta variable, así como la dimensión del efecto a partir de la utilización de un modelo econométrico.

El estudio está estructurado de la siguiente manera: en la primera parte se describen algunas de las principales características del mercado de alimentos balanceados para acuicultura en México; posteriormente se aborda el marco teórico y análisis de series de tiempo y en la tercera parte se presenta la estimación de un modelo econométrico de demanda de harina y aceite de pescado, así como las elasticidades correspondientes para el análisis del mercado de piensos acuícolas en México; se estimaron, modelos de ecuaciones simultáneas específicos por especie. Finalmente se presentan los principales resultados obtenidos de las simulaciones desarrolladas bajo diferentes estrategias planteadas a partir de las variables explicativas y las principales conclusiones derivadas de los resultados alcanzados.

CAPÍTULO II. MERCADO DE ALIMENTOS BALANCEADOS EN MÉXICO (SECTOR ACUÍCOLA)

De acuerdo con el Consejo Nacional de Fabricantes de Alimentos Balanceados y de la Nutrición Animal, A.C. (CONAFAB), que agrupa cerca de 100 empresas fabricantes de alimentos balanceados de todo el país, tanto para grandes como para pequeñas especies que constituyen el 70% de la producción nacional de alimento balanceado, el sector pecuario representa por el volumen de producción cerca del 50%, mientras que el sector acuícola representa el 7% de participación (Figura 2).

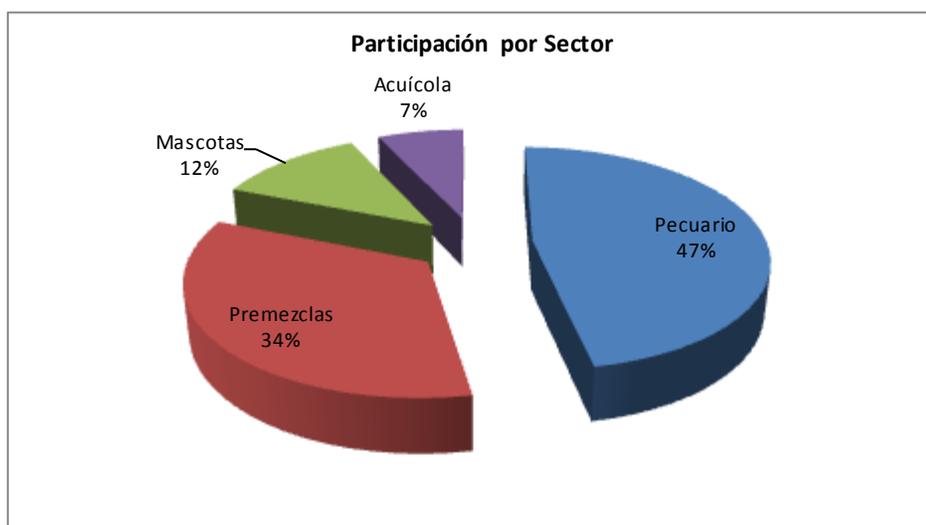


Figura 2. Participación en volumen de producción de alimentos balanceados en México.

El grupo Acuícola del CONAFAB se conformó en julio del 2003 con la finalidad de agrupar a todas las empresas que dentro de la República Mexicana, se dediquen formalmente a la fabricación de alimentos balanceados para las diversas especies acuícolas. El sector camaronícola es el más grande, representando alrededor del 85%, seguido de los peces con el 15% por volumen de producción.

Actualmente el grupo acuícola está integrado por seis empresas que en conjunto producen cerca del 90% de los alimentos balanceados para acuicultura que se fabrican en México: Agribrands Purina México, S.A. de C.V., Alimentos de Alta Calidad del Pedregal, S.A de C.V. (Silver Cup), Animalnutri México, S.A. de C.V. (PROVIMI NASSA), Malta Texo de México, S.A. de C.V., Nutrición Marina, S.A. de C.V y Vimifos, S.A. de C.V.

Las materias primas de mayor peso (harina y aceite de pescado), son *commodities* que cotizan en precios internacionales, por lo que sus costos no solo responden a factores fundamentales como el clima o la escasez, sino también a financieros que escapan del control de los productores de alimento. Esto conlleva a una importante administración de riesgos en la compra de materias primas (CONAFAB, 2011).

Debido a que en el presente trabajo se maneja un período de estimación del año 2002 al 2013 de producción acuícola y por consiguiente de producción de alimento balanceado, se necesitaba contar con datos de producción para el período referido. Al respecto, uno de los inconvenientes que surgió fue que no se contaba con cifras de producción para el sector acuícola del año 2002-2003, y del año 2004 al 2007; en éstos únicamente se reportaron datos totales sin indicar la participación por especies. Así, se optó tomar como referencia datos completos del periodo 2008-2014 para obtener los estimados para los años faltantes. Se utilizó la participación porcentual anual de cada especie respecto a la producción total.

La producción de alimentos balanceados para acuicultura, tuvo un crecimiento constante hasta el año 2009 en México (Figura 3). Los últimos dos años ha caído fuertemente debido al (EMS). La industria de Alimentos balanceados para acuicultura, es la fuente de financiamiento más importante con que cuenta actualmente la producción de camarón de cultivo en México, constituyendo más del 50% de los costos de producción (CONAFAB, 2014).

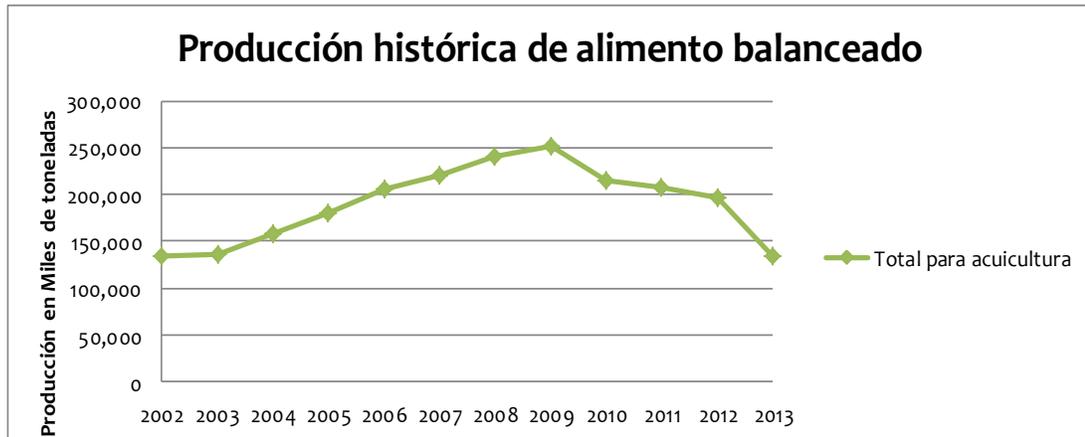


Figura 3. Producción histórica de piensos acuícolas para el período 2002-2013.

*Estimado, Fuente: CONAFAB (2014), con datos de sus asociados.

La producción de piensos acuícolas en 2013 disminuyó más del 32% en relación al año previo (Figura 4). No obstante no se han registrado los bajos niveles de producción observados a partir del 2006 previo a la incidencia de la mancha blanca y la mortalidad atípica temprana (EMS) en los cultivos de camarón.

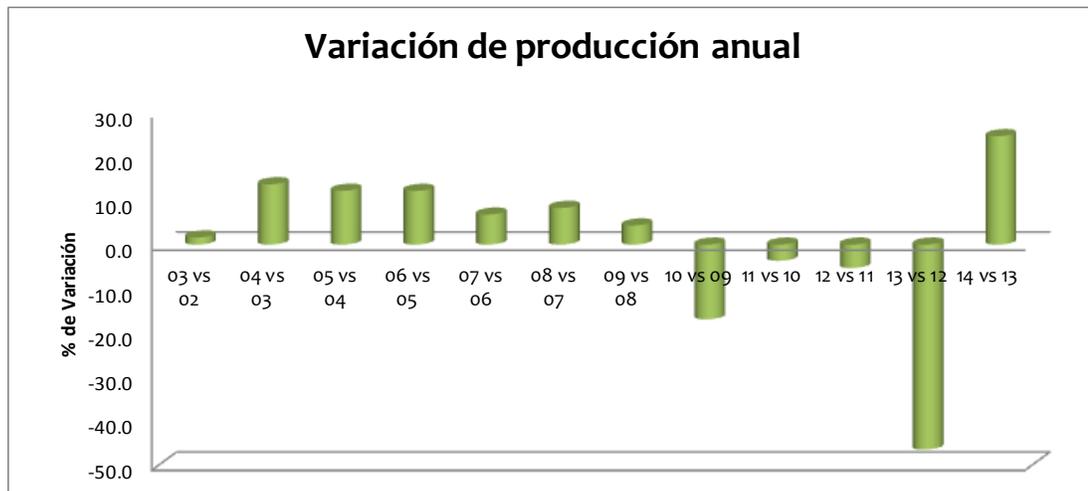


Figura 4. Porcentaje de variación de producción respecto a años previos.

El sector muestra una clara recuperación para el 2014 (25%), superando parcialmente los problemas de enfermedades que han afectado principalmente al cultivo de camarón; ello, aunado al impulso y crecimiento esperado en la producción de tilapia en 2014, superior al 15%.

CAPÍTULO III.- MARCO TEÓRICO

En este capítulo se presentan los elementos teóricos que le dan sustento al modelo formulado. A continuación, se presentan los fundamentos teóricos de la demanda.

3.1. TEORÍA DE LA DEMANDA

Se define la demanda del consumidor individual como las diversas cantidades de un bien que está dispuesto a pagar por un periodo según varíe el precio del bien, manteniendo todas las demás variables constantes (García *et al.*, 2003; Tomek y Robenson, 2003).

El objetivo principal del análisis de la demanda es determinar y medir cuáles son las fuerzas que afectan al mercado con respecto a un bien o servicio, así como establecer las posibilidades del producto proyectado en la satisfacción de dicha demanda. La demanda de un bien normal tiene como principales factores determinantes el precio del mismo, el ingreso disponible de los individuos y el precio de los bienes que son sustitutos y complementarios cercanos (Varian, 1993).

La suma horizontal de las curvas de demanda individuales origina la curva de demanda total del mercado. Ésta se define como la cantidad de un producto que el consumidor está dispuesto a adquirir o comprar por un periodo determinado a los distintos precios alternativos, *ceteris paribus* (Ibid, 2003).

La ley de la demanda establece que el precio y la cantidad de un bien, *ceteris paribus*, varían inversamente; es decir, la curva de demanda tiene una pendiente negativa. Al subir el precio de un producto agrícola, *ceteris paribus*, la cantidad demandada disminuye, un efecto se observa si baja el precio (Ibid, 2003).

García *et al.*, (2003) indican que los factores determinantes de la demanda son: el precio del producto (P_q), los precios de los productos sustitutos (P_s) y los complementarios (P_c), el ingreso disponible (Y), la Población (N), los gustos y preferencias de los consumidores (G) y la promoción de los productos (K).

Este concepto es expresado como una función para el periodo t como sigue:

$$Q_t = f(P_{q_t}, P_{s_t}, P_{c_t}, Y_t, N_t, G_t, K_t) \quad (1)$$

El cambio en el periodo del producto origina cambios a lo largo de la curva de demanda, de ahí que se le considere como un factor estático. Sin embargo, las variaciones de los demás factores determinantes de la demanda *ceteris paribus*, dan origen a los aspectos dinámicos de la misma provocando cambios en la curva de demanda, los cuales pueden ser simples o paralelos t estructurales (Ibid, 2003).

Tomek y Robinson, (2003) señalan que el desplazamiento simple o paralelo se presenta cuando al variar uno de los factores cambia la demanda, permaneciendo los demás constantes, ésta se desplaza paralelamente modificando únicamente su intercepto sin variar su pendiente. Dentro de estos factores se encuentran las variaciones de los precios de los bienes relacionados, el ingreso y la población; mientras que, el desplazamiento estructural se presenta cuando al variar uno de los factores de cambio de la demanda, manteniendo lo demás constante, la curva se desplaza modificando su pendiente con o sin cambios en la ordenada al origen. Los gustos y preferencias, la distribución del ingreso, modificaciones de la estructura de la población, la aparición de nuevos productos y la promoción, son los principales responsables de este tipo de cambios. (Ver Figuras 5 y 6).

Figura 5. Desplazamiento simple o paralelo de la curva de demanda.

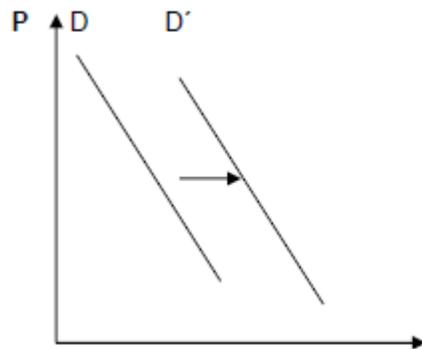
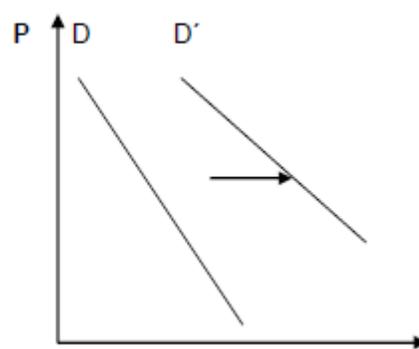


Figura 6. Desplazamiento estructural de la curva de demanda.



Existen dos tipos de demanda: la primaria y la derivada, que se identifican al nivel de mercado en que se encuentran los agentes económicos que la ejercen.

La demanda primaria en consumo o en conjunto, se refiere a las distintas cantidades de un producto final que los consumidores están dispuestos a comprar por periodo, *ceteris paribus* (García *et al.*, 2003).

En cambio, la demanda derivada o en producción o al mayoreo, se refiere a las distintas cantidades de productos agrícolas que como tales son comparadas al productor agropecuario o al mayoreo por periodo, *ceteris paribus* (Ibid, 2003).

La demanda primaria y derivada difieren entre sí, en una magnitud equivalente a los costos de comercialización, es decir, un monto igual al precio de los servicios añadidos al producto agrícola, por traslado de las unidades de producción a los centros de consumo, por almacenamiento, transformación o distribución (Ibid, 2003).

3.2. ANÁLISIS DE SERIES DE TIEMPO

Una serie temporal es un conjunto de observaciones sobre una variable cuantitativa recogida a lo largo del tiempo (Ragsdale, 2010). Esta secuencia es ordenada cronológicamente y los datos, espaciados entre sí de manera uniforme, usualmente son dependientes entre sí. El principal objetivo de una serie de tiempo X_t , donde $t = 1, 2, \dots, n$ es su análisis para hacer pronóstico.

En la construcción de un modelo de regresión, a menudo se seleccionan variables independientes y a priori se puede suponer el comportamiento observado de la variable dependiente. Aunque a veces podemos utilizar este mismo método para construir un modelo de regresión causal para una variable de serie de tiempo, no siempre es posible (Ragsdale, 2010).

Si los datos sobre las variables causales están disponibles, la mejor función de regresión estimada a partir de estos datos podría no ajustarse bien con los datos. Por último, aunque la función de regresión estimada se ajusta bien a los datos, se podrían pronosticar los valores de las variables independientes informales con el fin de estimar los valores futuros de la variable dependiente (series de tiempo). Pronosticar las variables causales independientes podría ser más difícil que la previsión de la variable de series de tiempo original.

3.2.1 Componentes de una Serie Temporal

El análisis clásico de las series temporales se basa en la suposición de que los valores que toma la variable de observación son la consecuencia de tres componentes, cuya actuación conjunta da como resultado los valores medidos; estos componentes son:

- a.) Componente tendencia: Se define como un cambio a largo plazo que se produce en la relación al nivel medio, o el cambio a largo plazo de la

media. La tendencia se identifica con un movimiento suave de la serie a largo plazo.

- b.) Componente estacional: Muchas series temporales presentan cierta periodicidad, variación de cierto período (semestral, mensual, etc.).
- c.) Componente aleatoria: Este componente no responde a ningún patrón de comportamiento, sino que es resultado de factores y variaciones aleatorios alrededor de los componentes anteriores.

Así se puede denotar la serie de tiempo como: $X_t = T_t + E_t + I_t$ donde T_t es la tendencia, E_t es la componente estacional e I_t es la componente aleatoria.

3.2.2 Métodos de Series de Tiempo

Cuando en algunas situaciones resulta difícil o incluso imposible pronosticar datos de series temporales utilizando un modelo de regresión, una alternativa puede ser el uso de un método de predicción de series temporales donde se analiza el comportamiento pasado de la variable de series de tiempo con el fin de predecir su comportamiento futuro (Ragsdale, 2010).

En la serie de tiempo se pueden encontrar tendencias a largo plazo, hacia arriba o hacia abajo, que se esperarían continúen en el futuro.

Por lo tanto, un enfoque común para el análisis de series de tiempo consiste en probar varias técnicas de modelado en un determinado conjunto de datos y posteriormente evaluar qué tan bien explican el comportamiento pasado de la variable de series de tiempo. Dos medidas de exactitud comunes son la Desviación Media Absoluta (MAD) y el Cuadrado Medio del Error de Predicción (MSE), las cuales son definidas como:

$$MAD = \sum \frac{|real - pronóstico|}{n} \quad (2)$$

$$MSE = \sum \frac{(real - pronóstico)^2}{n} \quad (3)$$

3.2.3. Objetivos del Análisis

El primer objetivo del análisis econométrico de una serie temporal consiste en elaborar un modelo estadístico que describa adecuadamente la procedencia de dicha serie, de manera que las implicaciones teóricas del modelo resulten compatible con las pautas muestrales observadas en la serie temporal. Posteriormente, el modelo elaborado a partir de la serie temporal considerada puede utilizarse para:

1. Describir la evolución observada de dicha serie, así como las relaciones contemporáneas y dinámicas entre sus componentes.
2. Prever la evolución futura de dicha serie.
3. Contrastar (presentar evidencia empírica a favor o en contra de) alguna teoría sobre las características o variables a las que se refieren los componentes de dicha serie.

3.2.4. Cálculo de la Media Móvil

El método de media móvil forma parte de la categoría de pronósticos de series de tiempo, es decir, se utiliza información de datos históricos para poder generar un pronóstico. Su principal aplicación es cuando la demanda real no presenta mayores variaciones de corto plazo e idealmente no se presenta estacionalidad.

En este contexto muchos productos de la industria alimentaria presentan tales características y por tanto la aplicación de este método para entender su comportamiento puede resultar adecuada. La fórmula general se expresa de la siguiente forma:

$$M_t = \frac{y_t + y_{t-1} + \dots + y_{t-s+1}}{s} \quad (4)$$

Para el presente estudio se trabajó con los datos de producción acuícola de las especies de camarón, tilapia, bagre y trucha, tomados de los Anuarios

estadísticos de acuicultura y pesca del año 2002 al 2013 reportados por la Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (CONAPESCA).

En este conjunto de datos se aplicó la técnica de Media Móvil, dado que es un método de extrapolación fácil de usar y comprender. Con esta técnica, el valor predicho de la serie de tiempo en el período ($t+1$) es simplemente la media de las s (X_t) observaciones anteriores de la serie (Figura 7).

	A	B	C	D	E	F
1	t	Año	Trimestre	X_t	Media Movil	
2	1	2002	1	10,521	Cálculo	Resultado
3	2		2	12,727		
4	3		3	30,467	=PROMEDIO(D2:D5)	25,121
5	4		4	46,770	=PROMEDIO(D3:D6)	25,783
6	5	2003	1	13,166	=PROMEDIO(D4:D7)	26,087
7	6		2	13,945	=PROMEDIO(D5:D8)	28,020
8	7		3	38,198	=PROMEDIO(D6:D9)	30,976
9	8		4	58,596	=PROMEDIO(D7:D10)	31,090
10	9	2004	1	13,620	=PROMEDIO(D8:D11)	31,461
11	10		2	15,431	=PROMEDIO(D9:D12)	31,205
12	11		3	37,173	=PROMEDIO(D10:D13)	31,394
13	12		4	59,353	=PROMEDIO(D11:D14)	31,237
14	13	2005	1	12,989	=PROMEDIO(D12:D15)	31,509
15	14		2	16,522	=PROMEDIO(D13:D16)	35,000
16	15		3	51,135	=PROMEDIO(D14:D17)	39,566
17	16		4	77,619	=PROMEDIO(D15:D18)	39,377
18	17	2006	1	12,232	=PROMEDIO(D16:D19)	39,435
19	18		2	16,753	=PROMEDIO(D17:D20)	39,604
20	19		3	51,813	=PROMEDIO(D18:D21)	44,344
21	20		4	96,578	=PROMEDIO(D19:D22)	45,383
22	21	2007	1	16,387	=PROMEDIO(D20:D23)	45,459
23	22		2	17,057	=PROMEDIO(D21:D24)	46,143
24	23		3	54,548	=PROMEDIO(D22:D25)	46,174
25	24		4	96,704	=PROMEDIO(D23:D26)	44,927

Figura 7. Cálculo de la Media Móvil trimestral para la especie de camarón en el periodo 2002-2013 (sombreado gris), se utilizó el mismo método para el resto de las especies.

Es posible evaluar la precisión relativa de dos funciones de predicción de media móvil mediante la comparación de los valores de MSD para dos técnicas. El valor de MSD describe el ajuste general de la técnica de pronóstico de los datos históricos. Al comparar los valores de MSD se puede identificar cuál técnica ofrece pronósticos más precisos de los valores reales observados durante los últimos períodos de tiempo (Tabla 1).

Tabla 1. Comparación de los valores obtenidos del MSD entre dos técnicas para cada una de las especies en el periodo 2002-2013.

Especie	Media Móvil	Modelos de tendencia
Camarón	259,685,691	95,395,212
Tilapia	5,748,539	5,721,668
Bagre	77,501	70,951
Trucha	237,486	229,763

No existe un método general para poder determinar qué valor de s será el mejor para una serie de tiempo en particular. Cuanto mayor sea el valor de S , más suave será la predicción de media móvil (Figura 8).

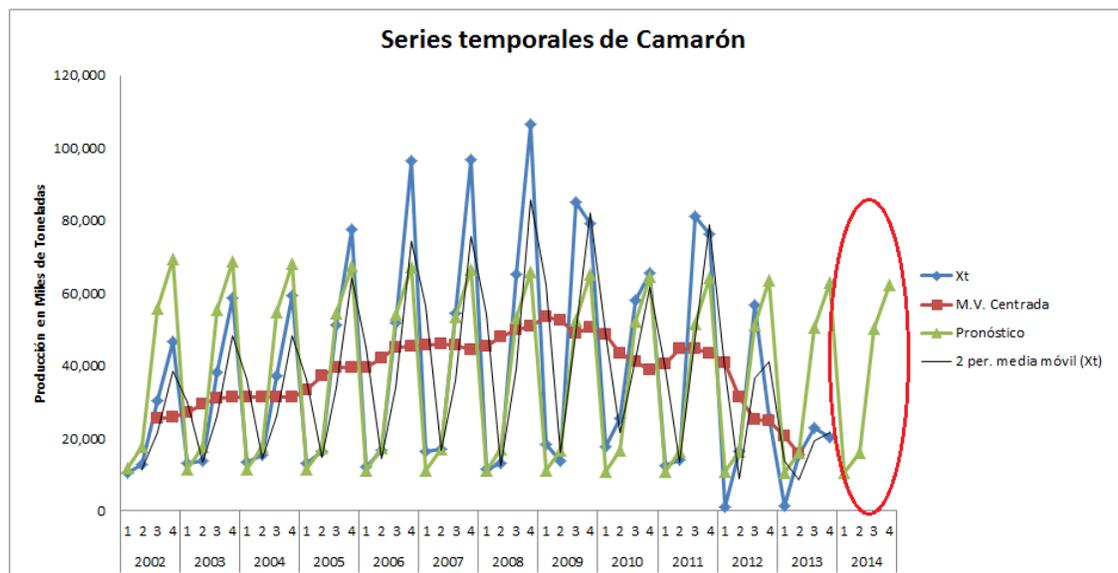


Figura 8. Análisis de series de tiempo por el método de Media móvil para la especie de camarón y la predicción (elipse roja) para el año 2014.

3.2.5. Modelos de Tendencia

Tendencia es el barrido de largo plazo o la dirección general del movimiento en una serie de tiempo. Refleja la influencia de los factores que a largo plazo que afectan a las series de tiempo de manera coherente y gradual en el tiempo, es decir, la tendencia refleja los cambios en los datos que se producen con el paso del tiempo (Ragsdale, 2010). En este caso se utilizaron los modelos lineal y cuadrático en el conjunto de datos para observar el comportamiento de los valores a lo largo de los años de producción (Figura 9).

BUSCARV							=TENDENCIA(\$E\$3:\$E\$46,\$A\$3:\$A\$46,A3)	
	A	B	C	D	E	F	G	
1						Mod. Lineal	Mod. Cuadrático	
2	t	t ²	Año	Trimestre	Xt	Tendencia lineal	Tendencia Cuadrática	
3	1	1	2002	1	10,521	=TENDENC	15865	
4	2	4		2	12,727	30215	18235	
5	3	9		3	30,467	30642	20512	
6	4	16		4	46,770	31069	22696	
7	5	25	2003	1	13,166	31496	24789	
8	6	36		2	13,945	31923	26788	
9	7	49		3	38,198	32350	28695	
10	8	64		4	58,596	32776	30510	
11	9	81	2004	1	13,620	33203	32232	
12	10	100		2	15,431	33630	33861	
13	11	121		3	37,173	34057	35399	
14	12	144		4	59,353	34484	36843	
15	13	169	2005	1	12,989	34911	38195	
16	14	196		2	16,522	35338	39455	
17	15	225		3	51,135	35765	40622	
18	16	256		4	77,619	36191	41696	
19	17	289	2006	1	12,232	36618	42678	
20	18	324		2	16,753	37045	43568	
21	19	361		3	51,813	37472	44364	
22	20	400		4	96,578	37899	45069	
23	21	441	2007	1	16,387	38326	45681	
24	22	484		2	17,057	38753	46200	
25	23	529		3	54,548	39180	46627	
26	24	576		4	96,704	39606	46961	
27	25	625	2008	1	11,397	40033	47203	
28	26	676		2	13,245	40460	47353	

Figura 9. Cálculo de los modelos de tendencia lineal y cuadrática en cada año de producción de camarón en el período 2002-2013, se utilizó el mismo método para las demás especies.

Al utilizar un modelo de tendencia de series de tiempo empleando la regresión, incluso si no hay variables independientes que tengan una relación causal con la serie de tiempo, puede resultar que algunas de las variables

independientes tengan una relación predictiva con la serie temporal. Una variable predictora no tiene una relación de causa-efecto con la serie temporal.

La tendencia de una serie de tiempo refleja el movimiento ascendente o descendente constante de la dirección general de la serie (Figura 10).

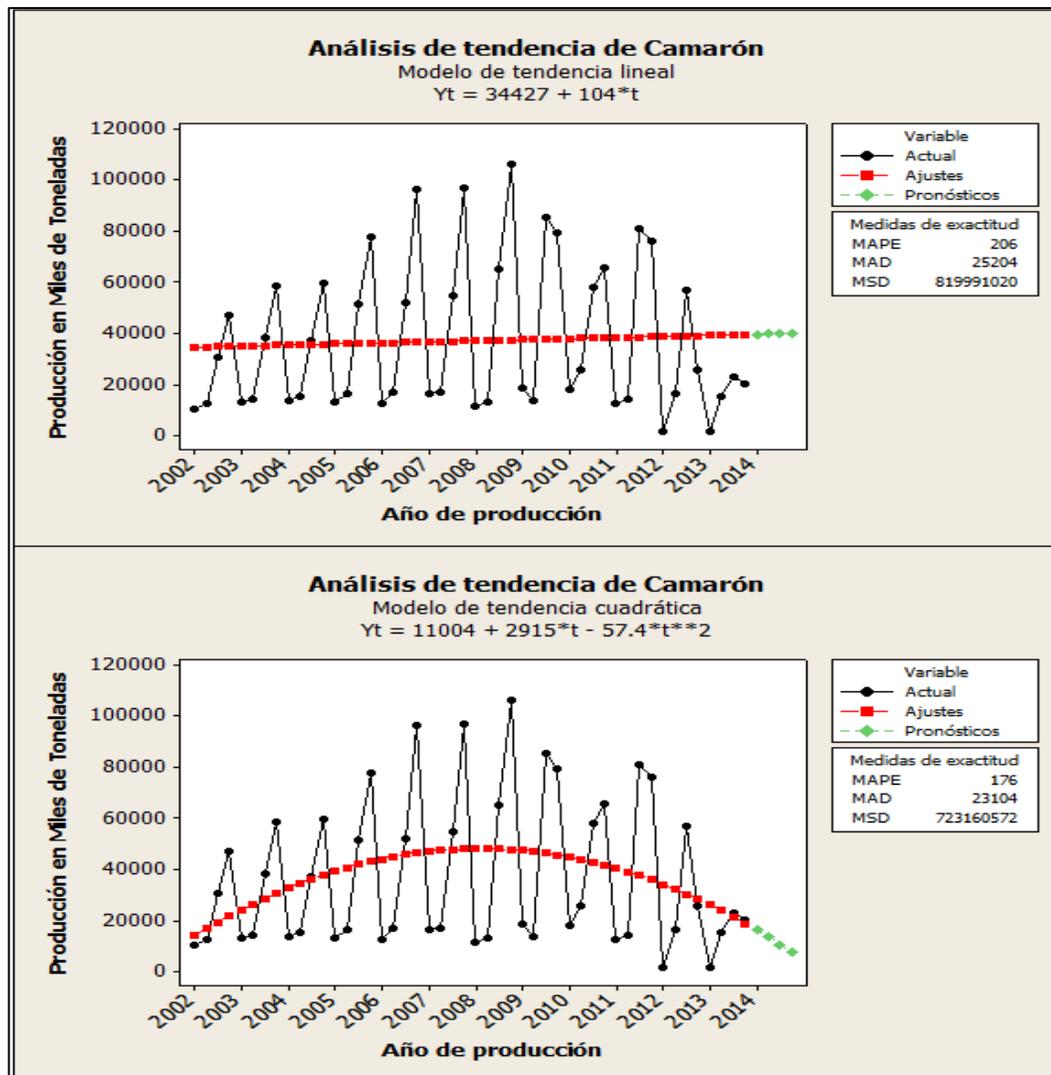


Figura 10. Se muestra la dirección de la serie de tiempo, utilizando los modelos de tendencia lineal y cuadrática en el conjunto de datos de producción de Camarón para el período de estudio. Se utilizó el mismo método para las especies restantes.

3.2.6. Cálculo del Índice Estacional

El objetivo de cualquier procedimiento de predicción es desarrollar un modelo que cuente con gran parte de la variación sistemática en el comportamiento pasado de una serie de tiempo posible. Bajo el supuesto de que un modelo explica con precisión lo que sucedió en el pasado, será útil en la predicción de lo que sucederá en el futuro (Ragsdale, 2010).

Una manera simple y efectiva de modelar los efectos estacionales en una serie de tiempo es el desarrollo de índices estacionales, que reflejan cómo el porcentaje medio de observaciones en cada temporada difieren de sus valores de tendencia proyectadas. Éste se calcula obteniendo la media aritmética de los trimestres que corresponden en los sucesivos años de la serie X_t en porcentaje. Así obtendríamos los índices estacionales de un año característicos del trimestre uno al cuatro (Tabla 2)

Tabla 2. Valor de los índices estacionales trimestralmente de las principales especies.

Trimestre	Camarón	Tilapia	Bagre	Trucha
1	0.34704	1.06604	1.14233	1.11345
2	0.44815	0.96249	0.92925	0.97706
3	1.31011	0.97711	0.89575	0.87573
4	1.89470	0.99437	1.03266	1.03376

Por lo tanto, al determinar los índices estacionales se puede representar el importe medio por encima o por debajo de la línea de tendencia de las observaciones, en una caída trimestral dada y así podríamos ajustar nuestras proyecciones de tendencias de estas cantidades y aumentar la precisión de nuestras predicciones.

3.2.7. Combinación de Previsiones

Dado el número y la variedad de técnicas de predicción disponibles, puede ser difícil seleccionar un solo método a utilizar en la predicción de valores futuros de una variable de series de tiempo. Por ello, en previsión de series temporales se recomienda no utilizar un único método de pronóstico.

Para el presente estudio se validaron distintas técnicas y modelos de predicciones, con la finalidad de comparar los valores obtenidos y evaluar que tan bien explican el comportamiento pasado de la variable dentro de la serie de tiempo (Tabla 3) y (Figura 11).

Tabla 3. Comparación de las predicciones para el 2014 con distintos modelos.

Modelo de Media móvil	Modelo de Tendencia
Camarón	Camarón
139,243	39,829
Tilapia	Tilapia
88,596	88,701
Bagre	Bagre
5,381	4,448
Trucha	Trucha
8,977	9,782

En un modelo de regresión múltiple es importante asegurarse de que cada variable independiente representa una parte significativa de la variación en la variable dependiente y no simplemente centrarse en obtener una mayor R^2 .

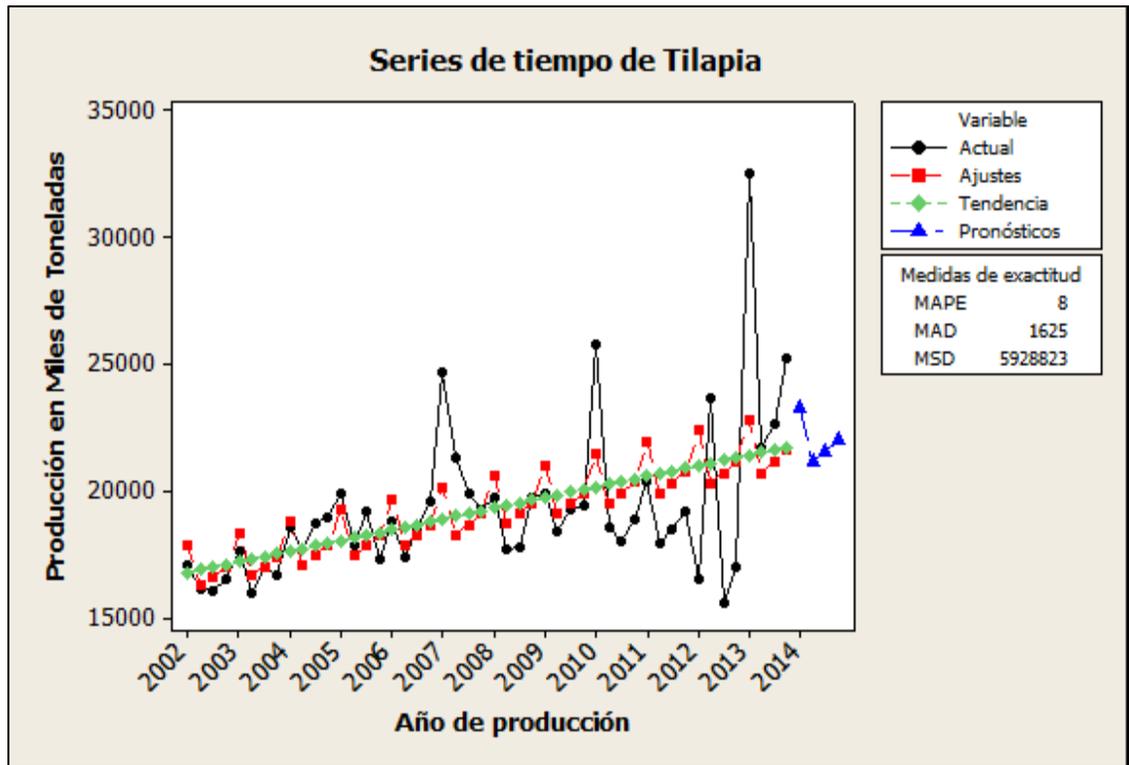


Figura 11. Validación de los modelos de media móvil, tendencia y pronóstico estacional para tilapia en el período 2002-2013. Se utilizó el mismo método para las distintas especies.

Del mismo modo, la combinación de los pronósticos nunca puede aumentar el valor de la MSD. Por lo tanto, al combinar las previsiones, debemos asegurarnos de que cada técnica de pronóstico juega un papel importante en la explicación del comportamiento de la variable de series de tiempo dependientes (Ragsdale, 2010).

3.2.8 Resultados por especie en el Corto y Mediano plazos

En este apartado se muestran los resultados obtenidos de los análisis de series de tiempo para cada una de las especies, ecuación de tendencia, índices estacionales, medidas de exactitud y pronósticos para el corto (2015) y mediano plazo (2020).

Camarón de cultivo



Corto Plazo

Ecuación de tendencia ajustada

$$Y_t = 38934 - 157.294 * t$$

Índices estacionales

Pronósticos

Trimestre	Índice	Trimes.	Pronóstico
1	0.35514	1	7608.7
2	0.46404	2	9999.7
3	1.31789	3	28694.6
4	1.86293	4	40432.4
			2014 (86,950 t)
			9282.1
			12199.4
			2015 (106,076 t)
			35005.7
			49325.4

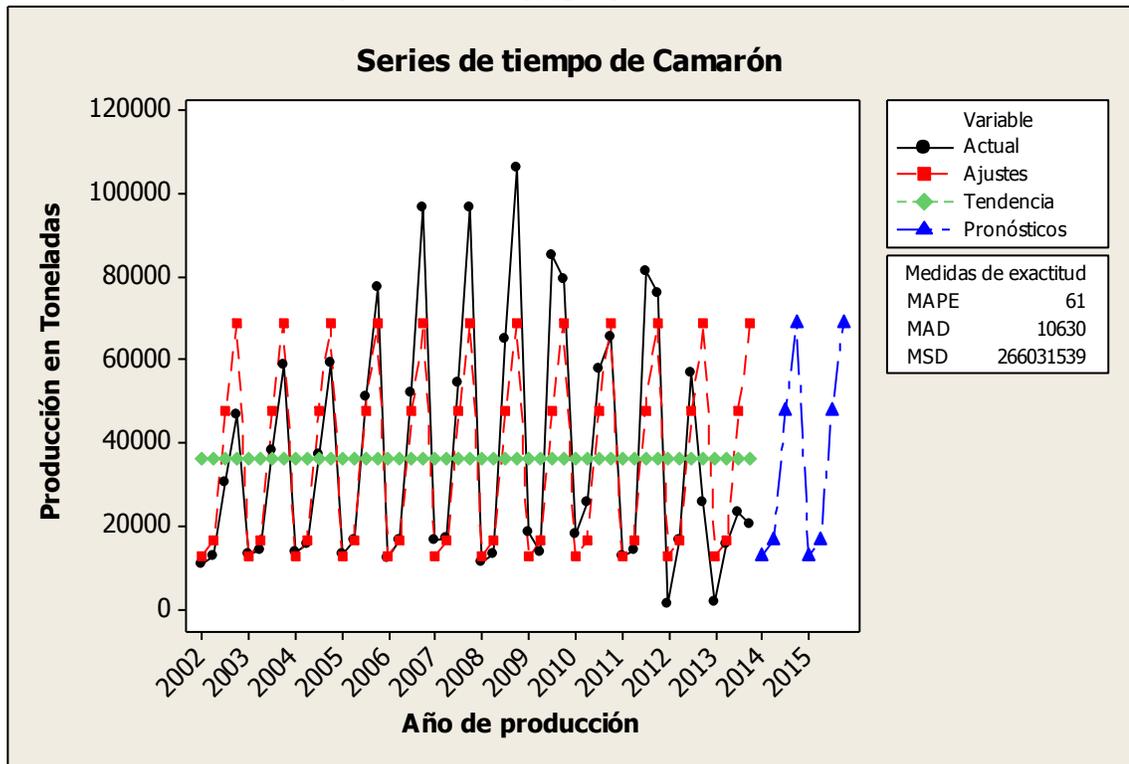


Figura 12. Análisis de los componentes de series de tiempo para Camarón y actuación conjunta para la estimación de pronósticos para el año 2014 y 2015.

El cultivo de crustáceos, particularmente de camarón, ocupa un lugar preponderante debido a la importancia que representa (en términos del volumen de producción) en el noroeste del Pacífico Mexicano (Norzagaray *et al*, 2012). El cultivo de camarón es la principal industria acuícola, que para el 2009

produjo más de 130,000 toneladas, producción que ha estado sujeta a grandes cambios por amenazas en la producción y comercialización por la competencia en el mercado externo. En la Figura 12 se muestra el análisis de la serie histórica de producción, se observa una tendencia creciente de la serie a corto plazo hasta el año 2012 y, posteriormente una disminución en la producción cercana al 50%, resultado de la incidencia de enfermedades masivas en este cultivo.

Mediano Plazo

Ecuación de tendencia ajustada

$$Y_t = 38934 - 157.294*t$$

Índices estacionales

Período	Índice
1	0.35514
2	0.46404
3	1.31789
4	1.86293

Pronósticos

Periodo	Pronóstico
1	9282.1
2	12199.4 2015 (106,076 t)
3	35005.7
4	49325.4
1	9448.5
2	12417.1 2016 (107,977 t)
3	35632.9
4	50209.4
1	9614.9
2	12636.9 2017 (109,879 t)
3	36260.0
4	51094.4
1	9781.2
2	12855.6 2018 (111,781 t)
3	36888.1
4	51978.4
1	9947.6
2	13073.3 2019 (113,682 t)
3	37515.3
4	52862.4
1	10114.0
2	13292.0 2020 (115,584 t)
3	38143.4
4	53747.4

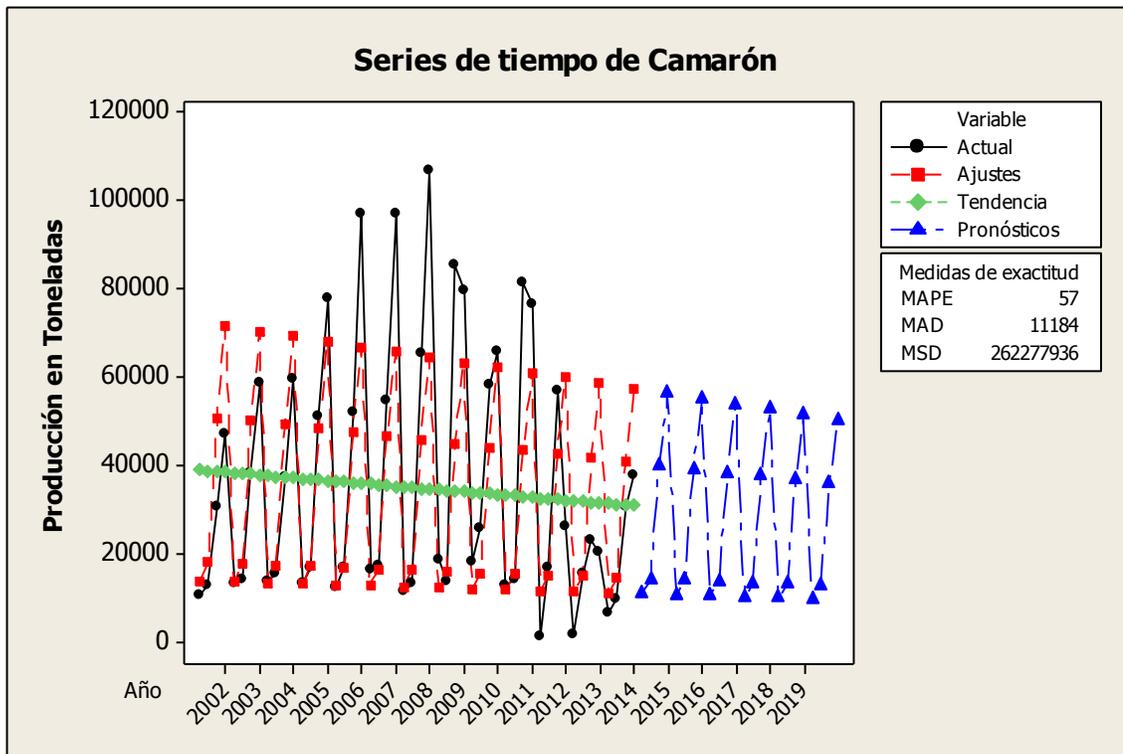


Figura 13. Análisis de los componentes de series de tiempo para Camarón y actuación conjunta para la estimación de pronósticos del año 2015 al 2020.

Con el rápido crecimiento de la acuicultura, se han producido importantes brotes de enfermedades dentro del sector en diversos países. El reciente brote del síndrome de mortalidad temprana (EMS) en el camarón de cultivo ha provocado importantes pérdidas en Asia y América Latina (Leaño y Mohan, 2012; Banco Mundial, 2014). El camarón de cultivo en México no ha estado exento de estos padecimientos y las pérdidas han sido también cuantiosas. La aparición del Virus del Síndrome de la Mancha Blanca (WSSV, por sus siglas en inglés) ha causado serios problemas a la industria del cultivo de camarón. En el año 2009 Sonora produjo la mayor cantidad de camarón en el país, con 81,422 toneladas (t); sin embargo, en años posteriores, el camarón se vio seriamente afectado. Para el año 2013 (Figura 13) se observa que la tendencia de producción a largo plazo empieza a ser decreciente y, la causa principal sería la aparición de un nuevo agente patógeno de origen bacteriano: el Síndrome de Mortalidad Temprana (EMS, por sus siglas en inglés), también

conocido como Síndrome de la Necrosis Hepatopancreática Aguda (AHPNS) (Sánchez *et al.*, 2014).

De esta manera, el panorama en nuestro país, específicamente en los estados productores más importantes no es muy alentador. Si se toma en cuenta que la producción de camarón ya había sufrido un impacto importante por la presencia de WSSV, la aparición de esta nueva enfermedad ha profundizado una crisis muy severa en la industria camaronícola nacional.

De acuerdo con los pronósticos, se esperaba que la producción nacional se restablezca en el largo plazo, lo que dependería en gran medida de las estrategias de intervención, como los tratamientos para evitar la transmisión y dispersión de enfermedades infecciosas en cultivos marinos con importancia comercial (Sánchez *et al.*, 2014).

Cabe mencionar que pronósticos realizados por FIRA, (2009) previeron un crecimiento continuo, aunque a un ritmo menor presentado en años anteriores, para el período 2014-2015 mostrando valores de 168,866 y 175,622 toneladas respectivamente. Los pronósticos se basaron en tendencias actuales observadas para este cultivo; se desconocían entonces los efectos y colapsos imprevistos que provocarían enfermedades emergentes.

En cuanto a la producción de la industria de piensos acuícolas, ésta había registrado un crecimiento constante hasta el año 2009 en México. Sin embargo, en los últimos años ha registrado una severa caída debido a la Mancha Blanca y el Síndrome de Mortalidad Temprana (CONAFAB, 2011).

Tilapia



Corto Plazo

Ecuación de tendencia ajustada

$$Y_t = 15502 + 174 * t$$

Índices estacionales

Trimestre	Índice
1	1.06604
2	0.96249
3	0.97711
4	0.99437

Pronósticos

Trimestre	Pronóstico
1	34472.7
2	30928.1 2014 (128,866 t)
3	31572.3
4	31894.1
1	26621.8
2	23885.7 2015 (99,519 t)
3	24382.1
4	24631.1

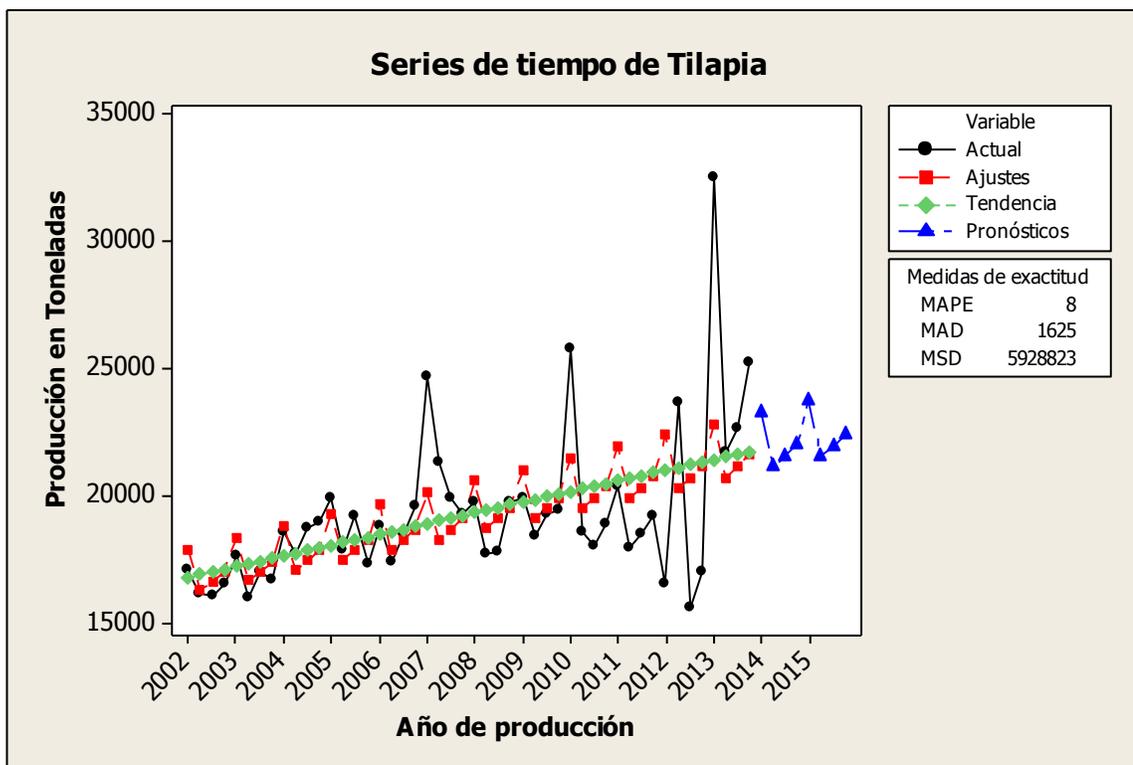


Figura 14. Análisis de los componentes de series de tiempo para Tilapia y actuación conjunta para la estimación de pronósticos para el año 2014 y 2015.

El cultivo de Tilapia en México ha tenido un crecimiento ascendente como se observa en la Figura 14, donde hay una clara tendencia de crecimiento lineal además de efectos estacionales.

El reto para los productores de tilapia sigue presente, respecto a aumentar la producción para disminuir importación de producto de baja calidad. Actualmente se importan más de 45,000 toneladas de tilapia (por ejemplo, filete blanco del Nilo) procedentes principalmente de China, que implican un costo aproximado de 1,500 millones de pesos que son ganancias para productores extranjeros, simplemente porque la producción nacional es insuficiente. Para la industria nacional resulta urgente encontrar esquemas orientados a alcanzar un mejor desempeño en el mercado nacional (CONAPESCA, 2014).

Mediano Plazo

Ecuación de tendencia ajustada

$$Y_t = 15502 + 174 * t$$

Índices estacionales

Período	Índice
1	1.06604
2	0.96249
3	0.97711
4	0.99437

Pronósticos

Período	Pronóstico
1	26621.8
2	23885.7 2015(99,519 t)
3	24382.1
4	24631.1
1	27512.0
2	24684.3 2016(102,849 t)
3	25198.8
4	25455.1
1	28403.1
2	25483.9 2017(106,178 t)
3	26014.6
4	26279.1
1	29293.2
2	26282.5 2018(109,508 t)
3	26829.3
4	27103.1

1	30184.3
2	27081.1 2019 (112,837 t)
3	27645.1
4	27927.1
1	31075.5
2	27880.7 2020 (116,167 t)
3	28461.8
4	28751.1

Además de promover un incremento sustancial en la producción de tilapia en México que se proyecta en 200,000 toneladas para el 2020, teniendo un crecimiento significativo (Figura 15).

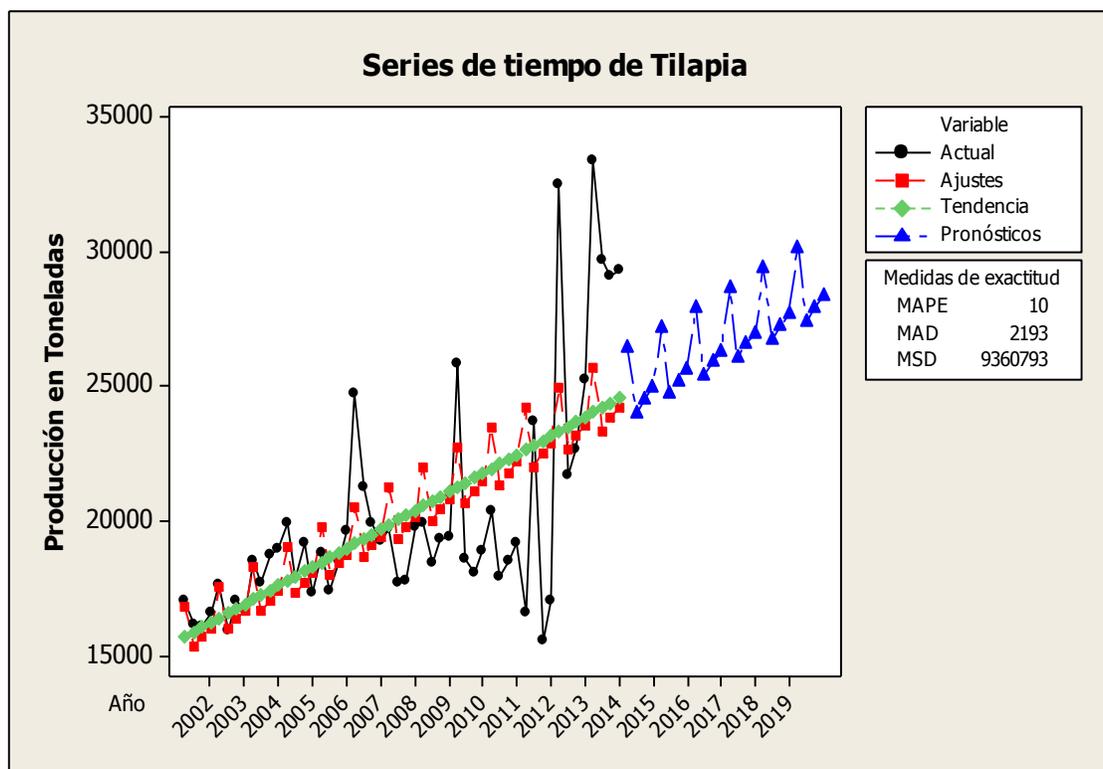


Figura 15. Análisis de los componentes de series de tiempo para Tilapia y actuación conjunta para la estimación de pronósticos del año 2015 al 2020.

La tilapia por cultivo puede ser producida de manera competitiva y rentable en grandes cantidades si se mejora la eficiencia de la producción, reduciendo costos y enfocándose a segmentos de mercado de alto valor.

Bagre



Corto Plazo

Ecuación de tendencia ajustada

$$Y_t = 1103.6 + 5.96 \cdot t$$

Índices estacionales

Trimestre	Índice
1	1.12918
2	0.92173
3	0.88600
4	1.06309

Pronósticos

Período	Pronóstico
1	1790.99
2	1458.18 2014 (6,341 t)
3	1410.98
4	1680.26
1	1603.06
2	1314.05 2015 (5,714 t)
3	1268.39
4	1528.25

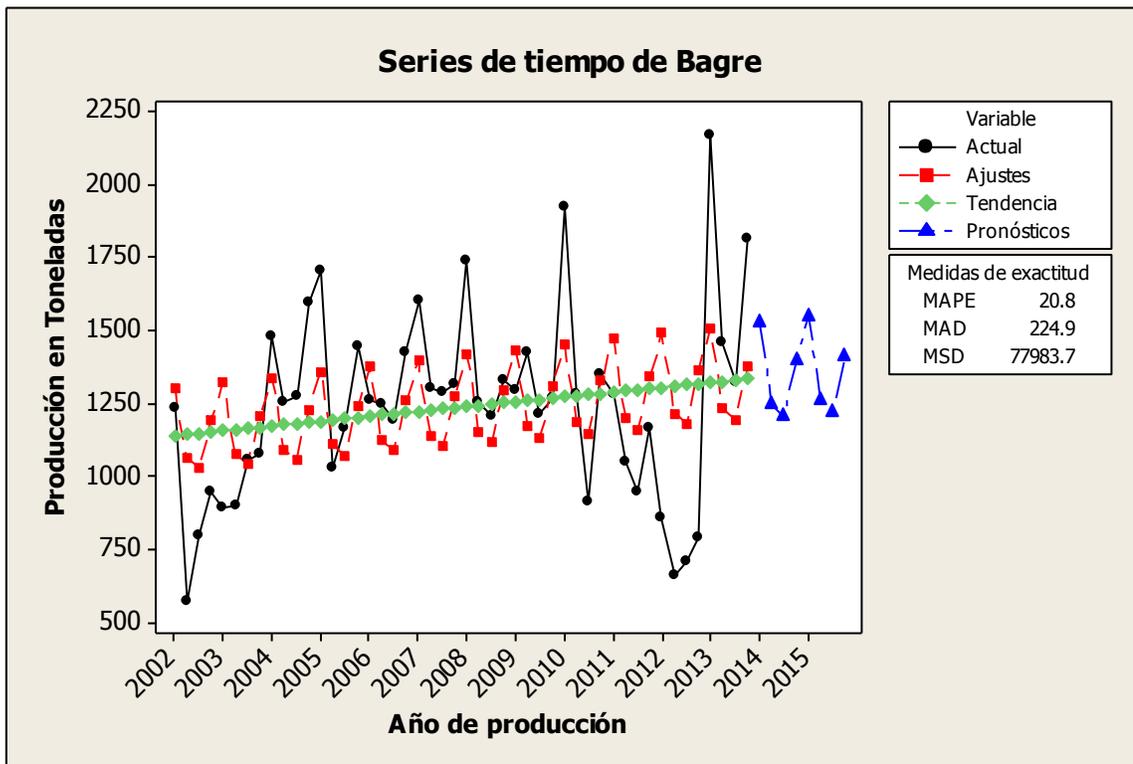


Figura16. Análisis de los componentes de series de tiempo para Bagre y actuación conjunta para la estimación de pronósticos para el año 2014 y 2015.

El desarrollo sustentable de la acuicultura en México ha permitido que en los últimos cinco años se registre un crecimiento del 26% en la producción de bagre de cultivo, al pasar de 2,503 toneladas en 2006 a 3,384 en 2010 (CONAPESCA, 2011), aunque factores climáticos en los últimos años tuvieron un efecto en la reducción de la producción se ha mantenido alrededor de más de 2,000 toneladas (Figura 16).

Mediano Plazo

Ecuación de tendencia ajustada

$$Y_t = 1103.6 + 5.96*t$$

Índices estacionales

Período	Índice
1	1.12918
2	0.92173
3	0.88600
4	1.06309

Pronósticos

Período	Pronóstico
1	1603.06
2	1314.05 2015 (5,714 t)
3	1268.39
4	1528.25
1	1630.00
2	1336.04 2016 (5,809 t)
3	1289.53
4	1553.61
1	1656.94
2	1358.03 2017 (5,905 t)
3	1310.66
4	1578.97
1	1683.88
2	1380.02 2018 (6,000 t)
3	1331.80
4	1604.33
1	1710.82
2	1402.01 2019 (6,095 t)
3	1352.94
4	1629.69
1	1737.75
2	1424.00 2020 (6,191 t)
3	1374.07
4	1655.06

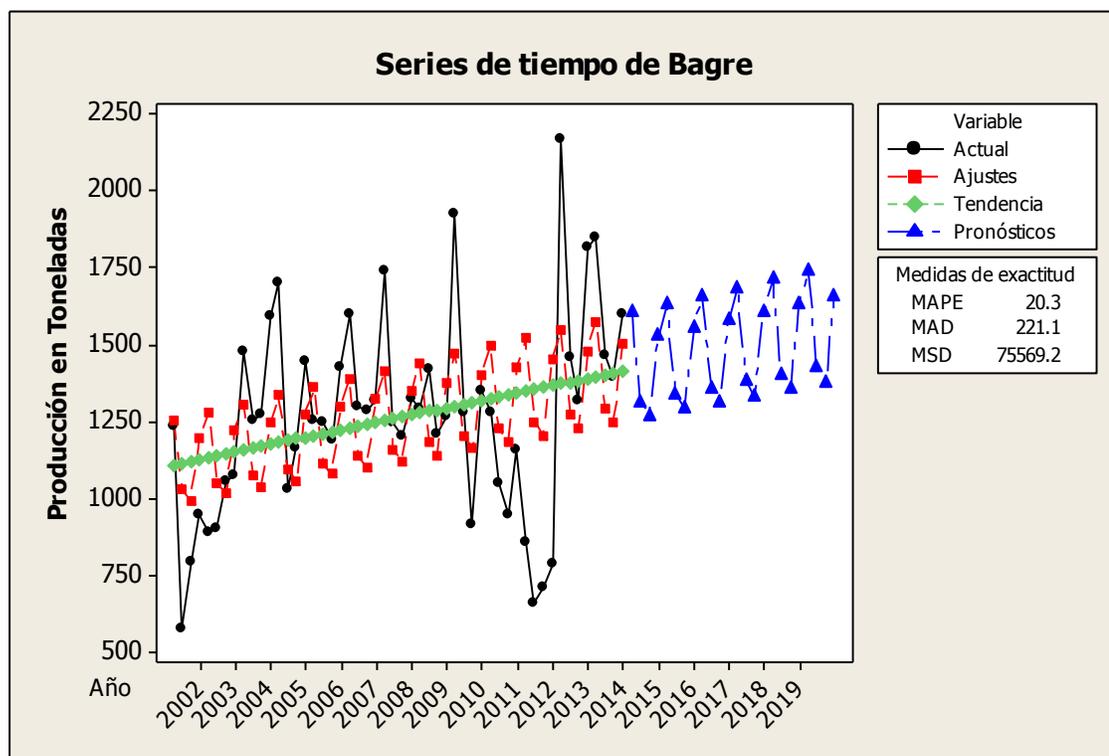


Figura 17. Análisis de los componentes de series de tiempo para Bagre y actuación conjunta para la estimación de pronósticos del año 2015 al 2020.

El aumento en la producción obedece en principio a las acciones de ordenamiento y crecimiento sustentable del sector emprendido por el Gobierno Federal para mantener la competitividad interna y en los mercados internacionales.

En la Figura 17 se puede observar que hay una tendencia lineal creciente en la producción de esta especie en el país. De acuerdo con los pronósticos obtenidos, para el 2020 la producción de bagre sería cercana a las 6,000 toneladas. Esta es una especie económica, de fácil consumo para el ser humano y rica en Omega 3, además de que está disponible durante todos los días del año en los mercados, centros de abasto y tiendas de autoservicio.

Trucha



Corto Plazo

Ecuación de tendencia ajustada

$$Y_t = 1551 + 22.9 * t$$

Índices estacionales

Trimestre	Índice
1	1.11345
2	0.97706
3	0.87573
4	1.03376

Pronósticos

Trimestre	Pronóstico
1	4357.34
2	3846.51 2014 (15,700 t)
3	3454.15
4	4043.70
1	3092.20
2	2730.36 2015 (11,142 t)
3	2451.29
4	2869.63

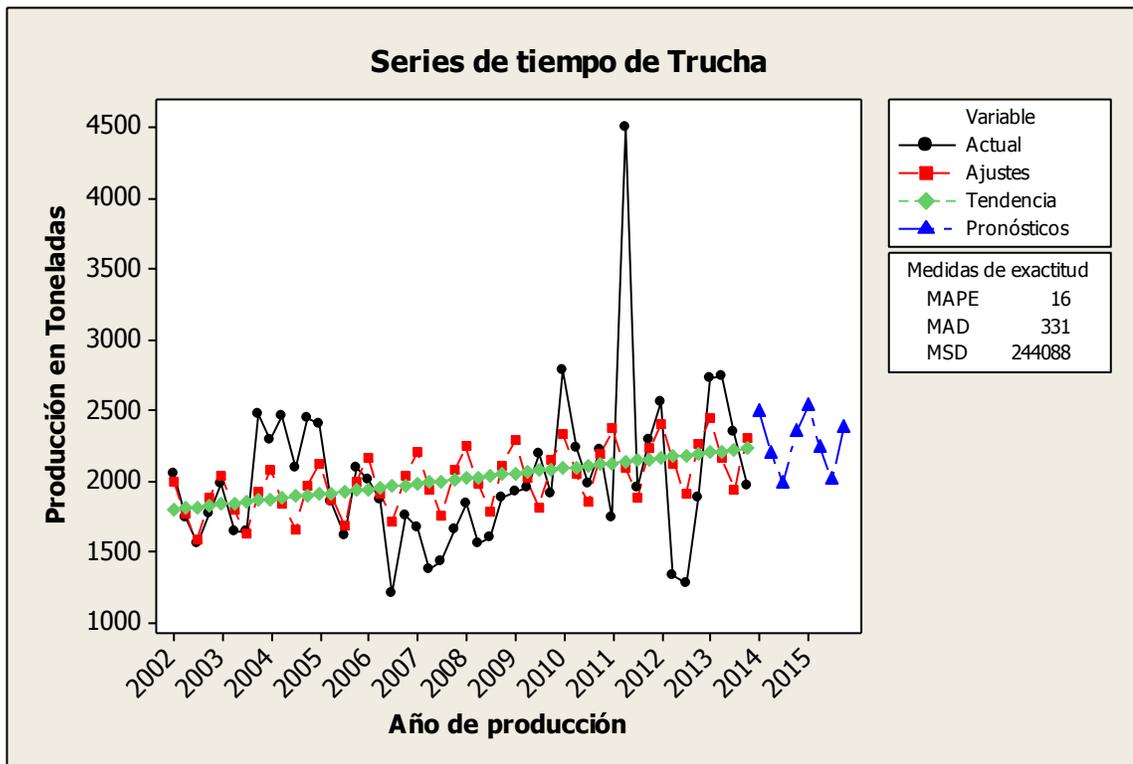


Figura 18. Análisis de los componentes de series de tiempo para Trucha y actuación conjunta para la estimación de pronósticos para el año 2014 y 2015.

El impulso al cultivo de Trucha en México ha permitido que en los últimos cinco años se registre un crecimiento en su producción, al pasar de 4,917 toneladas en 2008 a 8,200 en 2013 (Figura 18) (CONAPESCA, 2011).

El crecimiento de la actividad trutícola se ha asociado principalmente a regiones donde las condiciones climáticas y de los ecosistemas contribuyen al desarrollo del sector (FAO, 2006-2010). Particularmente en el Estado de México la producción anual promedio ha sido de 1,880 t durante los últimos 12 años, lo que convierte a esta entidad en el principal productor nacional de trucha arcoíris con una participación equivalente al 52% de la producción nacional (SAGARPA, 2011).

Mediano Plazo

Ecuación de tendencia ajustada

$$Y_t = 1551 + 22.9 * t$$

Índices estacionales

Período	Índice
1	1.11345
2	0.97706
3	0.87573
4	1.03376

Pronósticos

Período	Pronóstico
1	3092.20
2	2730.36 2015(11,142 t)
3	2451.29
4	2869.63
1	3285.05
2	2900.22 2016(11,838 t)
3	2604.42
4	3047.57
1	3477.91
2	3071.07 2017(12,535 t)
3	2757.56
4	3227.50
1	3671.77
2	3241.92 2018(13,231 t)
3	2911.69
4	3407.43

1	3864.62
2	3411.77 2019 (13,928 t)
3	3063.82
4	3586.36
1	4058.48
2	3582.62 2020 (14,624 t)
3	3216.96
4	3766.30

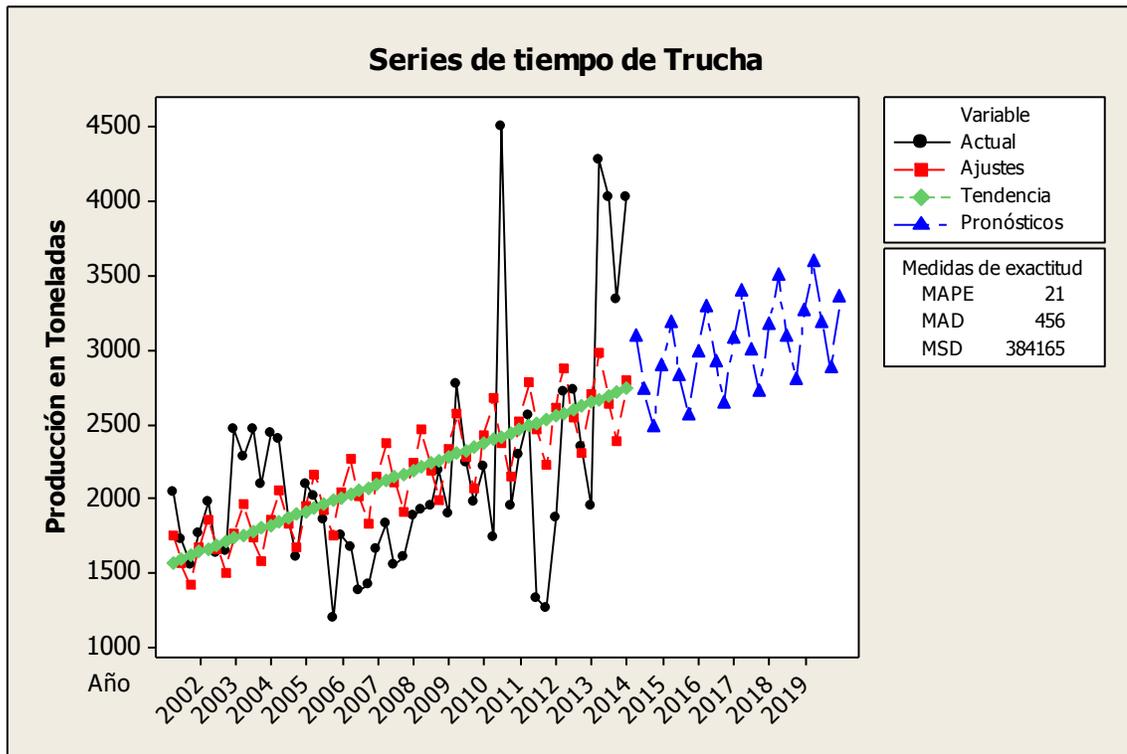


Figura 19. Análisis de los componentes de series de tiempo para Trucha y actuación conjunta para la estimación de pronósticos del año 2015 al 2020.

Si bien se ha comprobado que, al igual que en otras regiones del mundo, el éxito de la producción de trucha se fundamenta en la presencia de un ambiente favorable para el cultivo, un mercado que acepte el producto y el apoyo de políticas públicas que permitan el fomento y establecimiento de la actividad. Tomando las consideraciones anteriores, resultan de igual forma relevantes.

La acuicultura comercial de las principales especies, como la trucha, depende en la actualidad de alimentos artificiales y piensos elaborados principalmente con harina y aceite de pescado.

Como puede observarse en Figura 19, la tendencia de crecimiento será positiva, aunque a un ritmo de crecimiento más lento respecto a años anteriores. Los pronósticos obtenidos proyectan una producción cercana a las 10,000 toneladas para el año 2020.

CAPÍTULO IV. ESTIMACIÓN DEL MODELO ECONOMÉTRICO

El modelo desarrollado de la demanda de piensos acuícolas en México es econométrico uniecuacional, utilizando el Modelo de Regresión Lineal Múltiple (MRLM), estimado y validado por el Método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO). Se construyeron series de tiempo del período 2002- 2013, para cada una de las variables con periodicidad anual, las cuales se describen más adelante. Las fuentes de información son diversas: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Comisión Nacional de Pesca y Acuicultura (CONAPESCA), Consejo Nacional de Fabricantes de Alimentos Balanceados y de la Nutrición Animal, A.C. (CONAFAB) y Comités Sistema Producto (CSP). El número de años considerados para el estudio así como el hecho de la periodicidad anual se debe a la disponibilidad de la información.

4.1. Modelo

Un modelo de econométrico se define a partir de un modelo económico (descripción y explicación de un sistema económico, social y político con interés práctico), complementado con los aspectos particulares del sistema en estudio. A diferencia de los modelos económicos los modelos econométricos poseen una mejor generalidad en las conclusiones a las que se puede llegar, aunque su validez estaría limitada tanto por el sistema de referencia utilizado y circunscrita al período en que el modelo en sí tiene vigencia, como consecuencia de la evolución del sistema (Pulido, 1987).

Generalmente un modelo econométrico está formado por una o varias ecuaciones en las que la variable endógena depende de una o varias variables explicativas (Caridad, 1998. Éste puede, ser expresado en forma genérica como:

$$Y = aX_1^b \times X_2^c \quad (5)$$

Los modelos econométricos son utilizados generalmente para alguna de las siguientes actividades:

- Análisis estructural: Cuantificación de la relación que en el periodo analizado ha existido entre las variables implicadas, a través del conocimiento del signo y valor de los parámetros estimados; es decir, la forma como inciden en la variable endógena las variaciones de las variables explicativas.
- Predicción: Predecir los valores que tomará a futuro la variable objeto de estudio.
- Simulación: Efectos que tienen sobre la endógena diferentes estrategias que se planteen sobre las variables explicativas.

Finalmente, es preciso señalar que la modelación debe ser entendida como el proceso mediante el cual un investigador diseña y construye un modelo que representa un objeto o sistema real, es decir, constituye una metodología para la resolución de problemas y no una teoría en sí (Aguilar *et al*, 2003).

4.2. Modelo de Regresión Lineal Múltiple (MRLM)

El modelo de regresión lineal múltiple (MRLM) se utiliza para explicar el comportamiento de una determinada variable que denominaremos variable se denomina variable a explicar, variable endógena o variable dependiente, (Y) en función de un conjunto de k variables explicativas X_1, X_2, \dots, X_k mediante una relación de dependencia lineal (suponiendo $X_1 = 1$):

$$Y = \beta_1 + \beta_2 * X_2 + \dots + \beta_k * X_k + U \text{ siendo } U \text{ el termino de perturbación (6)}$$

Para determinar el modelo anterior, es necesario hallar (estimar) el valor de los coeficientes $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$. La linealidad en parámetros posibilita la interpretación correcta de los parámetros del modelo. Los parámetros miden la intensidad media de los efectos de las variables explicativas sobre la variable a explicar y se obtienen al tomar las derivadas parciales de la variable a explicar respecto a cada una de las variables explicativas:

$$\beta_j = \frac{\delta Y}{\delta X_j}; j = 1, \dots, k. \quad (7)$$

El objetivo es asignar valores numéricos a los parámetros $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$. Es decir, se trata de estimar el modelo de manera que los valores ajustados de la variable endógena resulten tan próximos a los valores realmente observados como sea posible (Gujarati, 2010).

4.3. Estimación por Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO)

Estimar el modelo equivale a asignar valores numéricos a los parámetros desconocidos $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$, a partir de la información muestral disponible de las variables observables del modelo.

El criterio de mínimos cuadrados trata de minimizar la suma de cuadrados de los residuos (U_i), los cuales son definidos como la diferencia entre el valor observado de la variable que se trata de explicar y el valor estimado por la recta ajustada (Martín *et al*, 1997):

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X + U_i \quad (8)$$

Donde:

$$U_i = Y_i - \hat{Y}_i = Y_i - \beta_0 - \beta_1 X_i \quad (9)$$

Como señala Gujarati (2010), cada modelo será una estimación confiable si cumple con cuatro características importantes:

1. El coeficiente de regresión R^2 sea un valor moderado, o cercano a la unidad
2. Cada parámetro estimado de la regresión sea mayor a 90% según la prueba de significancia estadística t a dos colas, la cual debe ser superior al 90%, así se rechaza la hipótesis nula (H_0) de que no existe asociación estadística entre la variable dependiente del modelo estimado y sus variables independientes. El proceso para determinar este porcentaje es mediante la fórmula:

$$P_t = 1 - \left[\frac{p}{2} \right] \quad (10)$$

Donde, P_t es el porcentaje a calcular para aceptar o rechazar H_0 y p es la probabilidad correspondiente al estadístico t del parámetro.

3. Inexistencia de multicolinealidad y heteroscedasticidad entre las variables de cada modelo estimado.
4. Normalidad de los estimadores de la regresión.
Al utilizar el método de mínimos cuadrados ordinarios para calcular los modelos lineales se requiere que los estimadores estén distribuidos de manera normal, de esta forma los estadísticos t serán consistentes con sus respectivas distribuciones.

4.4. Variables

Los principales factores que determinan la demanda (Varian, 1993) como funciones que se establecen en series de tiempo para un bien o producto específico del mercado son:

- Nivel de consumo, $D(t)$
- Precios actuales $p(t)$ y rezagados un periodo del producto $p(t - 1)$
- Precios de los productos sustitutos $ps(t)$
- Ingreso per-cápita $I(t)$

La relación funcional de la demanda de harina y aceite de pescado en términos de las anteriores variables, se define como:

$$D = D ((p (t), p (t - 1), ps (t), I (t))) \quad (11)$$

El modelo lineal asociado es

$$D(t) = \beta_1 + \beta_2 p(t) + \beta_3 p(t - 1) + \beta_4 ps (t) + \beta_5 I(t) \quad (12)$$

Los parámetros β_2, \dots, β_5 representan también elasticidades y se espera que β_2 y $\beta_3 < 0$ Y $\beta_4, \beta_5 > 0$

Para entender los efectos de las variables mencionadas es importante analizar las tasas de variación de cada variable con respecto a la variable dependiente en estudio; es el caso de la relación existente de la oferta y demanda con el precio, lo que se conoce como el concepto de elasticidad (ϵ), que, de acuerdo con Paschoal (2002), se define como la relación entre las variaciones porcentuales observadas en las cantidades demandadas, derivadas de los cambios porcentuales introducidas por los precios. El comportamiento de la elasticidad puede adoptar en tres formas: si $\epsilon > 1$ se dice que la demanda es elástica. Si $\epsilon = 1$, se dice que la demanda es unitaria. Si $\epsilon < 1$, se dice que la demanda es inelástica.

En este estudio el modelo de estimación es en series de tiempo. La Tabla 4 muestra y especifica las observaciones correspondientes a cada una de las variables endógenas y predeterminadas consideradas para estimar las

condiciones de demanda de harina y aceite de pescado durante el período 2002-2013.

En este tipo de modelos las variables se clasifican como endógenas y exógenas. Las primeras son determinadas por el modelo económico, y las exógenas se determinan externamente.

Las variables exógenas también se identifican como variables predeterminadas y se consideran como independientes de los términos de error del modelo y, por tanto, satisfacen las suposiciones de las variables independientes en un modelo de regresión lineal clásico (Maddala, 1996).

De esta manera, dicha variable endógena y predeterminada se convierte a la vez en una variable aleatoria que, por lo general, está correlacionada con el término de error aleatorio de la ecuación en la cual aparece como variable explicativa o predeterminada (Gujarati, 2010).

Tabla 4. Clasificación y descripción de variables endógenas y exógenas del presente modelo.

Tipo/ Variable	Descripción	Unidad
<u>Endógenas:</u>		
-Volumen de producción de a.b (harina y aceite de pescado)	Producción y fabricación específica de alimentos integrados y comerciales para el sector. Ingredientes estratégicos de alto valor alimenticio, crítico para la elaboración de alimentos destinado para la producción de peces cultivados.	MT/ año
<u>Exógenas (predeterminadas):</u>		
-Precio mundial de harina de pescado	Por tratarse de <i>commodities</i> , su precio es sumamente volátil, y están a expensas tanto de los cambios en la demanda internacional como de las variaciones de oferta relacionadas con la disponibilidad y suministro de su materia prima.	DLS/ tonelada
-Precio mundial de aceite de pescado		
-Volumen de Producción Acuícola	Producción de las cuatro especies (camarón, tilapia, bagre y trucha) que representan, por volumen de producción, la elaboración de piensos acuícolas en nuestro país.	TM/ año
-Precio mundial de harina de soya	Uno de los sustitutos más cercanos a la harina de pescado, dado que es una fuente vegetal. No tiene las mismas propiedades y características que la HP por ende no es un bien sustituto perfecto, pero sí superior con base en el costo, facilidad en la formulación y sus efectos en la calidad de agua.	DLS/ tonelada
- Precio mundial de aceite de colza (canola)	Por precio y accesibilidad respecto al aceite de soya, es uno de los sustitutos vegetales más utilizados en las formulaciones de alimentos acuícolas, además del aumento de precio del aceite de pescado.	DLS/ tonelada
-Ingreso per-cápita	Valor monetario de la demanda final de la producción de bienes y servicios, en una región o país, durante tiempo determinado.	USD

Fuente: CONAFAB (2014); Indexmundi (2014)*; CONAPESCA (2014); FAO (2014)*; World Bank (2014)*.

*Consultados en línea.

La harina y aceite de pescado participan en un mercado sensible al precio pues está basado en los productos básicos a nivel mundial; los usuarios finales son altamente selectivos y se ubican en su totalidad en la industria procesadora de alimentos, en muchos casos lejos de la fuente del producto. En otras situaciones, los productos de la acuicultura pueden ser considerados como bienes superiores. Los bienes superiores son aquellos cuya demanda aumenta a medida que aumentan los niveles de ingresos.

Los factores que, a partir de la aplicación del modelo desarrollado han sido identificados como potenciales determinantes de las condiciones de la demanda de harina y aceite de pescado son los siguientes: precio de la harina y aceite de pescado, volumen de producción del sector demandante (acuicultura) y, el precio de la harina de soya y aceite de colza (bienes sustitutos). Por lo tanto la variable dependiente es la demanda de harina y aceite de pescado (volumen de piensos) y las variables independientes las constituyen todos los factores mencionados.

La forma estructural del modelo es la siguiente:

$$D (\text{Vol. AB}) = \beta_0 + \beta_1 PHP_t + \beta_2 PHS_t + \beta_3 PAP_t + \beta_4 PAC_t + \beta_5 ACUI_t + I_t + U_t \quad (13)$$

Donde:

t : Subíndice que indexa el tiempo

$\beta_i, i = 0, \dots, 5$: Coeficientes a estimar

D : Nivel de consumo de alimentos balanceados

PHP_t : Precio mundial de Harina de Pescado (índice)

PHS_t : Precio mundial de la Harina de soya (DLS/ ton)

PAP_t : Precio mundial de Aceite de Pescado (índice)

PAC_t : Precio mundial de Aceite de Colza (DLS/ton)

$ACUI_t$: Volumen de producción nacional de acuicultura (toneladas)

I_t : Ingreso per-cápita (USD)

U_t : Término del error

Tabla 5. Consumo, precio de harina de pescado, precio de harina de soya, precio de aceite de pescado, precio de aceite de colza, acuicultura e ingreso.

	D (AB)	P (HP)	P HP (t - 1)	PS (HS)	P(AP)	PAP(t-1)	PS(AC)	ACUICULTURA	I (t)
Año	(t)/ año	DLS/ (t)	DLS/ (t)	DLS/ (t)	DLS/ (t)	DLS/ (t)	DLS/ (t)	Toneladas	USD
2002	134,142	646	636	2,208	450	430	575	113,358	5,910
2003	136,350	650	646	2,576	510	450	724	130,128	6,230
2004	158,000	693	650	3,086	562	510	855	147,740	6,770
2005	180,000	744	693	2,469	770	562	865	164,630	7,310
2006	205,000	1,074	744	2,328	872	770	1,021	187,255	7,870
2007	220,000	1,185	1,074	3,164	979	872	1,214	192,513	8,340
2008	240,000	1,160	1,185	4,415	1,800	979	1,709	209,177	9,980
2009	250,900	1,256	1,160	4,311	609	1,800	1,027	215,865	8,960
2010	214,500	1,739	1,256	3,976	1,121	609	1,214	191,901	9,330
2011	206,900	1,530	1,739	4,546	1,533	1,121	1,640	192,359	9,240
2012	196,500	1,624	1,530	5,679	2,183	1,533	1,487	182,035	9,740
2013	134,100	1,712	1,624	5,728	2,100	2,183	1,297	163,239	9,940

Fuentes: CONAFAB (2014); Indexmundi (2014)*; FAO (2014)*, World Bank (2014)*.

*Consulta en línea.

La demanda de harina y aceite de pescado en el modelo lineal propuesto fue determinada por el método MCO, a partir de los datos transformados logarítmicamente que se muestran en la Tabla 5.

4.5. Validación del modelo

Validar un modelo de regresión consiste en analizar si la variabilidad de la variable criterio (Y) atribuida a la regresión- en este caso al efecto del conjunto de variables predictoras – es lo suficientemente grande con respecto a la variabilidad no explicada o residual.

Utilizando todas las variables descritas anteriormente se obtuvieron los siguientes resultados:

Análisis de regresión: Cantidad D (AB) vs. P (HP), P HP (t - 1), ...

La ecuación de regresión es

$$\begin{aligned} \text{Cantidad D (AB)} = & - 4.80 - 0.230 \text{ P (HP)} + 0.374 \text{ P HP (t - 1)} + 0.050 \text{ PS (HS)} \\ & + 0.086 \text{ P (AP)} - 0.167 \text{ P AP(t-1)} - 0.370 \text{ PS(AC)} \\ & + 1.91 \text{ ACUICULTURA} - 0.48 \text{ I (t)} \end{aligned} \quad (14)$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constante	-4.804	5.996	-0.80	0.482
P (HP)	-0.2303	0.4050	-0.57	0.609
P HP (t - 1)	0.3737	0.5019	0.74	0.511
PS (HS)	0.0501	0.4156	0.12	0.912
P (AP)	0.0864	0.4198	0.21	0.850
P AP(t-1)	-0.1671	0.1662	-1.01	0.389
PS(AC)	-0.3704	0.8201	-0.45	0.682
ACUICULTURA	1.911	1.225	1.56	0.217
I (t)	-0.483	1.807	-0.27	0.807

S = 0.110315 R-cuad. = 93.5% R-cuad.(ajustado) = 76.3%

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Regresión	8	0.52824	0.06603	5.43	0.096
Error residual	3	0.03651	0.01217		
Total	11	0.56475			

Es importante resaltar que validar un modelo de forma conjunta, significa que los predictores contemplados logran explicar conjuntamente una porción importante de la variabilidad de Y; sin embargo esta prueba no permite determinar el peso explicativo de cada predictor por separado. Puede ocurrir que el modelo en su conjunto tenga un poder de explicación alto (93.5%) y que sin embargo alguna de las variables predictoras no lo tenga; es decir, que no sea significativa su relación con Y. El valor $p(0.096) > \alpha(0.05)$ de la Tabla de ANOVA indica que no hay significación conjunta del modelo, es por ello que el modelo planteado debe ser depurado para eliminar variables insignificantes o claramente redundantes con otras del modelo a fin de definir el modelo más parsimonioso posible respecto a la realidad que pretende explicar.

4.6. Depuración del Modelo

Cuando se estima un modelo de regresión múltiple con un número determinado de variables predictoras (Xs), uno de los procedimientos aplicados para estimar la ecuación de regresión múltiple correspondiente es el de introducir por igual y simultáneamente todos los predictores deseados en dicho modelo. Este procedimiento resulta especialmente útil en los casos cuando de antemano no se tiene una idea jerárquica de la importancia relativa de cada variable predictora.

En este caso se estima el modelo de regresión múltiple completo y si a posteriori se aprecia que alguna o algunas de las variables no mantienen con el criterio relación significativa, se van eliminando en pasos posteriores y se procede a depurar dicho modelo.

Mediante este método de estimación por pasos no sólo se evalúa la significación de cada modelo estimado (con una o más variables predictores) sino que se obtiene información sobre el aumento del poder explicativo de dicho modelo según van incorporándose, una a una, las restantes variables potencialmente explicativas. A continuación se muestran los resultados de la estimación obtenidos por el programa.

Análisis de regresión: Cantidad D (AB) vs. P (HP), P HP (t - 1), ...

La ecuación de regresión es

$$\text{Cantidad D (AB)} = - 5.34 - 0.253 \text{ P (HP)} + 0.340 \text{ P HP (t - 1)} - 0.164 \text{ P AP(t-1)} - 0.275 \text{ PS(AC)} + 1.65 \text{ ACUICULTURA} \quad (15)$$

Modelo 2: estimaciones MCO utilizando las 12 observaciones 2002-2013
Variable dependiente: CantidadAB

<i>Variable</i>	<i>Coefficiente</i>	<i>Desv. típica</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>valor p</i>	
const	-5.34575	2.36556	-2.2598	0.06456	*
PHP	-0.253141	0.206239	-1.2274	0.26563	
PHP (t-1)	0.339731	0.274867	1.2360	0.26265	
PAP (t-1)	-0.16447	0.0837102	-1.9648	0.09705	*

PS (AC)	-0.274836	0.211877	-1.2972	0.24222	
ACUICULTURA	1.65361	0.265033	6.2393	0.00078	***

Media de la var. dependiente = 12.1304
 Desviación típica de la var. dependiente. = 0.226582
 Suma de cuadrados de los residuos = 0.0375379
 Desviación típica de los residuos = 0.0790968
 $R^2 = 0.93353$
 R^2 corregido = 0.878139
 Estadístico F (5, 6) = 16.8533 (valor p = 0.00179)
 Estadístico de Durbin-Watson = 2.19157
 Coef. de autocorr. de primer orden. = -0.407911
 Log-verosimilitud = 17.5766
 Criterio de información de Akaike = -23.1532
 Criterio de información Bayesiano de Schwarz = -20.2438
 Criterio de Hannan-Quinn = -24.2304

Contraste de heterocedasticidad de White -
 Hipótesis nula: No hay heterocedasticidad
 Estadístico de contraste: $TR^2 = 11.995$
 con valor p = $P(\text{Chi-Square}(10) > 11.995) = 0.28539$

Contraste de normalidad de los residuos -
 Hipótesis nula: el error se distribuye normalmente
 Estadístico de contraste: $\text{Chi-cuadrado}(2) = 0.514339$
 con valor p = 0.773237

El coeficiente de una variable predictora indica el cambio promedio en la variable de respuesta: *Cantidad D (AB)*, cuando se incrementa en una unidad la variable predictora asumiendo que las otras variables permanecen constantes.

Se puede observar que al depurar el primer modelo con un total de 8 predictores, se hace uso del menor número de variables predictoras, en un total de 5, con las cuales se obtiene un R^2 de 93.4%; se ha perdido un 0.1 % de confiabilidad en las predicciones pero el valor p (0.002) $< \alpha$ (0.05) de la tabla de ANOVA nos indica que las variables determinadas como relevantes por el modelo se consideran significativas en su conjunto.

Para este modelo estimado, la variable que presenta mayor efecto a la variable dependiente es el sector demandante (*ACUICULTURA*) que integra las cuatro especies acuícolas de interés; a pesar de que ciertas variables no son estadísticamente significativas (*PHP* y *PAC*), nos pueden brindar información acerca de las elasticidades de cada variable con respecto a la dependiente.

Para descartar de manera más confiable la colinealidad se utilizó la prueba de factores de inflación de varianza (VIF). Los valores obtenidos son: para *PHP* (11), *PA (t-1)* (3.71), *PS (AC)* (8.71), *ACUICULTURA* (4.67). De acuerdo con esta prueba valores > 10 pueden indicar un problema de colinealidad. Es así que, de acuerdo con los resultados, solo un parámetro sale de este rango, pero en general el modelo cumple con este supuesto.

Para analizar la presencia de heteroscedasticidad en el modelo estimado, se aplicó el contraste de White. Con 10 grados de libertad el valor ji cuadrado al 5% es de 11.99 y con un valor p (0.28) $> \alpha$ (0.05), por lo cual no se rechaza H_0 , con lo que se concluye que no hay heteroscedasticidad entre las variables de la función.

En cuanto al contraste de normalidad de residuos, luego de que el resultado obtenido del valor p (0.77) $> \alpha$ (0.05) por lo cual no se rechaza H_0 , con lo que se concluye que el error se distribuye normalmente.

4.7. Elasticidades

Cada uno de los parámetros estimados representa las elasticidades del modelo respecto a la variable correspondiente. De esta manera se puede analizar el impacto porcentual cuando se aumenta una unidad porcentual en dicha variable independiente.

Para este modelo se encontró que los signos de dos de sus parámetros coinciden con lo esperado siendo negativos para el precio de los bienes en particular (harina y aceite de pescado) y los coeficientes de bienes sustitutos como el aceite de colza tienen signo opuesto. Los valores obtenidos de las

elasticidades-precio estimadas son: $P(HP)$ ($\eta = -0.146$), $PAP(t-1)$ ($\eta = -0.09$) y $PS(AC)$ ($\eta = -0.158$). Respecto al precio de la harina ($P(HP)$) y aceite de pescado ($PAP(t-1)$), el modelo indica que un aumento en una unidad porcentual de éste genera una disminución del 0.25% y 0.16% en la demanda de estos bienes respectivamente; por otro lado, un aumento en una unidad porcentual respecto al precio del sustituto de aceite de pescado ($PS(AC)$)-aceite de colza- genera una contracción del 0.27% en la demanda del AP a pesar de que el coeficiente no es estadísticamente significativo. Para esta estimación la relación es inelástica ya que la modificación que tienen las variables de precio sobre la variable endógena es pequeña en términos porcentuales.

Dado que el sector de la alimentación depende en gran medida de las proteínas marinas, se esperaría que la harina y aceite de pescado sean inelásticas con respecto al precio, lo cual corresponde con los valores de las elasticidades estimadas para este modelo, tal como lo concluyen (Tveterås y Tveterås, 2010). Tomando en cuenta que la harina y aceite de pescado representan un nivel de importancia como bienes normales (superiores), su demanda es modelada principalmente por el precio de mercado del producto, el ingreso disponible de los consumidores y el precio de un bien sustituto de estos insumos para la elaboración de piensos. De tal forma que, aunque el precio de los mismos subiera drásticamente, la demanda no se modificaría en la misma medida, mientras que bajar su precio tampoco supondría un cambio o aumento de la demanda.

Tveterås y Tveterås, (2010) concluyen que la demanda de harina de pescado es ligeramente inelástica respecto a su propio precio. Esto significa que, *ceteris paribus*, el incremento de la producción de salmón presionaría el precio de la harina de pescado hacia arriba. Por otro lado, el hecho de que los precios de harina de pescado elevarían los costos del alimento, que es un componente significativo en la crianza del salmón, conlleva a que se restrinja su expansión. No obstante, de manera general el modelo econométrico utilizado

por estos autores indica que la demanda de harina de pescado por parte del cultivo de salmón se ha tornado relativamente más elástica que la demanda proveniente del sector cerdos y aves de corral. Esto tiene sentido en la perspectiva de que el sector acuícola dedicado a la crianza del salmón lidera cambios tecnológicos que permitirían un mayor grado de sustitución de proteínas marinas por otros sucedáneos. Los resultados, sugieren que los altos precios y la oferta limitada parecen estar induciendo el desarrollo de tecnologías menos dependientes de la harina de pescado para piensos. Estas mismas elasticidades de producción reflejan los efectos de los cambios tecnológicos y los efectos de sustitución.

En un estudio sobre el cambio de oferta y demanda de aceite de pescado Shepherd y Bachis (2014), señalan que los factores que afectan el precio de aceite de pescado derivan principalmente de la respuesta a la demanda de aceite de alto contenido de omega-3 por el sector emergente de la industria nutracéutica la cual parece capaz y está dispuesta a pagar precios más altos que el sector de la alimentación de los peces. Como consecuencia de esta competencia, la industria de la acuicultura está teniendo que pagar más por el aceite de pescado, debido a que la demanda de éste por el sector acuícola es más elástica que la demanda de los nutracéuticos. Este crecimiento de la demanda está causando inseguridad en la inflación de los precios del aceite de pescado, ayudando a impulsar su sustitución en los alimentos acuícolas por aceites vegetales (aceite de colza principalmente) como fuente más rentable de energía.

Respecto a los bienes sustitutos, el coeficiente y signo obtenidos para el aceite de colza determinan que este bien parece ser más un complemento que un sustituto del aceite de pescado. Cabe mencionar que en nuestro modelo no fue posible estimar la variable de harina de soya ((PS (HS)) ya que en la depuración este predictor resultó no ser significativo para explicar la variable respuesta. Sin embargo, Tveterås, S., y Tveterås R. (2010), obtuvieron valores positivos para la harina de soya lo que indica que es un bien sustituto aunque

no perfecto para la harina de pescado. Esto significa que cuando la harina de pescado resulta muy costosa en relación a la harina de soya, la demanda de harina de soya se incrementa y por consiguiente el precio sube. Contrariamente, si la harina de pescado resulta de menor costo que la harina de soya una mayor cantidad de harina de pescado será incorporada en las mezclas de los alimentos, por tanto habrá una caída en la demanda de la harina de soya y consecuentemente en su precio.

En el modelo estimado, se puede interpretar que el aceite de colza es representativo de otros aceites vegetales, ya que muchos de estos aceites comparten tendencias similares de precios debido a usos similares, es decir, como fuente de energía en los alimentos. Los aceites vegetales pueden ser sustitutos de ambos y complementarios a la harina de pescado, ya que, por un lado, las proteínas, tales como la harina de pescado, también tienen un contenido de grasa para lo cual se utilizan aceites, mientras que, por otro, las proteínas y las grasas son complementos en los alimentos (Tveterås y Tveterås 2010).

La harina de pescado y aceite de pescado seguirán siendo elementos importantes en la alimentación de especies acuícolas. El manejo cuidadoso de las poblaciones de peces significara que no habrá a corto plazo aumento significativo de la producción, pero es de esperar que el futuro crecimiento de la acuicultura no se vea limitado por el suministro de estos ingredientes (Shepherd y Jackson, 2013).

Cuando los compradores perciben la escasez, se crea en el corto plazo una especie de sobre-reacción y tratan de asegurar su abastecimiento. Pero en el largo plazo, empieza a operar la sustitución por otro tipo de productos más baratos, que son básicamente vegetales como las harinas de soya, trigo o maíz, como también algunos productos de origen animal, ya sea la harina de huesos, carne o plumas, y productos hidrolizados de carnes o de pescados. Estos productos no tienen todas las propiedades características de la harina y aceite de pescado, pero pueden ser usados como equivalentes en dietas alimentarias.

Expertos de la industria harinera afirman que es difícil predecir qué tan rápida será la tasa de sustitución en las diferentes dietas y más difícil aún visualizarlo en una perspectiva global (Talledo, 2010).

Desde otra perspectiva, se espera que la industria acuícola a nivel mundial continúe su crecimiento y, por ende, su presión hacia estos *commodities*. Existe consenso en que los precios altos no perdurarán por siempre y que en el corto plazo la harina de pescado quedará excluida de algunas dietas de animales. Como se aprecia, el mercado opera por sí solo, sus fuerzas llevan el precio a niveles tan altos como los actuales; sin embargo en el largo plazo estas escaladas de precio no son favorables para la industria harinera dado que favorecen tremendamente la sustitución (Talledo, 2010).

4.8. Modelos con Ecuaciones simultáneas

Se desarrollaron modelos econométricos de ecuaciones simultáneas que caracterizan el mercado de piensos para las principales especies acuícolas del país (un modelo por especie: camarón de cultivo, tilapia y bagre) en función del crecimiento de la industria.

Para la estimación del modelo, la primera ecuación utilizada fue una función de demanda y la segunda una función producción. Para la segunda, las principales variables que explican la producción acuícola son: el precio de los piensos, capital y trabajo.

Los precios considerados del alimento balanceado para todas las especies son en moneda nacional (precio de contado) libre a bordo de planta, tomado como el promedio anual del alimento de mayor porcentaje de proteína para las siguientes marcas: camarón de cultivo (Nutrimentos Acuícolas Azteca), tilapia (Grupo los Belenes/Winfish, Zeigler) y bagre (Purina Agribands, Cargill, México).

Los precios fueron deflactados utilizando el índice nacional de precios al consumidor base anual 2011 = 100 (INPC) (Banxico). El capital se aproximó como la tasa de interés real (%) activa ajustada por inflación según el deflactor del PIB (Banco Mundial) en diferentes plazos (corto y mediano) y por último tanto el trabajo como el salario mínimo se tomaron con valor general mayor (pesos diarios) respecto a jornada (CONASAMI).

Demanda de piensos para Camarón de Cultivo

Para estimar las condiciones de demanda de volumen de alimentos balanceados en función de la producción de camarón y factores adyacentes, se dispone del siguiente modelo propuesto en forma estructural:

$$(1) VolAB = \alpha_1 + \beta_1 ProduccionCamarón + \beta_2 PrecioAB + u_1$$

$$(2) ProduccionCamarón = \alpha_2 + \beta_3 VolAB + \beta_4 PrecioAB + \beta_5 Capital + \beta_6 Trabajo + u_2$$

Donde:

$\alpha_{(1-2)}$ y $\beta_{(1-6)}$ = coeficientes a estimar

VolAB = producción de piensos acuícolas para camarón en ton/año.

ProduccionCamarón = producción de camarón de cultivo en ton/año.

PrecioAB = precio promedio anual de piensos acuícolas para camarón.

Capital = costo de capital (tasa de interés)

Trabajo = salario medio del sector

$U_{(1-2)}$ = Término de error.

A partir de los datos de la Tabla 6, se estimó el modelo utilizando el software econométrico Gretl.

Tabla 6. Variables utilizadas en el modelo camarón de cultivo.

	Producción	Especie	\$ Alimento/ton	Costo Capital	Costo Trabajo
Año	Vol. A.B	Camarón	Camarón	Tasa de interés Real	Salario Mínimo
2002	110,315	45,853	\$ 6,779.39	2.50	\$ 42.15
2003	112,131	62,361	\$ 7,051.55	1.00	\$ 43.65
2004	129,936	72,279	\$ 7,228.71	-0.80	\$ 45.24
2005	148,028	90,041	\$ 7,528.58	4.10	\$ 46.80
2006	168,587	111,306	\$ 7,262.36	1.10	\$ 48.67
2007	170,681	111,787	\$ 7,694.85	2.50	\$ 50.67
2008	209,000	130,201	\$ 10,228.46	2.60	\$ 52.59
2009	215,900	133,282	\$ 12,094.03	3.40	\$ 54.80
2010	176,400	104,612	\$ 12,673.00	0.80	\$ 57.46
2011	165,600	109,815	\$ 12,710.61	-0.40	\$ 59.82
2012	153,600	99,290	\$ 13,720.09	1.40	\$ 62.33
2013	83,200	51,000	\$ 14,444.55	2.50	\$ 64.76

*La tasa de interés real con valores promedios anuales (%). Fuente: Banco Mundial

**El salario mínimo con valor general diario respecto a jornada laboral (pesos). Fuente: CONASAMI

La primera ecuación satisface la condición de orden, pues las dos variables exógenas *Capital* y *Trabajo*, se omitieron en la ecuación de *VolAB*. Como primer paso, hay que identificar cada una de las ecuaciones, ya que dependiendo de la naturaleza de cada una de ellas se usará un método u otro para obtener la estimación de los parámetros.

$$K - k \geq m - 1$$

K = N° variables predeterminadas en sistema

K = predeterminadas solo en la ecuación

M = endógenas en el sistema

m = endógenas en la ecuación

3 exógenas

2 endógenas

Para la ecuación 1

$$3 - 1 \geq 2 - 1$$

$2 \geq 1$ (Sobreidentificada)

Para la ecuación 2

$$3 - 2 \geq 2 - 1$$

$1 = 1$ (Identificada)

Los estimadores obtenidos mediante el procedimiento de MC2E serán sesgados y consistentes. Las variables instrumentales consisten en las variables exógenas que aparecen en cada ecuación.

Modelo 1: estimaciones MC2E utilizando las 12 observaciones 2002-2013

Variable dependiente: VolAB

Instrumentos: Capital Trabajo

$$(1) \text{ VolAB} = \alpha_1 + \beta_1 \text{ProducCamarón} + \beta_2 \text{PrecioAB} + u_1$$

<i>Variable</i>	<i>Coefficiente</i>	<i>Desv. típica</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>valor p</i>
const	105325	108369	0.9719	0.33109
ProducCamarón	0.415943	1.45383	0.2861	0.77480
PrecioAB	0.945103	4.49907	0.2101	0.83362

Media de la var. dependiente = 153615

Desviación típica de la var. dependiente. = 39624.5

Suma de cuadrados de los residuos = 8.50787e+009

Desviación típica de los residuos = 30746

R-cuadrado = 0.864393

R-cuadrado corregido = 0.834259

Estadístico F (2, 9) = 28.6842 (valor p = 0.000125)

Estadístico de Durbin-Watson = 0.577454

Coef. de autocorr. de primer orden. = 0.801822

Criterio de información de Akaike = 284.607

Criterio de información Bayesiano de Schwarz = 286.061

Criterio de Hannan-Quinn = 284.068

Contraste de Hausman -

Hipótesis nula: Los estimadores de MCO son consistentes

Estadístico de contraste asintótico: Chi-cuadrado(1) = 8.09447

con valor $p = 0.00444006$

Contraste de sobreidentificación de Sargan -

Hipótesis nula: todos los instrumentos son válidos

Estadístico de contraste: $TR^2 = 0.517713$

con valor $p = P(\text{Chi-Square}(1) > 0.517713) = 0.471819$

Estadístico F de la primera etapa (2, 8) = 0.208689

Por tanto, el sistema de ecuaciones simultáneas determinado por (1) estimado por MC2E responde a la siguiente expresión:

$$(1) \text{VolAB} = 105,325 + 0.4159\text{ProducCamarón} + 0.9451\text{PrecioAB}$$

Elasticidad precio-demanda

$$\eta = -0.0714 \text{ (Inelástica)}$$

Modelo 2: estimaciones MC2E utilizando las 12 observaciones 2002-2013

Variable dependiente: *ProducCamarón*

Instrumentos: ninguno

$$(2) \text{ProducCamarón} = \alpha_2 + \beta_3\text{VolAB} + \beta_4\text{PrecioAB} + \beta_5\text{Capital} + \beta_6\text{Trabajo} + u_2$$

<i>Variable</i>	<i>Coefficiente</i>	<i>Desv. típica</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>valor p</i>	
const	-108743	18075.4	-6.0160	<0.00001	***
VolAB	0.716486	0.0311735	22.9838	<0.00001	***
PrecioAB	-6.28053	1.49648	-4.1969	0.00003	***
Capital	-445.543	832.975	-0.5349	0.59273	
Trabajo	2965.64	595.222	4.9824	<0.00001	***

Media de la var. dependiente = 93485.6
 Desviación típica de la var. dependiente. = 29407.2
 Suma de cuadrados de los residuos = 1.12111e+008
 Desviación típica de los residuos = 4001.99
 R-cuadrado = 0.988214
 R-cuadrado corregido = 0.98148
 Estadístico F (4, 7) = 146.737 (valor p < 0.00001)
 Estadístico de Durbin-Watson = 2.7835
 Coef. de autocorr. de primer orden. = -0.539565
 Criterio de información de Akaike = 236.656
 Criterio de información Bayesiano de Schwarz = 239.08
 Criterio de Hannan-Quinn = 235.758

Dado que la ecuación (2) está identificada (una variable instrumental para cada variable explicativa endógena), no se puede hacer test para contrastar la hipótesis de exogeneidad. No es posible comparar diferentes estimadores basados en instrumentos alternativos.

Por tanto, el sistema de ecuaciones simultáneas determinado por (2) estimado por MC2E responde a la siguiente expresión:

$$(2) \text{ ProduccionCamarón} = -108743 + 0.716\text{VolAB} - 6.28\text{PrecioAB} - 445.54\text{Capital} + 2965.64\text{Trabajo}$$

Elasticidad precio-demanda

$$\eta = -0.6685 \text{ (Inelástica)}$$

El análisis estadístico de los resultados se realizó con base en los valores de los coeficientes estimados para cada ecuación, sus respectivas desviaciones estándar y los estadísticos t, R² y F. El análisis económico consistió en determinar si los coeficientes estimados para cada una de las variables económicas corresponden con lo propuesto por la teoría económica.

De acuerdo con los resultados para la ecuación 1 y 2, y dadas las limitaciones de información - por contar con pocos años correspondientes a cada una de las variables utilizadas- las dos ecuaciones que componen el modelo en la forma estructural presentan coeficientes de determinación (R^2) aceptables. Por lo tanto se puede asumir que la mayor proporción de los cambios de las variables endógenas son explicados por las exógenas. La prueba conjunta de F resultó significativa para todas las relaciones funcionales presentadas con valor $p (0.00001) < \alpha (0.05)$.

Para la determinación de significancia individual de las variables, en la ecuación 1 la variable que presentó el valor p mayor fue el precio de alimento (*PrecioAB*) aunque no fue significativa junto al intercepto y la producción, para la ecuación 2 todas las variables fueron significativas: volumen de alimentos balanceados (*VolAB*), su precio de estos (*PrecioAB*) y trabajo (*Trabajo*), al 10%, 5% y 1% respectivamente.

Para analizar si los estimadores utilizados son consistentes o no relevantes, se aplicó el contraste de Hausman, dado que el valor $p (0.004) < 0.05$ se debe rechazar la hipótesis de independencia o irrelevancia de las variables.

En esta ocasión para obtener estimadores consistentes de los parámetros en situaciones en que el estimador MCO es inconsistente se aplicó el método de variables instrumentales mediante el contraste de sobreidentificación de Sargan, con valor $p (0.47) > 0.05$ se considera que todos los instrumentos son válidos para la estimación.

Demanda de piensos para Bagre

Para estimar las condiciones de demanda de volumen de alimentos balanceados en función de la producción de bagre y factores adyacentes, se dispone del siguiente modelo propuesto en forma estructural:

$$(1) VolAB = \alpha_1 + \beta_1 ProduccionBagre + \beta_2 PrecioAB + u_1$$

$$(2) ProduccionBagre = \alpha_2 + \beta_3 VolAB + \beta_4 PrecioAB + \beta_5 Capital + \beta_6 Trabajo + u_2$$

Donde:

$\alpha_{(1-2)}$ y $\beta_{(1-6)}$ = coeficientes a estimar

VolAB = producción de piensos acuícolas para bagre en ton/año.

ProducBagre = producción de bagre de cultivo en ton/año.

PrecioAB = precio promedio anual de piensos acuícolas para bagre.

Capital = costo de capital (tasa de interés)

Trabajo = salario medio del sector

$U_{(1-2)}$ = Término de error.

A partir de los datos de la Tabla 7, se estimó el modelo utilizando el software econométrico Gretl.

Tabla 7. Variables utilizadas en el modelo bagre.

Año	Producción Vol. A.B	Especie Bagre	\$ Alimento/ton Bagre	Costo Capital Tasa de interés Real	Costo Trabajo Salario Mínimo
2002	2,064	2,313	\$ 4,414.02	2.50	\$ 42.15
2003	2,098	2,517	\$ 4,849.49	1.00	\$ 43.65
2004	2,431	3,050	\$ 5,146.40	-0.80	\$ 45.24
2005	2,769	2,767	\$ 5,581.86	4.10	\$ 46.80
2006	3,154	2,503	\$ 5,878.77	1.10	\$ 48.67
2007	3,385	2,801	\$ 6,551.76	2.50	\$ 50.67
2008	3,400	3,041	\$ 7,521.66	2.60	\$ 52.59
2009	3,500	3,145	\$ 8,056.09	3.40	\$ 54.80
2010	3,300	3,384	\$ 8,630.11	0.80	\$ 57.46
2011	3,000	2,929	\$ 8,946.81	-0.40	\$ 59.82
2012	2,600	2,934	\$ 10,371.97	1.40	\$ 62.33
2013	2,600	2,000	\$ 10,945.99	2.50	\$ 64.76

*La tasa de interés real con valores promedios anuales (%).Fuente: Banco Mundial.

**El salario mínimo con valor general diario respecto a jornada laboral (pesos). Fuente: CONASAMI.

Modelo 1: estimaciones MC2E utilizando las 12 observaciones 2002-2013

Variable dependiente: VolAB

Instrumentos: Capital Trabajo

$$(1) \text{ VolAB} = \alpha_1 + \beta_1 \text{ProducBagre} + \beta_2 \text{PrecioAB} + u_1$$

<i>Variable</i>	<i>Coefficiente</i>	<i>Desv. típica</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>valor p</i>
const	6397.04	10918.4	0.5859	0.55794
ProducBagre	-1.52452	4.06722	-0.3748	0.70779
PrecioAB	0.107382	0.173222	0.6199	0.53532

Media de la var. dependiente = 2933.42

Desviación típica de la var. dependiente. = 642.125

Suma de cuadrados de los residuos = 1.2189e+007

Desviación típica de los residuos = 1163.76

R-cuadrado = 0.158262

R-cuadrado corregido = -0.0287914

Estadístico F (2, 9) = 0.846079 (valor p = 0.461)

Estadístico de Durbin-Watson = 0.588328

Coef. de autocorr. de primer orden. = 0.698915

Criterio de información de Akaike = 206.028

Criterio de información Bayesiano de Schwarz = 207.483

Criterio de Hannan-Quinn = 205.49

Contraste de Hausman -

Hipótesis nula: Los estimadores de MCO son consistentes

Estadístico de contraste asintótico: Chi-cuadrado(1) = 2.26666

con valor p = 0.132185

Contraste de sobreidentificación de Sargan -

Hipótesis nula: todos los instrumentos son válidos

Estadístico de contraste: $TR^2 = 0.407822$

con valor p = $P(\text{Chi-Square}(1) > 0.407822) = 0.523077$

Estadístico F de la primera etapa (2, 8) = 0.209514

Por tanto, el sistema de ecuaciones simultáneas determinado por (1) estimado por MC2E responde a la siguiente expresión:

$$(1) \text{ VolAB} = 6397 - 1.525\text{ProducBagre} + 0.1074\text{PrecioAB}$$

Elasticidad precio-demanda

$$\eta = 0.17323 \text{ (Inelástica)}$$

Modelo 2: estimaciones MC2E utilizando las 12 observaciones 2002-2013

Variable dependiente: ProducBagre

Instrumentos: ninguno

$$(2) \text{ ProducBagre} = \alpha_2 + \beta_3\text{VolAB} + \beta_4\text{PrecioAB} + \beta_5\text{Capital} + \beta_6\text{Trabajo} + u_2$$

<i>Variable</i>	<i>Coefficiente</i>	<i>Desv. típica</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>valor p</i>	
const	4390.31	4710.67	0.9320	0.35134	
VolAB	0.42051	0.193202	2.1765	0.02952	**
PrecioAB	0.288542	0.584392	0.4937	0.62149	
Capital	-121.955	87.9012	-1.3874	0.16532	
Trabajo	-90.0729	171.417	-0.5255	0.59926	

Media de la var. dependiente = 2782

Desviación típica de la var. dependiente. = 388.228

Suma de cuadrados de los residuos = 932198

Desviación típica de los residuos = 364.926

R-cuadrado = 0.437733

R-cuadrado corregido = 0.116438

Estadístico F (4, 7) = 1.3624 (valor p = 0.337)

Estadístico de Durbin-Watson = 1.98316

Coef. de autocorr. de primer orden. = -0.185869

Criterio de información de Akaike = 179.179

Criterio de información Bayesiano de Schwarz = 181.604

Criterio de Hannan-Quinn = 178.282

Por tanto, el sistema de ecuaciones simultáneas determinado por (2) estimado por MC2E responde a la siguiente expresión:

$$(2) \text{ ProduccionBagre} = 4390 + 0.420\text{VolAB} + 0.289\text{PrecioAB} - 122\text{Capital} - 90.07\text{Trabajo}$$

Elasticidad precio-demanda

$$\eta = 0.751043 \text{ (Inelástica)}$$

De acuerdo con los resultados para este sistema de ecuaciones, tanto para la ecuación 1 y 2, los coeficientes de determinación (R^2) resultaron bajos en ambas etapas del modelo (0.43) por lo que indica que la relación y grado de asociación entre las variables independientes y la variable dependiente es débil. Mediante el análisis econométrico se analizó por medio de una serie de contrastes, la significación estadística conjunta e individual de los parámetros del modelo. Asimismo, con base en la prueba de F, el modelo mostró valores p (0.461) > 0.05 , por lo que es posible afirmar que ninguna de las variables en conjunto puede explicar la variación de la variable dependiente y que el modelo globalmente no es significativo.

La mayoría de los coeficientes de regresión resultó no ser significativo o relevante para explicar la demanda de alimento balanceado de esta especie, de acuerdo a la prueba t asintótica o razón de t. La variable (*VolAB*) fue la única variable significativa y con mayor efecto para la segunda etapa de la estimación del modelo.

Por otra parte, en la determinación de las pruebas correspondientes a la detección de exogeneidad entre las variables predeterminadas, de acuerdo con la regla práctica de Hausman, se encontró que los estimadores de MCO son inconsistentes para el modelo, lo que es de tal magnitud que afecta el poder predictivo del modelo. Aun utilizando el método de Variables Instrumentales (VI)

no se pudieron obtener estimadores consistentes de los parámetros. La prueba de sobreidentificación de Sargan, sugiere que los instrumentos no son válidos para la estimación del mismo. Estos resultados indican que las variables predictoras dentro de los modelos no tienen un poder de explicación alto, por lo que se advierte que en el modelo planteado se encuentren variables notoriamente redundantes con otras del modelo, o que dentro de las estimaciones se pudieron haber omitido variables relevantes.

Ello hace que el modelo sea menos parsimonioso respecto a la realidad que se pretende explicar. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que al incluir o eliminar variables al modelo puede reducir o ampliar el poder explicativo o también afectar directamente a los coeficientes de los predictores correspondientes.

Demanda de piensos para Tilapia

Para estimar las condiciones de demanda de volumen de alimentos balanceados en función de la producción de tilapia y factores adyacentes, se dispone del siguiente modelo propuesto en forma estructural:

$$(1) VolAB = \alpha_1 + \beta_1 ProducTilapia + \beta_2 PrecioAB + u_1$$

$$(2) ProducTilapia = \alpha_2 + \beta_3 VolAB + \beta_4 PrecioAB + \beta_5 Capital + \beta_6 Trabajo + u_2$$

Donde:

$\alpha_{(1-2)}$ y $\beta_{(1-6)}$ = coeficientes a estimar

$VolAB$ = producción de piensos acuícolas para tilapia en ton/año.

$ProducTilapia$ = producción de tilapia de cultivo en ton/año.

$PrecioAB$ = precio promedio anual de piensos acuícolas para tilapia.

$Capital$ = costo de capital (tasa de interés)

$Trabajo$ = salario medio del sector

$U_{(1-2)}$ = Término de error.

A partir de los datos de la Tabla 8, se estimó el modelo utilizando el software econométrico Gretl.

Tabla 8. Variables utilizadas en el modelo tilapia.

	Producción	Especie	\$ Alimento/ton	Costo Capital	Costo Trabajo
Año	Vol. A.B	Tilapia	Tilapia	Tasa de interés Real	Salario Mínimo
2002	19,699	61,747	\$ 4,829.69	2.50	\$ 42.15
2003	20,023	61,516	\$ 5,067.22	1.00	\$ 43.65
2004	23,203	67,839	\$ 5,443.30	-0.80	\$ 45.24
2005	26,434	67,993	\$ 5,769.90	4.10	\$ 46.80
2006	30,105	69,214	\$ 6,284.54	1.10	\$ 48.67
2007	32,308	73,580	\$ 6,630.93	2.50	\$ 50.67
2008	23,800	71,018	\$ 7,590.93	2.60	\$ 52.59
2009	28,000	73,373	\$ 8,343.10	3.40	\$ 54.80
2010	31,500	76,986	\$ 8,788.46	0.80	\$ 57.46
2011	34,500	71,135	\$ 9,402.07	-0.40	\$ 59.82
2012	37,000	72,779	\$ 10,985.58	1.40	\$ 62.33
2013	45,000	102,039	\$ 11,430.94	2.50	\$ 64.76

*La tasa de interés real con valores promedios anuales (%).Fuente: Banco Mundial.

**El salario mínimo con valor general diario respecto a jornada laboral (pesos).Fuente: CONASAMI.

Modelo 1: estimaciones MC2E utilizando las 12 observaciones 2002-2013

Variable dependiente: VolAB

Instrumentos: Capital Trabajo

$$(1) \text{VolAB} = \alpha_1 + \beta_1 \text{ProducTilapia} + \beta_2 \text{PrecioAB} + u_1$$

<i>Variable</i>	<i>Coficiente</i>	<i>Desv. típica</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>valor p</i>
const	-11653.9	21131.8	-0.5515	0.58130
ProducTilapia	0.417306	0.453975	0.9192	0.35798
PrecioAB	1.42093	1.65007	0.8611	0.38916

Media de la var. dependiente = 29297.7
Desviación típica de la var. dependiente. = 7403.47
Suma de cuadrados de los residuos = 9.33168e+007
Desviación típica de los residuos = 3220.02
R-cuadrado = 0.846666
R-cuadrado corregido = 0.812592
Estadístico F (2, 9) = 24.8477 (valor p = 0.000216)
Estadístico de Durbin-Watson = 1.51851
Coef. de autocorr. de primer orden. = 0.217757
Criterio de información de Akaike = 230.454
Criterio de información Bayesiano de Schwarz = 231.908
Criterio de Hannan-Quinn = 229.915

Contraste de Hausman -

Hipótesis nula: Los estimadores de MCO son consistentes
Estadístico de contraste asintótico: Chi-cuadrado(1) = 0.0859764
con valor p = 0.769356

Contraste de sobreidentificación de Sargan -

Hipótesis nula: todos los instrumentos son válidos
Estadístico de contraste: $TR^2 = 1.69989$
con valor p = $P(\text{Chi-Square}(1) > 1.69989) = 0.192302$
Estadístico F de la primera etapa (2, 8) = 0.450247

Por tanto, el sistema de ecuaciones simultáneas determinado por (1) estimado por MC2E responde a la siguiente expresión:

$$(1) \text{ VolAB} = -11654 + 0.4173\text{ProducTilapia} + 1.421\text{PrecioAB}$$

Elasticidad precio-demanda

$$\eta = 0.461514 \text{ (Inelástica)}$$

Modelo 2: estimaciones MC2E utilizando las 12 observaciones 2002-2013

Variable dependiente: *ProducTilapia*

Instrumentos: ninguno

$$(2) \text{ ProducciónTilapia} = \alpha_2 + \beta_3 \text{VolAB} + \beta_4 \text{PrecioAB} + \beta_5 \text{Capital} + \beta_6 \text{Trabajo} + u_2$$

<i>Variable</i>	<i>Coefficiente</i>	<i>Desv. típica</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>valor p</i>	
const	49480.8	65251.4	0.7583	0.44827	
VolAB	1.17439	0.602145	1.9504	0.05113	*
PrecioAB	1.85377	7.43738	0.2492	0.80317	
Capital	1048.47	1349.62	0.7769	0.43724	
Trabajo	-519.967	2399.39	-0.2167	0.82844	

Media de la var. dependiente = 72434.9

Desviación típica de la var. dependiente. = 10391.4

Suma de cuadrados de los residuos = 2.89589e+008

Desviación típica de los residuos = 6431.94

R-cuadrado = 0.756198

R-cuadrado corregido = 0.616882

Estadístico F (4, 7) = 5.42795 (valor p = 0.0261)

Estadístico de Durbin-Watson = 2.1244

Coef. de autocorr. de primer orden. = -0.323092

Criterio de información de Akaike = 248.043

Criterio de información Bayesiano de Schwarz = 250.468

Criterio de Hannan-Quinn = 247.146

Por tanto, el sistema de ecuaciones simultáneas determinado por (2) estimado por MC2E responde a la siguiente expresión:

$$(2) \text{ ProducciónTilapia} = 49481 + 1.1744 \text{VolAB} + 1.854 \text{PrecioAB} + 1048 \text{Capital} - 520 \text{Trabajo}$$

Elasticidad precio-demanda

$$\eta = 0.19315 \text{ (Inelástica)}$$

El sistema de ecuaciones simultáneas para tilapia se validó estadísticamente y económicamente con base en los signos de los coeficientes de cada ecuación. Finalmente se estimó la elasticidad precio de la demanda correspondiente.

Los resultados estadísticos obtenidos muestran coeficientes de determinación (R^2) significativos en ambos casos, señalando con ello que la forma funcional que se empleó se ajusta bien a las observaciones. La determinación de significancia conjunta de acuerdo a la prueba F se obtuvo un valor p (0.000216) $< \alpha$ (0.05), por lo tanto, las variables son relevantes en su conjunto.

La mayoría de los coeficientes de regresión no fueron significativos en la ecuación 1, aunque el intercepto contó con el valor p más alto. Es de llamar la atención que la variable (*PrecioAB*) resultó ser no significativa y con signo opuesto al esperado, ya que al tratarse de una ecuación representativa del comportamiento de los consumidores, se esperaría un signo negativo para el coeficiente del precio. En la ecuación 2, resultó ser (*VolAB*) la única variable con mayor efecto en esta segunda etapa de la estimación del modelo, esto parece indicar que no tienen un efecto marginal significativo las variables Capital y Trabajo. Lo anterior marcaría la pauta para señalar que otros factores subyacentes tuvieron influencia para que el sistema de ecuaciones no se adecue en significancia individual en la segunda etapa de estimación. Por lo que la producción de esta especie está más en función de que se cuente con la disponibilidad de piensos en las cantidades necesarias, que el precio en sí mismo.

El procedimiento de pruebas correspondientes para contrastar la hipótesis nula de que los estimadores de MCO son consistentes, mediante el contraste de Hausman, se encontró que el valor p (0.769) > 0.05 lo que sugiere existencia de simultaneidad entre las ecuaciones.

Adicionalmente, se aplicó el contraste de sobreidentificación de Sargan, con valor p (0.192) > 0.05 por lo que se considera que todos los instrumentos son válidos para la estimación.

Por último, en el análisis de elasticidad-precio en los modelos, se da sobreentendido el concepto de *ceteris paribus*, es decir, que ante el cambio de alguna variable explicativa sobre la dependiente, se considera que el resto de las independientes permanecen fijas. Tomando en cuenta que el alimento balanceado representa un nivel de importancia como bien de primera necesidad y componente significativo dentro del sector, se esperaría que los piensos sean inelásticos con respecto a su precio. En los parámetros β_2 y $\beta_4 < 0$, de acuerdo con la teoría de la demanda el signo del coeficiente de regresión de la variable debe ser negativo, debido a la ley general de la demanda, que postula una relación inversa entre cantidades demandadas y precio. De ahí se establece que para estas estimaciones la elasticidad-precio de alimentos balanceados para cada cultivo resultó ser inelástica (Tabla 9), lo que significa que estamos midiendo el cambio en la cantidad demandada como consecuencia de un cambio dado en el precio o el cambio porcentual en la cantidad demandada que resulta de un cambio de 1% en una de las variables independientes (Engle y Quagraine, 2011).

Tabla 9. Valores de elasticidad de demanda–precio de piensos por especie, en los modelos estimados y comparación respecto al sector pecuario.

Sector Acuícola		Etapas	
Especies	1	2	
Camarón de cultivo	-0.071	-0.668	
Tilapia	0.461	0.193	
Bagre	0.173	0.751	
Sector Pecuario		Elasticidad-precio	Autor
Bovino	-0.33	Cruz y García, 2013.	
Avícola	(-0.64 a -0.22)	Cruz Jiménez, 2012.	
Porcino	(-0.22 a -0.764)	Carreño y Rodríguez, 2010.	
Bovino	-0.032	Benítez <i>et al.</i> , 2010.	
Porcino	(-0.08 a -0.27)	Pérez <i>et al.</i> , 2010	
Porcino	(-0.78 a -0.27)	García <i>et al.</i> , 2004.	
Avícola	-0.76	Ramírez <i>et al.</i> , 2002.	

La Tabla 9 muestra las estimaciones de elasticidades de demanda obtenidas a partir de las ecuaciones 1 y 2 para cada especie, las que se comparan con las estimaciones de otros estudios. Para acuicultura se han reportado investigaciones donde se estiman elasticidades de producción respecto a relaciones técnicas y combinaciones de diversos insumos. Como por ejemplo, Karagiannis y Katranidis (2000) en lubina y dorada estimaron la elasticidad de producción con relación al alimento balanceado en 0.259, lo cual significa que incrementos en la cantidad de alimento utilizado provoca cambios en el mismo sentido (positivos) en producción, pero de menor cantidad. Nerrie *et al.*, (1990) desarrollaron un análisis de la función de producción de bagre, donde la estimación del componente de alimentación fue altamente significativo en la explicación de la producción de esta especie, por lo que señalan que hay una alta correlación entre la producción neta y piensos.

Para el cultivo de camarón los signos de sus elasticidades corresponden con las esperadas, ya que de acuerdo con la teoría económica siempre será negativa debido a la relación inversa entre el precio y la cantidad demandada si el bien es normal. La elasticidad estimada pasa de más inelástica ($\eta = -0.071$) en la primera etapa a menos inelástica ($\eta = -0.668$) para la segunda etapa, dado que cuanto más cercano a cero sea el valor de la elasticidad-precio, más insensible o inelástica es la demanda del bien en cuestión. El modelo indica que por cada 1% en el incremento del precio de los piensos genera una disminución del 0.071% en la demanda de estos bienes. Considerando que el análisis no es estático y que la línea recta de la demanda tiene la misma pendiente en todos sus puntos, hay que advertir que los cambios en la elasticidad precio de la demanda varía a lo largo de la curva de la demanda. En virtud de ello, ante una variación porcentual pequeña de la cantidad demandada sobre una variación porcentual grande del precio, la elasticidad en ese punto es < 1 por lo que la demanda será inelástica.

La explicación económica intuitiva para este caso indicaría que se van a requerir incrementos muy grandes en el precio para que se afecte sustancialmente la demanda. Tomando en cuenta que uno de los principales factores que afectan a la elasticidad precio de la demanda es el tipo de necesidad que cubre el producto, en el caso de los piensos tenemos que son considerados como bienes normales o de primera necesidad. Por lo tanto, dado que la elasticidad precio de la demanda determina el grado en que el bien se considera una necesidad, productos que cubren necesidades básicas tendrán demanda inelástica. De tal forma que si un artículo en particular es verdaderamente necesario los consumidores lo compran independientemente de los cambios en los precios, por consiguiente, la cantidad demandada no se modificaría en la misma medida (Engle y Quagraine, 2011). De acuerdo con FIRA, (2009), el alimento balanceado es el principal insumo en el cultivo de camarón, su formulación incluye harina y aceite de pescado como fuente de proteína para un contenido de 35% de proteínas, por lo cual es un alimento de alto precio y representa el 53.2% de los costos de producción.

Los signos de los coeficientes de las elasticidades estimadas fueron inversos para los cultivos de tilapia y bagre respecto a lo esperado de acuerdo a la lógica económica, en función de la relación inversa de la cantidad demandada y el precio. Sin embargo, se encontró que los valores de la elasticidad precio de demanda de alimento balanceado para estas especies resultaron inelásticos ($\eta = 0.461$ y 0.173) respectivamente. Estos modelos señalan que los cambios que resulten de aumentar en una unidad porcentual el precio en el alimento tendrán un efecto relativamente mínimo en la cantidad demandada, de 0.46 y 0.17% respectivamente; es decir, la cantidad demandada de este bien no responde significativamente a una variación de precio, aunque resultó ser más inelástica la demanda para bagre.

A nivel mundial, más del 70% de la producción total por acuicultura depende del suministro de insumos alimenticios externos. La producción de peces y crustáceos en cultivo dependen de la provisión externa de insumos alimenticios o de nutrientes al sistema de cultivo. El alimento o aportes de nutrientes varían desde el uso de piensos comerciales compuestos o alimentos hechos en la misma granja (Tacon y Metian, 2015).

En acuicultura, el componente de alimentación representa el elemento de costo más alto de la mayoría de los sistemas de cultivo semi-intensivos e intensivos, por lo general representa más de la mitad del costo de operación de los cultivos de peces y crustáceos. Debido al aumento de los costos de los ingredientes (harina y aceite de pescado) y del procesamiento del alimento, los fabricantes y productores de alimentación realizan considerables esfuerzos hacia la reducción de los costos de alimentación (Tacon, 2013).

Como los precios de los ingredientes de alimentos aumentan también los costos de alimentación, los acuicultores tienden a comprar piensos más baratos que por lo general tienen menos harina y aceite de pescado, dado que las proteínas vegetales son menos costosas (harina de soja) pero con niveles de nutrientes inferiores. Debido a ello los acuicultores mezclan alimentos caros con

otros más baratos para economizar o incluso alimentar en menor proporción (A.Tacon, comunicación personal, 14 de julio, 2015).

Los ingredientes de alimentos acuícolas son *commodities* globales utilizados en ganado, aves de corral y mascotas. A pesar de los cambios en las formulaciones de alimentos para la cría de peces y crustáceos, el drástico aumento en los precios para estos ingredientes conjuntamente con el mayor grado de cotización sostenido, han conllevado al aumento de precios de los piensos y los costos de producción. Esto constituye una presión importante sobre las compañías de alimentos para el desarrollo de formulaciones menos costosas que mantengan un crecimiento eficiente a menor costo (Hardy, 2010).

El aumento más lento en la producción de algunas especies, se debe probablemente al incremento en los costos de los piensos en la base de recursos (harina y aceite de pescado). Un desafío clave en este sentido será el desarrollo de innovaciones que permitan el reemplazo de la harina y aceite de pescado por otros ingredientes, por lo que el suministro de materias primas a base de pescado probablemente no será el factor limitante para el crecimiento de la acuicultura (OECD, 2015). Dado el ritmo actual de uso en los alimentos acuícolas y las tasas de crecimiento esperadas de la producción acuícola, con el tiempo la demanda de la acuicultura para harina y aceite de pescado superará la producción anual de estos ingredientes (Hardy, 2010). En tal sentido, el uso de diferentes proteínas y aceites de origen vegetal para la sustitución parcial o total de harinas y aceites de pescado en alimentos acuícolas ha sido investigado en varias especies y se ha planteado la necesidad de mantener la sustentabilidad y reducir los costos en la producción de alimentos balanceados para acuicultura (Turchini *et al.*, 2009; Hardy 2010).

Es importante observar la divergencia que existe entre los modelos estimados para cada especie, independientemente de los volúmenes de producción que se han obtenido históricamente en cada cultivo. Las estimaciones específicas el camarón de cultivo y tilapia resultaron ser adecuadas y consistentes, caso contrario en lo obtenido para el cultivo de bagre

donde su estimación no se ajustó completamente; el poder explicativo del modelo es reducido, lo que sugiere que la forma funcional empleada no se ajusta adecuadamente a las observaciones. Sus coeficientes resultaron no ser significativos para explicar la producción de esta especie, lo que indicaría que su eficiencia productiva no es adecuada.

Las principales diferencias obedecen al enfoque de mercado objetivo que tiene la producción nacional de cada especie: por un lado el camarón de cultivo está enfocado a un mercado de exportación, la tilapia ha tenido un ritmo de crecimiento positivo y se espera que en el mediano plazo acceda en el mercado de exportación y finalmente el cultivo de bagre por sus bajos volúmenes de producción, se enfoca solo a mercados locales para consumo nacional.

El rápido crecimiento de la acuicultura ha convertido a esta industria en una importante fuente de alimentos y, en el caso de algunas especies, en la más relevante. La lógica del mercado y los negocios lleva a la industria a especializarse en procesos que reportan mayor rentabilidad, y en consecuencia, el crecimiento de la acuicultura se ha concentrado en unas pocas especies, aquellas que permiten mayores volúmenes de ventas a precios más rentables y competitivos. Aunque se dan situaciones parecidas entre industrias acuícolas, pueden destacarse diferencias significativas en el desarrollo del mercado de unas especies y otras (Fernández Polanco, 2012).

En industrias como la del camarón de cultivo en los países en desarrollo, los productos van dirigidos principalmente a los mercados de exportación (Tveteraas, 2015). México está importando más camarón congelado de lo que exporta, como resultado de la enfermedad EMS; las importaciones incrementaron en un 30% de enero a septiembre del 2014 comparado con el mismo periodo del 2013 cuando hubo una disminución en producción de 48%, unas 100,000 toneladas en 2012 a 52,000 toneladas en el 2013. De los países latinoamericanos, Ecuador, Honduras, Guatemala, Nicaragua y Belice incrementaron sus exportaciones a México; también hubo importaciones de

India, Irán, Vietnam e Indonesia. México es el mayor importador de camarón que Honduras exporta con (34%), seguido por Europa (32%) y EUA (22%) (Globefish, 2015).

Antes del colapso en la producción del camarón de cultivo en el 2013, esta especie había representado para México el 47% de la producción acuícola, 73% del valor de la producción, con una tasa media de crecimiento anual (TMCA) del 22% y dentro del período 1990-2009 fue el motor del crecimiento pesquero. Durante los últimos años la producción y el consumo de camarón nacional presentaron un dinamismo importante (FIRA, 2009).

La producción de alimentos balanceados para camarón, había registrado un crecimiento constante hasta el año 2009 en México con 260,000 toneladas, los dos años subsecuentes disminuyó fuertemente debido a la mancha blanca. Más tarde, en el 2013, sucedió lo mismo pero ahora debido al EMS; la producción cayó drásticamente ubicándose en 83,200 toneladas para este año, por lo que se generó una contracción en la demanda de piensos para esta especie. Sin embargo, no se han alcanzado los niveles de producción observados en el año 2009 previo a la incidencia de las enfermedades (CONAFAB, 2014). Por el lado de los precios, éstos no mostraron un alza drástica en los años posteriores, aunque sí incrementos paulatinos en la misma magnitud que en años anteriores.

El cultivo de tilapia y otros peces de agua dulce constituye una opción importante de desarrollo rural por medio de la acuicultura; una buena parte de la producción se consume a nivel doméstico. El sector de la tilapia en América Latina continúa aumentando su competitividad, principalmente en el sector de productos frescos e inocuos orientados hacia los grandes mercados de Estados Unidos y la Unión Europea. También continúa incrementándose la demanda por tilapia en los mercados internos de Brasil, México y Colombia principalmente, de igual forma el consumo de tilapia, en sus diferentes presentaciones, también

va en aumento en otros países productores y exportadores (CNSPT, 2012). Estados Unidos es el principal mercado de destino para los productos de tilapia, concentrando más del 90% de las importaciones a nivel mundial (Fernández Polanco, 2012). Sin embargo, es importante señalar que el mercado de la tilapia parece segmentado tanto por su forma como en cuanto al origen del producto (Norman-López y Bjorndal, 2009).

En México el cultivo de tilapia ha retomado una importancia muy notoria en los últimos años; sin embargo, la escasa inversión en esta actividad se ha combinado con una serie de factores que han impedido su crecimiento sostenido. Resulta esencial desarrollar integralmente la acuicultura para disminuir la importación de productos acuícolas de otros países, misma que obedece a que la demanda del producto supera a la oferta (CONAPESCA, 2014). En América Central y especialmente en México, la producción nacional está estancada y el volumen de las importaciones está creciendo (Globefish, 2010). La preocupación para el sector productivo es que el producto importado es de mala calidad, y a precios inferiores a los nacionales (CNSPT, 2009). Los mercados internos también están adquiriendo importancia para la tilapia producida en la región, para el desarrollo de las pequeñas y medianas explotaciones para abastecer la demanda interna (Globefish, 2014). En cuanto a las importaciones, México adquirió Tilapia un 22% en conjunto, procedente principalmente de China, Honduras y Estados Unidos; resaltando que China es el principal proveedor de tilapia congelada (CONAPESCA, 2011).

Las subvenciones y apoyos económicos al desarrollo y sostenimiento del sector pesquero se constituyen en mecanismos distorsionadores del comercio internacional y propician prácticas insostenibles tanto ambiental como económicamente. Como medidas de protección, incentivan a los productores a mantener su esfuerzo, encarecen los precios domésticos del pescado, fuerzan el abaratamiento de las exportaciones y llevan al Estado a asumir los costes de sistemas de producción ineficientes (Lem, 2005). También hay discusión sobre

si existe una distinción entre buenos y malos subsidios, donde se utilizan buenos subsidios para reducir el esfuerzo pesquero (Hatcher y Robinson, 1999; FAO, 2003; OCDE, 2005).

Si se toma en cuenta que la acuicultura es una actividad relativamente nueva y se considera fragmentada, se podrá entender que se trata de una industria donde no se ha desarrollado capacidad de gestión, de ahí que los escasos recursos se están orientando principalmente a gestiones de pesca. Se advierte que hay una gran necesidad de apoyo especializado, pues las necesidades de un pequeño productor con respecto a uno de mayor escala son muy diferentes, de ahí que no se pueda aplicar el mismo modelo para todos (Urquía Fernández, 2012).

Los alimentos acuícolas representan entre el 50 y 70 por ciento de los costos de producción, de ahí que los productores requieren del trabajo adecuado y el capital operativo para la producción de alimentos acuícolas (Rana *et al.*, 2009). Las materias primas de mayor peso (harina y aceite de pescado), son *commodities* que se cotizan en precios internacionales, de ahí que el precio alcanzado esté expuesto no solo a factores como el clima o la escasez, sino financieros cuyo control escapa de los productores de alimento. Esto conlleva a la necesidad de una importante administración de riesgos en la compra de materias primas (CONAFAB, 2011). La reciente escalada de los precios de los ingredientes de piensos, ha generado a los acuicultores recurrir a asegurar fondos adicionales para la compra de alimentos (Rana *et al.*, 2009).

Actualmente, la industria acuícola alimenticia ha tenido que hacer labores del sistema financiero mexicano, otorgando créditos de avío y refaccionarios para financiar el alimento y aún más otorgar capital de trabajo al acuicultor (CONAFAB, 2011). El fomento a mejorar la capacidad de los pequeños acuicultores en particular debe estar dirigido hacia la mejora de la gestión de la

alimentación a nivel granja, incluyendo la selección de alimentación adecuada, la cantidad y métodos de alimentación (Rana *et al.*, 2009).

Es por ello que la comparación se efectuó respecto a trabajos desarrollados en sectores productivos. Las investigaciones sobre el sector pecuario utilizan modelos econométricos de ecuaciones simultáneas con variables que determinan y afectan tanto la oferta como la demanda. Sin embargo, la diferencia en las estimaciones con estos trabajos es que el precio de alimento balanceado entra como variable dentro de la función de oferta, aunque en la relación entre el nivel de la oferta y el precio se esperaría una relación negativa, lo que ocurre similarmente con la demanda. Las estimaciones para la elasticidad precio en estos sectores productivos resultaron ser inelásticas, lo que indica que la reacción a los cambios en los precios reales del sorgo tienen poca influencia en la oferta para elaborar el alimento balanceado para la engorda en corral, que llegaron a representar hasta un 68% del costo total de producción (Benítez, 2001). Además, debido al elevado peso relativo del alimento balanceado en sus costos de producción, los precios de este insumo son considerados como una variable que afecta significativamente el volumen de los productos pecuarios (García *et al.*, 2004).

CAPÍTULO V. EVALUACIÓN DE ESCENARIOS

En este capítulo se efectúa un análisis prospectivo de los requerimientos proyectados de piensos acuícolas en el periodo 2015-2020, en base a las tendencias de crecimiento de la industria en el país para camarón, tilapia, bagre y peces marinos. Este análisis, considera el crecimiento proyectado para cada una de las especies de cultivo, cambio en la eficiencia y factor de conversión alimenticia (FCA), que al final inciden en la demanda de harina y aceite de pescado.

Se desarrollan y analizan escenarios, con el propósito de conocer el impacto que podrían tener las políticas vigentes para la consolidación de un determinado escenario respecto a la demanda de piensos.

Los escenarios son descripciones de caminos hacia diferentes futuros posibles. Reflejan distintos supuestos sobre la evolución de las tendencias actuales, la influencia de incertidumbres críticas y la definición de factores nuevos. Actualmente se reconoce que los escenarios no constituyen predicciones; en realidad, dibujan esquemas de futuros posibles y exploran diferentes resultados que podrían obtenerse si cambiaran los supuestos básicos (UNEP 2002).

Los resultados proyectados para cada una de las especies no pretenden ser una estimación formal respecto al futuro de cada cultivo. Solamente, pretenden describir las tendencias en el corto y mediano plazo dadas las circunstancias y condiciones actuales descritas en cada escenario. Es por ello que deben tomarse como una herramienta de análisis para la toma de decisiones en cuestión de la capacidad de producción de los insumos principales para el desarrollo acuícola.

5.1. CONTEXTO GENERAL

De acuerdo con los pronósticos obtenidos y con base en factores subyacentes históricos que han influido en el crecimiento de la acuicultura en el país, se manejaron tres principales escenarios o categorizaciones posibles. Por lo tanto, respecto al estado actual de los cultivos de camarón, tilapia, bagre y peces marinos se han considerado escenarios adicionales y alternativos, los cuales se describirán más adelante.

1. Escenario Tendencial (ET): La producción acuícola seguirá la tendencia actual.
2. Escenario de la CONAPESCA (EC): La producción acuícola tendrá una Tasa Media de Crecimiento Anual del 9.1%.
3. Escenario Intermedio (EI): La producción crecerá respecto a la relación media del escenario tendencial y el escenario de la CONAPESCA.
4. Eficiencia y conversión (FCA): Disminución del FCA en las especies.

5.2. ESCENARIO TENDENCIAL

Este escenario refleja las tendencias que se observan en la actualidad con base en datos disponibles (o referencia). Se basa en los valores presentes respecto a tendencias de producción, factores de conversión alimenticia y tendencias de sustitución por fuentes vegetales de proteínas y lípidos. La producción acuícola pasará de 221 mil toneladas en 2015 a 265 mil toneladas en el año 2020, con Tasa Media de Crecimiento Anual del 4.5%.

Producción

Tabla 10. Producción total, producción promedio y Tasa Media de Crecimiento Anual de las principales especies, con base a la última década.

Especie	Producción (t)		Promedio	TMCA (%)
	2002	2013		
Camarón	45,853	51,000	93,572	0.89%
*Tilapia	61,747	121,551	76,213	5.35%
Bagre	2,313	2,000	2,782	-1.20%
Trucha	3,445	8,200	5,481	7.49%

Fuente: Elaboración propia con datos del Anuario Estadístico CONAPESCA. *Se incluye el período de 2002-2014 para estimación promedio y TMCA.

FCA y Producción de piensos acuícolas

Tabla 11. Valores del Factor de Conversión Alimenticia (FCA), porcentaje de inclusión de harina y aceite de pescado reportado para el cultivo de las principales especies cultivadas en México.

Especie	Alimento producido (toneladas)	FCA reportado	% de uso de HP en alimento	% uso de AP en alimento
Camarón	170,000-210,000	1.2-2.3 (1.9)	8-40 (16)	1-4 (3)
Tilapia	52,000	1.4-2.5 (1.8)	2-5 (3)	1-4 (3)
Bagre	2,600	0.9-1.5 (1.3)	3-6 (4)	1-2 (1.5)
Trucha	3,300	1.5	25	9
Peces Marinos	32	1.23	20- 65 (43)	5-20 (8)

Fuentes: Tacon y Metian, 2008; FAO 2012; CONAFAB 2014. *() Indican los valores medios del rango reportado para cada especie.

Los valores del FCA, % de inclusión de harina y aceite de pescado para cada una de las especies son de acuerdo a los ingredientes utilizados actualmente en los piensos acuícolas compuestos para las principales especies cultivadas de peces y crustáceos. Los resultados se basan en las respuestas dados por los fabricantes y/o nutricionistas de alimentación comercial a una encuesta realizada para el estudio de Oferta y Demanda de ingredientes para la alimentación de peces y crustáceos cultivados (FAO, 2011); (Tacon y Metian, 2008).

Estos valores son exclusivos y reportados para el cultivo de estas especies en México, aunque existe una amplia variación observada en relación con el

uso de la harina y aceite de pescado en las dietas acuícolas entre los países. De acuerdo con Tacon y Metian 2008, estas variaciones reflejan las diferencias dentro y entre los países con respecto a los sistemas de producción empleados (incluyendo la densidad de población, la gestión del agua, la gestión de la alimentación, disponibilidad de alimento natural, etc.) y las diferencias con respecto a los alimentos usados (dependiendo de la harina de pescado locales, el aceite de pescado, disponibilidad de ingredientes para piensos, calidad y costo, la existencia de diferentes controles legislativos nacionales en materia de importaciones y/o el uso de ingredientes (incluyendo subsidios e incentivos) y el valor del mercado destinado de las especies de cultivo.

Sustitutos de Fuentes Vegetales

Los piensos desempeñan un papel líder en la industria global de alimentos, al permitir la producción económica de productos de origen animal en todo el mundo. La producción intensiva y eficiente de la acuicultura requiere de piensos que garanticen la reducción de costos de producción y brinden una nutrición adecuada en cada fase de crecimiento (FAO e IFIF, 2014).

Para mantener la sustentabilidad y reducir los costos en la producción de alimentos balanceados para acuicultura, el uso de diferentes proteínas y aceites de origen vegetal para la sustitución parcial o total de harina y aceite de pescado en alimentos acuícolas ha sido investigado en varias especies (Turchini *et al.*, 2009; Hardy 2010). Todas las especies de peces de agua dulce son más flexibles en términos de ingredientes a utilizar en su alimentación y por lo tanto menos dependientes del uso de harina y aceite de pescado en sus dietas, en comparación con los camarones o especies de peces carnívoros lo cuales requieren específicamente de ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga (AGPCL) y aminoácidos esenciales (El-Sayed, 2013; Nates, 2013; NRC, 2011).

Las proteínas vegetales constituyen la principal fuente de proteínas utilizadas en piensos para especies de peces de bajo nivel trófico y la segunda principal fuente de proteínas y lípidos , después de la harina y el aceite de pescado, en la dieta de camarones y peces de nivel trófico elevado (FAO, 2012). La harina de soya es la fuente más común de proteína vegetal y el más prominente sustituto en piensos para la acuicultura (Manomaitis, 2009).

El mercado de los aceites añadidos en la fabricación de los alimentos para peces está siendo dominado cada vez más por los aceites vegetales, en particular el aceite de colza, que debido a su alto valor nutricional tiene un gran potencial como fuente alternativa para la nutrición de peces (Shepherd y Bachis, 2014).

Debido a que el abastecimiento y costo del aceite de pescado son limitantes para la expansión en la producción de alimentos acuícolas (Tacon y Metian, 2008), se realizan investigaciones para lograr su reemplazo por fuentes alternativas de lípidos de origen vegetal y conocer su efecto en las diferentes especies de cultivo. El uso de aceites vegetales en alimentos acuícolas generalmente no afecta el crecimiento de los peces, aunque en algunas especies si afecta en los niveles máximos de sustitución.

Tabla 12. Porcentajes de sustitución de harina y aceite de pescado por fuentes vegetales (harina de soya HS y aceite de canola AC).

Especie	TIPO DE FUENTE	
	Proteína %	Lípidos %
Tilapia	HS 20-60 (40%)	AC 1-5 (4%)
Camarón	HS 5-40 (22%)	AC (2%)
Bagre	HS 20-40 (30%)	AC 1-5 (3%)
Trucha	HS 3-35 (20%)	AC 5-15 (7%)
Peces Marinos	HS 10-25 (18%)	AC 10-15 (12%)

Fuente: Tacon y Metian, 2011.

*() Indican los valores medios del rango reportado para cada especie.

5.3. ESCENARIO DE LA CONAPESCA

De acuerdo con el Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario, Pesquero y Alimentario 2013-2018, y con base en los Ejes Estratégicos de Política Pesquera y Acuícola que buscan desarrollar un subsector productivo, competitivo y sustentable que contribuya a la seguridad alimentaria, a través de ofrecer alimentos de alto valor nutricional, de calidad y a precios accesibles, la producción acuícola pasará de 254 mil toneladas en 2012, a 394 mil toneladas en el año 2018, con una Tasa Media de Crecimiento Anual del 9.1% (SAGARPA, 2013).

5.4. ESCENARIO INTERMEDIO

Este escenario considera una producción intermedia situado entre el escenario de las estimaciones de crecimiento por la CONAPESCA y el escenario tendencial respecto a sus rendimientos productivos proyectados. La producción acuícola pasará de 208 mil toneladas en 2015, a 295 mil toneladas en el año 2020, con una Tasa Media de Crecimiento Anual del 8.33%.

5.5. PROYECCIONES

5.5.1. Camarón de cultivo

El cultivo de camarón sufrió un desplome en su producción en el año 2013 por los efectos negativos de enfermedades infecciosas. Los productores han tratado de revertir esta situación, adoptando protocolos sanitarios más rigurosos e incorporando innovaciones tecnológicas además de contar con apoyos federales para el cultivo de esta especie con el fin de mantener la producción de este sector (CONAPESCA, 2014). Es por ello que para camarón se evaluaron

los escenarios: tendencial, intermedio y de acuerdo a las estimaciones de la CONAPESCA (Figura 20).

Escenario Tendencial

El escenario tendencial o de referencia implica un aumento de 106,076 toneladas en 2015 a 115,584 toneladas para el 2020, con un promedio de producción de 110,830 toneladas y una tasa media de crecimiento anual del 1.79%.

Escenario Intermedio

El escenario Intermedio implica un aumento de 88,038 toneladas en 2015 a 122,792 toneladas para el 2020, con un promedio de producción de 105,415 toneladas y una tasa media de crecimiento anual del 7.9%.

Escenario de la CONAPESCA

El escenario que considera las estimaciones de este organismo federal implica un aumento de 70,000 toneladas en 2015 a 130,000 toneladas para el 2020, con un promedio de producción de 100,000 toneladas y tasa de crecimiento anual del 1.61%.

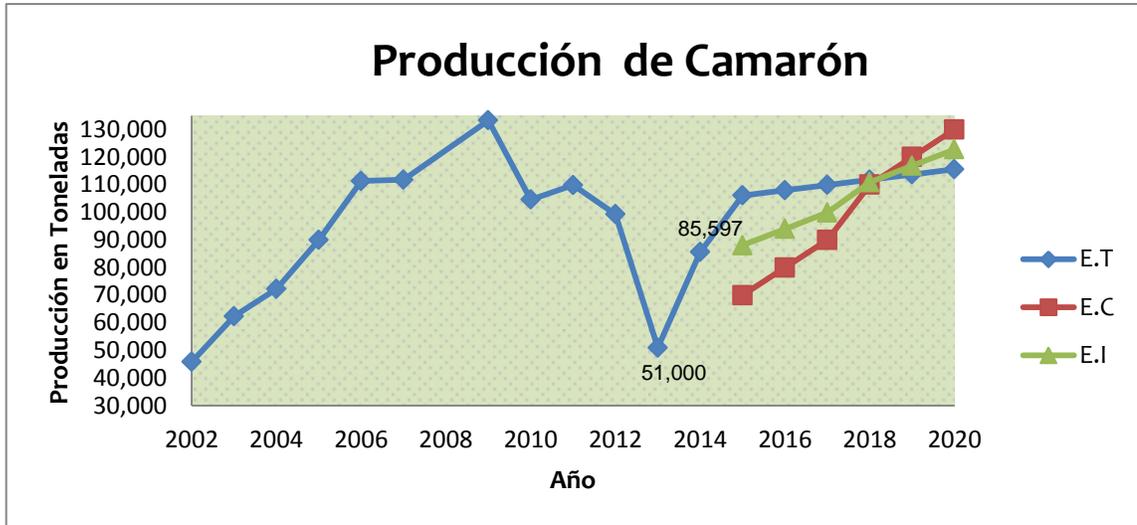


Figura 20. Producción proyectada para camarón de cultivo bajo distintos escenarios.

Nota: E.T= Escenario Tendencial; E.C= Escenario CONAPESCA; E.I= Escenario Intermedio.

Tabla 13. Resumen de escenarios para Camarón de Cultivo

		E. Tendencial	E. Intermedio	E.CONAPESCA
Celdas cambiantes:				
Corto plazo	2015	106,076	88,038	70,000
Mediano plazo	2020	115,584	122,792	130,000
* Valores en toneladas	TMCA	1.79%	7.90%	1.61%

De acuerdo con los valores de producción y tasas de crecimiento de las proyecciones en cada escenario, se registró crecimiento en todos los escenarios, lo cual implicará una mayor demanda de piensos acuícolas y uso de harina y aceite de pescado, para poder cumplir con las expectativas de producción.

Para mantener el ritmo de crecimiento en cada escenario se obtuvo el total de piensos utilizados, basado en las proyecciones previas de producción de camarón y cambios en el nivel de eficiencia-conversión.

El escenario tendencial demandará que la industria de alimentos balanceados pase de una producción en 2015 de 159,114 toneladas a 173,376 toneladas en el 2020.

El escenario intermedio demandara que la industria de alimentos balanceados pase de una producción en 2015 de 132,057 toneladas a 184,188 toneladas en el 2020.

El escenario de la CONAPESCA demandara que la industria de alimentos balanceados pase de una producción en 2015 de 105,000 toneladas a 195,000 toneladas en el 2020.

El camarón de cultivo ha sido uno de los principales consumidores de harina y aceite de pescado, por lo que de acuerdo a las previsiones de niveles de inclusión se reducirán respecto a los valores presentes en la actualidad. Además de que esta especie ha llegado a representar el 85% del volumen de producción por parte de la industria de alimentos acuícolas compuestos en nuestro país.

5.5.2. Tilapia

El cultivo de esta especie comienza a detonar y tan solo en el año 2013 representó cerca del doble respecto a los rendimientos de producción del camarón de cultivo. Sin duda, es uno de los cultivos extensivos más exitosos que se tienen actualmente en el país (CONAFAB, 2014). Conforme a ello para tilapia se evaluaron los escenarios: tendencial, intermedio y de acuerdo a las estimaciones de la CONAPESCA (Figura 21).

Escenario Tendencial

El escenario tendencial o de referencia implica un aumento de 99,519 toneladas en 2015 a 116,167 toneladas para el 2020, con un promedio de producción de 107,843 toneladas y una tasa media de crecimiento anual del 3.35%.

Escenario Intermedio

El escenario Intermedio implica un aumento de 97,260 toneladas en 2015 a 123,084 toneladas para el 2020, con un promedio de producción de 110,172 toneladas y una tasa media de crecimiento anual del 5.31%.

Escenario de la CONAPESCA

El escenario de acuerdo a estimaciones de este organismo federal implica un aumento de 95,000 toneladas en 2015 a 130,000 toneladas para el 2020 de acuerdo a la visión de crecimiento de la acuicultura de la CONAPESCA, con un promedio de producción de 112,500 toneladas y tasa de crecimiento anual del 8.24%.



Figura 21. Producción proyectada para tilapia bajo distintos escenarios.

Nota: E.T= Escenario Tendencial; E.C= Escenario CONAPESCA; E.I= Escenario Intermedio.

Tabla 14. Resumen de escenarios para Tilapia				
		E. Tendencial	E. Intermedio	E. CONAPESCA
Celdas cambiantes:				
Corto plazo	2015	99,519	97,260	95,000
Mediano plazo	2020	116,167	123,084	130,000
* Valores en toneladas	TMCA	3.35%	5.31%	8.24%

Conforme a los registros de crecimiento en todos los escenarios, implicará una mayor demanda de piensos acuícolas y uso de harina y aceite de pescado, para poder cumplir con las expectativas de producción.

Para mantener el ritmo de crecimiento en cada escenario se obtuvo el total de piensos utilizados, basado en las proyecciones previas de producción de tilapia y cambios en el nivel de eficiencia-conversión.

El escenario tendencial demandará que la industria de alimentos balanceados pase de una producción en 2015 de 119,423 toneladas a 139,400 toneladas en el 2020.

El escenario intermedio demandará que la industria de alimentos balanceados pase de una producción en 2015 de 107,711 toneladas a 138,700 toneladas en el 2020.

El escenario de la CONAPESCA demandará que la industria de alimentos balanceados pase de una producción en 2015 de 96,000 toneladas a 138,000 toneladas en el 2020.

La tilapia es una de las especies que tiene porcentajes de inclusión de harina y aceite de pescado menores comparado con especies carnívoras o marinas. Sin embargo, las mejoras en la eficiencia de las dietas formuladas, respecto a valores actuales, conllevarán un cambio en la sustitución de estos ingredientes por fuentes alternativas. Cabe señalar que el incremento registrado en la producción en los últimos años, se debe al ingreso e inversión de

empresas privadas (Regal Springs México) bajo el esquema de cultivos en sistemas controlados.

5.5.3. Bagre

La producción de Bagre es uno de los cultivos que en la última década ha mantenido un crecimiento positivo, aún a expensas de efectos subyacentes que produjeron una reducción de la producción cercana a 2,000 toneladas en el año 2013. Por lo tanto, para bagre se evaluaron los escenarios: tendencial, intermedio y de acuerdo a las estimaciones de la CONAPESCA (Figura 22).

Escenario Tendencial

El escenario tendencial o de referencia implica un aumento de 5,714 toneladas en 2015 a 6,191 toneladas para el 2020, con un promedio de producción de 5,952 toneladas y una tasa media de crecimiento anual del 1.67%.

Escenario Intermedio

El escenario Intermedio implica un aumento de 4,607 toneladas en 2015 a 8,595 toneladas para el 2020, con un promedio de producción de 6,851 toneladas y una tasa media de crecimiento anual del 17.32%.

Escenario de la CONAPESCA

El escenario de acuerdo a estimaciones de este organismo federal implica un aumento de 3,500 toneladas en 2015 a 11,000 toneladas para el 2020, con un promedio de producción de 7,750 toneladas y tasa de crecimiento anual del 44.44%.



Figura 22. Producción proyectada para Bagre bajo distintos escenarios.

Nota: E.T= Escenario Tendencial; E.C= Escenario CONAPESCA; E.I= Escenario Intermedio.

Tabla 15. Resumen de escenarios para Bagre				
		E. Tendencial	E. Intermedio	E. CONAPESCA
Celdas cambiantes:				
Corto plazo	2015	5,714	4,607	3,500
Mediano plazo	2020	6,191	8,595	11,000
* Valores en toneladas	TMCA	1.67%	17.32%	44.44%

De acuerdo con los valores de producción y tasas de crecimiento de las proyecciones en cada escenario, se registró un mayor crecimiento en todos los escenarios respecto a las especies anteriores, lo cual implicará una mayor demanda de piensos acuícolas y uso de harina y aceite de pescado, para poder cumplir con las expectativas de producción.

Para mantener el ritmo de crecimiento en cada escenario se obtuvo el total de piensos utilizados, basado en las proyecciones previas de producción de bagre y cambios en el nivel de eficiencia-conversión.

El escenario tendencial demandara que la industria de alimentos balanceados pase de una producción en 2015 de 6,857 toneladas a 7,429 toneladas en el 2020.

El escenario intermedio demandara que la industria de alimentos balanceados pase de una producción en 2015 de 5,528 toneladas a 10,315 toneladas en el 2020.

El escenario de la CONAPESCA demandara que la industria de alimentos balanceados pase de una producción en 2015 de 4,200 toneladas a 13,200 toneladas en el 2020.

El bagre es una de las especies dulceacuícolas que registra los valores más pequeños de inclusión de harina y aceite de pescado, aunque rutinariamente se han incluido dentro de los piensos, la mejora en los niveles de eficiencia tendrán efecto en la reducción de estos.

5.5.4. Peces Marinos

De acuerdo a previsiones de algunos expertos, en México se cuenta con un alto potencial para el cultivo de peces marinos, tanto por la diversidad de especies, como por la preferencia de los consumidores, aunque actualmente algunas especies se encuentren en el proceso de desarrollo tecnológico para su cultivo, es de particular interés las proyecciones para este sector acuícola (Norzagaray *et al.*, 2012). Por lo tanto, conforme a la visión de crecimiento de la acuicultura al 2018 de la CONAPESCA se maneja como un escenario optimista con un porcentaje de crecimiento de 54.67. Respecto a estas proyecciones se asumieron y manejan dos escenarios alternativos un pesimista con un 13.67% de crecimiento y un alternativo con un 34.17% de crecimiento. Es importante destacar que las proyecciones que estimo la CONAPESCA es del año 2012-2018, por lo que los escenarios alternos se manejan en el mismo periodo, considerando los años previos de producción en el periodo 2012-2014, y la evaluación en el periodo 2015 al 2018 (Figura 23).

Escenario de la CONAPESCA (Optimista)

El escenario de acuerdo a estimaciones de este organismo federal implica un aumento de 29,700 toneladas en 2015 a 57,000 toneladas para el 2018, con un promedio de producción de 32,498 toneladas y tasa de crecimiento anual del 9.1%.

Escenario Intermedio

El escenario Intermedio implica un aumento de 18,563 toneladas en 2015 a 35,625 toneladas para el 2018, con un promedio de producción de 17,413 toneladas y una tasa media de crecimiento anual del 5.70%.

Escenario Pesimista

El escenario pesimista implica un aumento de 7,425 toneladas en 2015 a 14,250 toneladas para el 2018, con un promedio de producción de 6,965 toneladas y tasa de crecimiento anual del 2.28%.

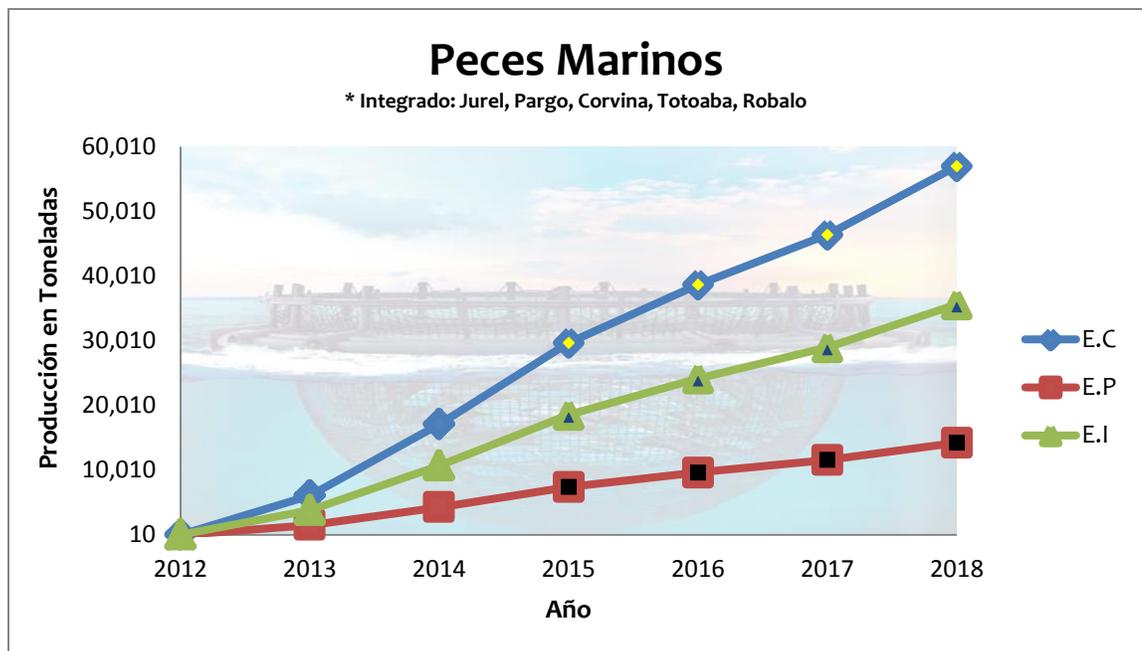


Figura 23. Producción proyectada para Peces Marinos bajo distintos escenarios.

Nota: E.C= Escenario CONAPESCA (Optimista); E.I= Escenario Intermedio; E.P= Escenario Pesimista.

Tabla 16. Resumen de escenarios para Peces marinos				
		E. Optimista	E. Intermedio	E. Pesimista
Celdas cambiantes:				
Corto plazo	2015	29,700	18,563	7,425
Mediano plazo	2018	57,000	35,625	14,250
* Valores en toneladas	TMCA	9.1%	5.7%	2.28%

Desde el año 2012 la CONAPESCA ha concentrado sus esfuerzos para impulsar la maricultura de peces marinos en los litorales del Pacífico y Golfo de México, así como la producción de otras especies para cultivos comerciales.

Por lo que uno de los proyectos detonadores dentro de las estrategias planteadas fue el de una planta piloto de alimento balanceado para organismos acuáticos con características comerciales, con la finalidad de abastecer a la industria emergente del cultivo de peces marinos, así como el desarrollo de nuevos alimentos para la industria comercial. Con el objetivo de producir alimento balanceado con las características que cuentan los comerciales, para atender la demanda local y regional de alimento balanceado para peces en jaulas marinas.

5.5.5. Piensos Acuícolas

Respecto a las tendencias de crecimiento proyectadas para cada una de las especies cultivadas en México y siendo el alimento balanceado un factor estratégico dentro del sector acuícola, la expansión de cada cultivo dependerá en gran medida de la producción y disponibilidad de estos. Es por ello que, basados en las proyecciones previas por especie se calculó el uso de piensos totales integrando todas las especies. Por lo cual, se manejaron los mismos escenarios planteados anteriormente: un escenario tendencial de acuerdo al análisis histórico y producción de las especies que se prevé para el horizonte

temporal planteado, otro basado en la producción estimada para las especies por parte de la CONAPESCA, y por último un escenario intermedio que representaría la relación media de los anteriores (Figura 24).

Escenario Tendencial

Para mantener el ritmo de crecimiento y niveles de eficiencia en este escenario, la industria de alimentos balanceados pasará de una producción demandada de 299,878 toneladas en 2015 a 339,217 toneladas para el 2020, con un promedio de producción de 319,547 toneladas y una tasa de crecimiento anual del 2.6%.

Escenario Intermedio

Para mantener el ritmo de crecimiento y niveles de eficiencia en este escenario, la industria de alimentos balanceados pasará de una producción demandada de 267,259 toneladas en 2015 a 358,208 toneladas para el 2020, con un promedio de producción de 313,044 toneladas y una tasa de crecimiento anual del 7%.

Escenario de la CONAPESCA

Para mantener el ritmo de crecimiento y niveles de eficiencia en este escenario, la industria de alimentos balanceados pasaría de una producción demandada de 234,640 toneladas en 2015 a 377,200 toneladas para el 2020, con un promedio de producción de 306,542 toneladas y una tasa de crecimiento anual del 12.2%.

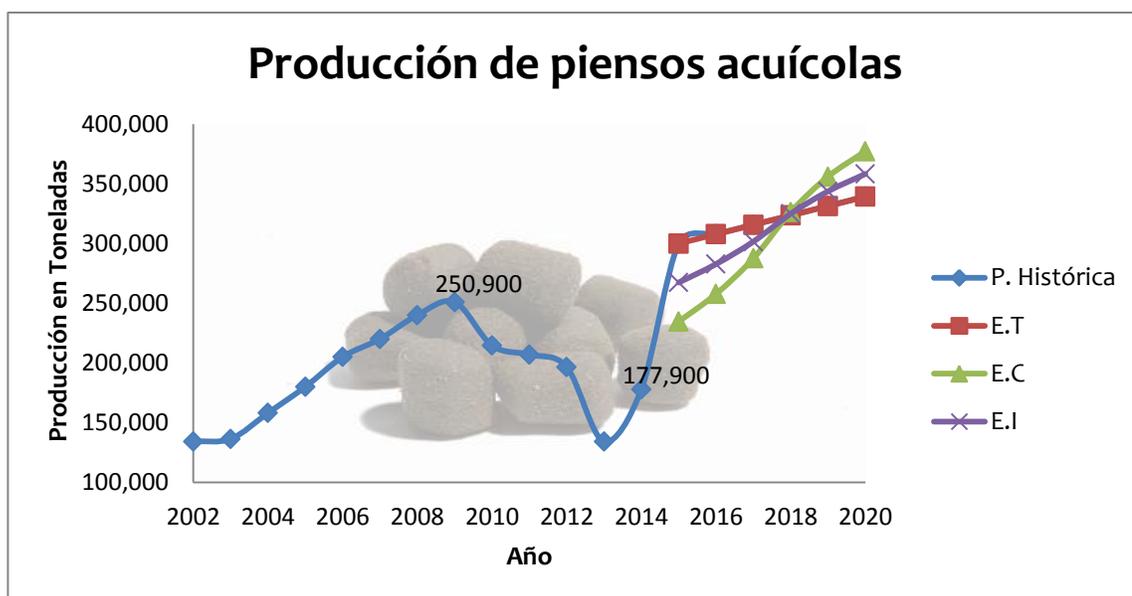


Figura 24. Producción proyectada para piensos acuícolas para distintos escenarios.

Nota: E.T= Escenario Tendencial; E.C= Escenario CONAPESCA; E.I= Escenario Intermedio.

		E. Tendencial	E. Intermedio	E.CONAPESCA
Celdas cambiantes:				
Corto plazo	2015	299,878	267,259	234,640
Mediano plazo	2020	339,217	358,208	377,200
* Valores en toneladas	TMCA	2.6%	7%	12.2%

Tacon y Metian (2015), estimaron que alrededor del 68% de la producción de las especies directamente alimentadas (24,3 millones de toneladas en 2012) dependen actualmente del uso de piensos comerciales fabricados para acuicultura. Por lo tanto, con base al consumo total a nivel mundial de alimento balanceado para el sector estimaron que la producción debe crecer a una tasa promedio anual del 10.3%, y se espera que llegue a 49,7 millones de toneladas en 2015, 65,4 millones de toneladas en 2020 y 87,1 millones de toneladas en 2025.

La industria de alimentos balanceados en México atraviesa por un periodo de alto dinamismo, ya que registró un crecimiento de 3.2% en 2014 y se espera que alcance 3.5% en 2015, que se explica por el mayor consumo de proteína animal en el país. En general, todas las especies están registrando crecimiento no solo en acuicultura si no en los otros sectores productivos (CONAFAB, 2015).

Como se ha señalado, la harina y aceite de pescado han sido los ingredientes más utilizados para los alimentos acuícolas, por las propiedades de sus nutrientes en equilibrio casi perfecto, fácilmente digeribles por los peces, dando lugar a un buen crecimiento y alta supervivencia (NOAA/USDA, 2011). Sin embargo, se prevé que los niveles de inclusión de la harina y aceite de pescado en la dieta de los alimentos acuícolas compuestos se reduzca en el largo plazo, con un uso más orientado como ingrediente de alto valor dentro de los piensos (Tacon y Metian, 2008).

Dado el aumento sustancial proyectado para los precios proyectados de harina y aceite de pescado, se espera que estos productos se utilicen de forma selectiva como materias primas de alto valor en la producción acuícola. Sin embargo, su inclusión en la acuicultura disminuirá a medida que la industria continúe desarrollando alternativas de alimento de fuentes de origen vegetal para mejorar la eficiencia en las prácticas de alimentación a través del tiempo (The World Bank, 2013).

La sustitución basada en el uso de alternativas rentables, contribuye a mitigar los costos de alimentación de cara al aumento de los precios de estos ingredientes. Los productores de piensos hacen sustituciones para la harina y aceite de pescado en función de la comparación de precios de las alternativas permitidas, es decir, alternativas para las cuales existe conocimiento, experiencia nutricional y la producción suficiente para permitir su uso. En consecuencia, el uso de harina y aceite de pescado tiende a ser cada vez más reservado para su uso en dietas especiales para reproductores y juveniles. Por lo tanto, esta área requiere inversiones en investigación para ayudar a los

productores de piensos a manejar los costos y beneficios de incluir ingredientes alternativos en alimentos acuícolas, dado que se espera que la demanda de los ingredientes de piensos seguirá aumentando (NOAA/USDA, 2011).

Cualquier productor de acuicultura comercial debe tomar en cuenta los costos de la producción para el rango de precios de su alimento formulado comercial preferido, así como considerar el apoyo a los ensayos de alimentación que sustituyen las proteínas menos costosas para reemplazar parte de la harina de pescado (Burden, 2015). Aumentar el conocimiento de las necesidades nutricionales de las especies más establecidas en la acuicultura ha permitido una sustitución parcial de harina y aceite de pescado en las dietas. Esto indica que la industria de la acuicultura tiene cada vez más sustituido estos ingredientes en su producción por la mejora en la gestión de la alimentación y eficiencia en las dietas (Natale *et al.*, 2013).

5.5.6. Factor de Conversión Alimenticia (FCA)

El documento técnico de la FAO (2012) prevé que durante los próximos 10 a 12 años, la inclusión de harina de pescado en las dietas de diferentes especies de crustáceos y peces carnívoros se reducirá aún más, entre un 10 y un 22%, y entre un 2 y un 5% respecto de los peces omnívoros.

Con un incremento de la eficiencia de los piensos y la mejora de su gestión, se prevé que se produzca una reducción de los índices de conversión de piensos para muchas especies acuícolas que dependen de piensos acuícolas compuestos fabricados de forma industrial (Figura 25).

Así mismo, para el caso del aceite de pescado se prevé que durante la próxima década la inclusión en las dietas de distintas especies de crustáceos y peces carnívoros también se reduzca, aunque su utilización por parte del sector acuícola aumentará probablemente a largo plazo (Tacon y Metian, 2011).

Todas las estimaciones para cada especie, se basaron en la tendencia de la producción acuícola mundial estimada y el uso de los alimentos acuícolas comerciales, 1995-2020 (miles de toneladas) (FAO, 2011).

Camarón de cultivo

Se prevé que el índice de conversión de piensos para el caso de camarón de cultivo disminuya de 1.6 en 2015 a 1.5 en 2020.

Tilapia

Se prevé que el índice de conversión de piensos para el caso de tilapia disminuya de 1.5 en 2015 a 1.4 en 2020.

Bagre

Se prevé que el índice de conversión de piensos para el caso de bagre disminuya de 1.5 en 2015 a 1.3 en 2020.

Peces Marinos

Se prevé que el índice de conversión de piensos para el caso de peces marinos disminuya de 1.4 en 2015 a 1.2 en 2020.

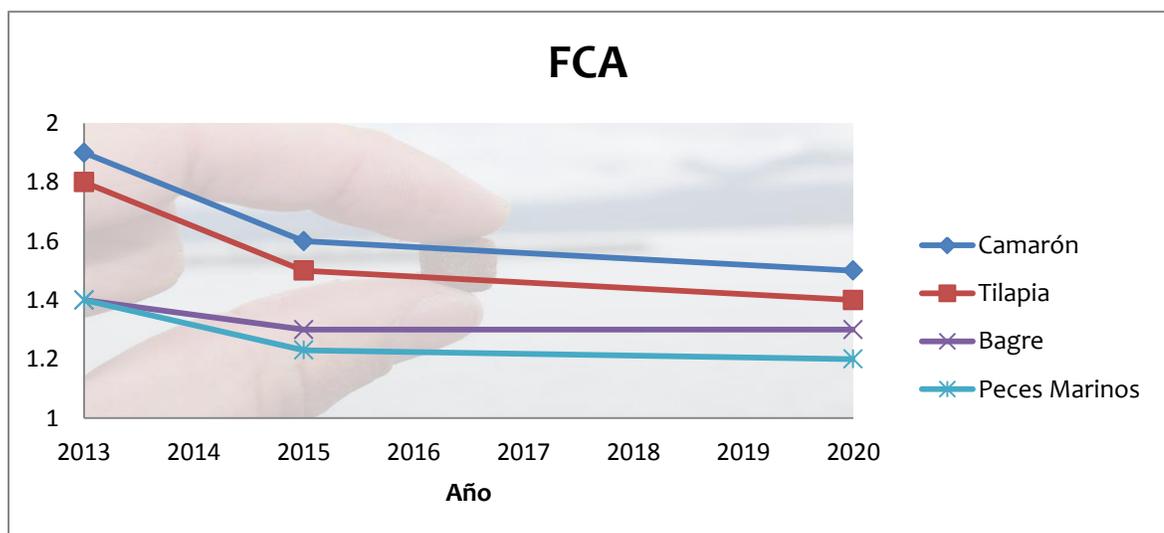


Figura 25. Tendencia proyectada para el Factor de Conversión Alimenticia (FCA).

La selección de ingredientes de alimentación por fabricantes de piensos de acuicultura se basan generalmente en una serie de distintas consideraciones, estas van desde su disponibilidad y costo en el mercado, calidad y composición nutricional, así como los requisitos de procesamiento y manipulación para que sean comercializados (Rana *et al.*, 2009; Tacon y Metian, 2008; Wang *et al.*, 2014).

La razón principal para la disminución global en los niveles de inclusión de harina y aceite de pescado reportados en los alimentos acuícolas compuestos se ha debido a la creciente subida de precios de estos ingredientes desde el año 2000. Estos aumentos de precios han sido debido a la combinación de diferentes factores, que incluye los suministros mundiales estáticos de harina y aceite y la fuerte demanda del mercado por parte de la acuicultura y competición de otros sectores productivos (Tacon y Metian, 2011).

Dado que la acuicultura ha seguido creciendo, el uso posterior de aceite de pescado se ha visto compensada por el aumento de la sustitución de la dieta de los ingredientes marinos por alternativas vegetarianas. Así, el mercado de los aceites añadidos en la fabricación de los alimentos para peces está siendo dominado cada vez más por los aceites vegetales (Shepherd y Bachis, 2014).

El uso de la harina y aceite de pescado será cada vez más dirigido a etapas críticas del ciclo de vida, tales como dietas de iniciación, para reproductores y finalización. El resultado será que la producción de los piensos y de las especies seguirá aumentando, pero los costos de la alimentación y de cultivo serán controlados (Natale *et al.*, 2013).

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

Dentro del análisis de series temporales para la producción de cada especie, los modelos de tendencia lineal resultaron ser los más adecuados para obtener una mayor precisión de las proyecciones con base en las tendencias pasadas y presentes. Los modelos propuestos y estimados de demanda de harina y aceite de pescado, con base en el análisis estadístico y conforme a la teoría económica, en general describen la evolución de los datos reales observados en el periodo de estudio. Por lo tanto se pueden considerar como estimaciones apropiadas, que muestran aquellas variables que tienen un mayor efecto y significancia en la demanda de estos ingredientes en México.

- En las proyecciones de los análisis de series temporales de producción acuícola en el periodo 2015-2020; en general, todas las especies mostraron crecimiento. Por consiguiente, se espera que el cultivo de camarón se restablezca en el largo plazo, el cultivo de tilapia siga con esta sinergia de crecimiento mostrada en los últimos años consolidándose como la especie de mayor producción en volumen por acuicultura. Así mismo, seguirá siendo prioritario aumentar la producción y concentrar esfuerzos en los cultivos de bagre y trucha.

- Los resultados de las estimaciones econométricas sugieren que la demanda de harina y aceite de pescado en México, se comporta como un bien superior con elasticidad-precio inelástica para ambos *commodities*, dado que son bienes físicos que constituyen componentes básicos de productos más complejos. De acuerdo con el modelo, al aumentar su precio real, la cantidad demandada baja. En la función de demanda los valores del precio actual de harina y el precio rezagado un período del aceite de pescado fueron menores a uno, por lo tanto son inelásticos y significa que ante una variación en los precios

existen pequeños cambios en la cantidad demandada, es decir, generan un impacto inverso en el consumo de estos productos cuando estos aumentan en una unidad porcentual su precio. Por el lado de los bienes sustitutos (aceite de canola) se obtuvo un signo opuesto al esperado, por lo que no es un sustituto perfecto y funciona más como un bien complementario, por lo tanto, para este modelo el incremento en el precio de harina y aceite de pescado, conlleva a un decremento en la cantidad demandada del aceite vegetal.

- Las estimaciones por especie mediante modelos econométricos específicos de ecuaciones simultáneas asociadas a funciones de demanda, producción y factores adyacentes, señalan que la elasticidad-precio de los piensos acuícolas para todos los cultivos resultaron inelásticas, teniendo que la producción de cada sector mostró una relación fuerte y directa con respecto al volumen de alimentos balanceados pero débil respecto a su propio precio, por lo que la producción acuícola está más en función de que se cuente con la disponibilidad de piensos en las cantidades necesarias.

- Dentro del análisis prospectivo y con base en los escenarios manejados, en general, todas las especies registran crecimiento. El incremento para cada una de las especies implicará una mayor demanda de piensos acuícolas y por lo tanto, uso de harina y aceite de pescado para cumplir con las proyecciones de producción. Así mismo, dependerá en gran medida del impulso y de apoyos federales que se otorguen a cada sector productivo. De esta manera, la política pesquera y acuícola puede cumplir con las metas y objetivos establecidos para construir un sector productivo que contribuya a la seguridad alimentaria y sustentabilidad en México, con base en la visión de crecimiento de la acuicultura al 2018 por parte de la CONAPESCA.

Finalmente es importante considerar que los resultados obtenidos de las funciones determinadas y los análisis de elasticidad serán un referente teórico importante para continuar con investigaciones más rigurosas y a mayor escala en este tipo de estudios económicos a nivel sectorial. En particular, generan

información importante para los diversos sectores productivos acuícolas en el país.

6.2. Recomendaciones

- El resultado arrojado por el modelo estimado puede ser el producto de la naturaleza de los datos que no son el reflejo completo de la realidad sino un estimado o promedio, de ahí que para futuras investigaciones se recomendaría aumentar el número de años analizados como forma de mejorar el modelo y por lo tanto generar las elasticidades esperadas.

- Asimismo, en el seguimiento de esta línea de investigación aplicada, se deben hacer estimaciones específicas para los diversos sectores productivos dentro de la acuicultura del país, respecto a los principales factores que inciden directamente en su función de producción. En este mismo sentido, hacer una comparación entre la harina y aceite de pescado de origen local y la que se importa en el mercado internacional, dado que actualmente la disponibilidad y costo de estos ingredientes en México es baja.

- El desarrollo de este tipo de investigaciones permitiría robustecer las propuestas de política pública dentro del marco de los ejes de política pesquera y acuícola de la CONAPESCA, orientadas a mejorar las condiciones de inversión y adquisición de insumos para mejorar la productividad y competitividad acuícola y con ello contribuir a la Seguridad Alimentaria en México.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Aguilar, C., Allende, R., Morales, S. (2003). Gestión de sistemas pecuarios, Colección en Agricultura. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, P. Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile.
- Alimentos balanceados en México: Un mercado en constante crecimiento (2004). *Panorama Acuícola (Magazine)*.
- Asche, F. (2008). Farming the Sea, *Marine Resource Economics* 23,527–547.
- Avilés-Quevedo y Vázquez-Hurtado (2006). Fortalezas y debilidades de la acuicultura en México. México. Pp. 69-86.
- Bellido, J. M., Santos, M. B., Pennino, M. G., Valeiras, X., y Pierce, G. J. (2011). Fishery discards and bycatch: solutions for an ecosystem approach to fisheries management? *Hidrobiología*, 670(1), 317–333.
- Benítez-Ramírez, J. G, García-Mata, R, Mora-Flores, J.S y García-Salazar, J.A. (2010). Determinación de los Factores que afectan el Mercado de Carne Bovina en México. *Agrociencia*. 44: 109-119.
- Bosma, R. H., y Verdegem, M. C. J. (2011). Sustainable aquaculture in ponds: Principles, practices and limits. *LivestockScience*, 139(1-2), 58–68.
- Burden Daniel. (2015). Major Animal-Protein Production Systems: Variables and Interactions Impacting Aquaculture. International & Special Projects, Extension Value-added Agriculture & the Agricultural Marketing Resource Center. Iowa State University. Pp. 10.
- Caridad, J.M. (1998). Econometría: Modelos econométricos y series temporales con los paquetes uTSP y TSP, Barcelona.
- CNSPT (2012). Comité Nacional Sistema Producto Tilapia. Criterios Técnicos y Económicos para la Producción Sustentable de Tilapia en México. Proyecto Integral de Capacitación 2012. Pp. 184.
- CNSPT (2009). Comité Nacional Sistema Producto Tilapia. Valor agregado en Tilapia. Pp. 104.
- CONAFAB. (2015). Foro de Análisis de la Industria Alimentaria Animal 2015. 6-8 Mayo. Cancún, Quintana Roo, México.

- CONAFAB. (2014). Consejo Nacional de Fabricantes de Alimentos Balanceados y de la Nutrición Animal. La Industria Alimenticia Animal en México 2014.
- CONAFAB. (2011). Consejo Nacional de Fabricantes de Alimentos Balanceados y de la Nutrición Animal. Rol del Grupo Acuícola del CONAFAB, en la Industria de los Alimentos Balanceados para Camarón. Mesa de Análisis. Ciudad Obregón, Sonora, México.
- CONAFAB. (2008). Consejo Nacional de Fabricantes de Alimentos Balanceados y de la Nutrición Animal. La Industria Alimenticia Animal en México 2008.
- CONAPESCA. (2014). Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca. Situación Actual de la Tilapia con respecto a las importaciones de productos pesqueros y acuícolas. 1er. Foro del Comité Nacional Sistema Producto Tilapia. Guadalajara, Jalisco.
- CONAPESCA. (2012). Anuario estadístico de acuicultura y pesca, 305 pp, *Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca*, México. <http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/cona_anuario_estadistico_de_pesca>
- CONAPESCA. (2011). Anuario estadístico de acuicultura y pesca, 305 pp, *Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca*, México. http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/cona_anuario_estadistico_de_pesca
- Cruz-Jiménez, J, García-Sánchez, R. (2013). El mercado de la carne de bovino en México, 1970-2011. *Revista Estudios Sociales, CIAD*. Volumen XXII, número 43. Pp. 91-110.
- Cruz-Jiménez Susana. (2012). El mercado del Huevo en México, 1965-2010. Tesis de posgrado. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo de México. Pp 142.
- Díaz-Carreño, M. A y Rodríguez-Licea, G. (2010). Análisis de la oferta y demanda de la carne de cerdo en canal en México, 1980-2009. *Paradigma económico*. Año 2 Núm. 2. Pp. 41-57.
- Engle, C. R.y Quagraine K. (2011). *Aquaculture Marketing. Handbook*. Blackwell Publishing Professional, USA. Pp. 19-25, 26-28.
- FAO (2014). El Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura. Oportunidades y desafíos. Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma, Italia.

- FAO e IFIF (2014). Buenas prácticas para la industria de piensos- Implementación del Código de Prácticas Sobre Buena Alimentación Animal. Manual FAO de producción y sanidad animal. No 9. Roma.
- FAO (2012). El Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura. Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma, Italia.
- Fernández-Polanco, J.M. (2012). El mercado de acuicultura en el siglo XXI. Presente, pasado y tendencias de futuro. Marcial Pons, Ediciones Jurídicas y Sociales, S.A. Madrid, España. Pp.62-74.
- FIRA (2014). Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. Productos y Servicios. Aquamar XII Expo Internacional. Boca del Río, Veracruz.
- FIRA (2009). Situación Actual y Perspectivas del Camarón en México. Boletín Informativo. Morelia, Michoacán, México. 122 pp.
- García-Mata, R, Del Villar-Villalón, M.F, García-Salazar, J.A, Mora-Flores, J.S y García-Sánchez, R. C. (2004). Modelo Econométrico para determinar los factores que afectan el mercado de la carne de porcino en México. *Interciencia*. 29(8): 414-420.
- García, M. R., J. A. García S., y R. C. García, S. (2003). Teoría del mercado de productos agrícolas. Colegio de postgraduados. Montecillo, Estado de México. 382 pp.
- Globefish. (2015). "Market Reports: Tilapia May 2015". FAO- Globefish. (En línea: <<<http://www.globefish.org/tilapia-may-2015.html>>> consultado el 10/07/15).
- Globefish. (2014). "Market Reports: Shrimp Nov 2014". FAO- Globefish. (En línea: <<<http://www.globefish.org/shrimp-november-2014.html>>> consultado el 05/07/15).
- Globefish. (2010). "Market Reports: Tilapia Jan 2010 China". FAO- Globefish. (En línea: <<<http://www.globefish.org/tilapia-january-2010-china.html>>> consultado el 10/07/15).
- Gujarati, D. N. y Porter, D. C. (2010). Econometría, 5ta ed. México: McGraw-Hill. Pp. 673-711.
- Hardy R.W. (2010). Utilization of plant proteins in fish diets: effects of global demand and supplies of fishmeal. *Aquaculture Research* 41(5), 770-776.

- Karagiannis G. y Katranidis, S.D. (2000). A Production Function Analysis of Seabass and Seabream Production in Greece. *Journal of the World Aquaculture Society*. 31(3), 297–305.
- Kobayashi, M., Msangi, S., Batka, M., Vannuccini, S., Dey, M. M., & Anderson, J. L. (2015). Fish to 2030: The Role and Opportunity for Aquaculture. *Aquaculture Economics & Management*, 19(3), 282–300.
- Kristofersson, D., y Anderson, J. L. (2006). Is there a relationship between fisheries and farming? Interdependence of fisheries, animal production and aquaculture. *Marine Policy*, 30(6), 721–725.
- Kvaløy, O., y Tveterås, R. (2008). Cost Structure and Vertical Integration between Farming and Processing. *Journal of Agricultural Economics*, 59(2), 296–311.
- Lem, A., Bjorndal, T., Lappo, A. (2014). Economic Analysis of Supply and Demand for Food up to 2030- Special Focus on Fish and Fishery Products. *FAO Fisheries and Aquaculture*. Pp 47-60.
- Lem, A. (2005). World inventory of fisheries. Subsidies and trade distortion. Issues Fact Sheets, en *FAO Fisheries and Aquaculture Department* (online), Roma. <http://www.fao.org/fishery/topic/14863/en>
- Maddala, G. S. (1996). *Introducción a la Econometría*. Prentice Hall H., México.
- Martín, G., Labeaga, J., Mochón, F. (1997). *Introducción a la econometría*, Madrid.
- Merino, G., Barange, M., y Mullon, C. (2010). Climate variability and change scenarios for a marine commodity: Modelling small pelagic fish, fisheries and fishmeal in a globalized market. *Journal of Marine Systems*, 81(1-2), 196–205.
- Merino, G., Barange, M., Mullon, C., y Rodwell, L. (2010). Impacts of global environmental change and aquaculture expansion on marine ecosystems. *Global Environmental Change*, 20(4), 586–596.
- Mullon, C., Mittaine, J.-F., Thébaud, O., Péron, G., Merino, G., y Barange, M. (2009). Modeling the Global Fishmeal and Fish Oil Markets. *Natural Resource Modeling*, 22(4), 564–609.
- Nerrie, B.L, Hatch, L.U, Engle, C.R y Smitherman, R.O. (1990). The economics of Intensifying Catfish Production: A Production Function Analysis. *Journal of the World Aquaculture Society*. 21(3), 216-224.

- Natale, F., Hofherr, J., Fiore, G., y Virtanen, J. (2013). Interactions between aquaculture and fisheries. *Marine Policy*, 38, 205–213.
- NOAA/USDA (2011). The Future of Aquafeeds. NOAA Technical Memorandum NMFS F/SPO-124. Alternative Feeds Initiative. Pp. 93.
- Norman-López, A., y T. Bjorndal. (2009). Is tilapia the same product worldwide or are markets segmented? *Aquaculture Economics and Management*, 13(2), 138-54.
- Norzagaray Campos M., Muñoz Sevilla P., Sánchez Velasco L., Capurro Filograsso L. y Llánes Cárdenas O. (2012). Acuacultura: estado actual y retos de la investigación en México. *Revista AquaTIC*, N° 37, Pp. 20-25.
- OCDE/Food and Agriculture Organization of the United Nations (2015). Agricultural Outlook 2015-2024. OECD Publishing, Paris. Pp.148.
- OCDE-FAO (2014). Perspectivas Agrícolas 2014-2023. Texcoco, Estado de México, Universidad Autónoma Chapingo. Pp 201-205.
- OCDE-FAO (2013). Perspectivas Agrícolas 2013-2022. Texcoco, Estado de México, Universidad Autónoma Chapingo. Pp 201-210.
- Paschoal, José (2002). Introducción a la Economía. México: Oxford University. Tercera edición. 866 p.
- Pérez-Vera, F.C, García-Mata, R, Martínez-Damián, M.A, Mora-Flores, J.S, Vaquera Huerta, H y González Estrada, A. (2010). Efecto de las importaciones de carne de porcino en el mercado mexicano, 1961-2007. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 1(2):115-126.
- Pulido, A., (1987). Modelos econométricos, Ediciones Pirámide, S.A., Madrid. Pp. 208.
- Rana, K.J.; Siriwardena,S.; Hasan, M.R. (2009). Impact of rising feed ingredient prices on aquafeeds and aquaculture production. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper*. No. 541. Rome, FAO. Pp. 63.
- Ramírez-González, A, García-Mata, R, García-Delgado, G y Matus-Gardea, J.A.(2002). Un modelo de ecuaciones simultáneas para el mercado de la carne de pollo en México, 1970-1998. *Agrociencia* 37:73-84.
- Ragsdale Cliff (2010). Spreadsheet Modeling & Decision Analysis: A Practical Introduction to Management Science. Second Ed. South-Western College Publishing. Pp 435-458.

- SAGARPA. (2013). Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario, Pesquero y Alimentario 2013-2018. Diario Oficial (Cuarta Sección). Pp. 83-85.
- Sánchez, P.A. Mendoza, C. Enríquez, E.T. Encinas, G.T. Portillo, C y Grijalva, C.M (2014). Síndrome de mortalidad temprana del camarón, ¿Presente en México? *Revista Ciencia y Desarrollo*. México. Pp. 66-69.
- Shepherd, J., y Bachis, E. (2014). Changing Supply and Demand for Fish Oil. *Aquaculture Economics & Management*, 18(4), 395–416.
- Shepherd, C. J., y Jackson, a J. (2013). Global fishmeal and fish-oil supply: inputs, outputs and markets. *Journal of fish biology*, 83(4), 1046–66.
- Tacon, A.G.J., y Metian, M. (2015). Feed Matters: Satisfying the Feed Demand of Aquaculture. *Reviews in Fisheries Science and Aquaculture*, 23 (1-10), 37-41.
- Tacon A.G.J. (2013). Nutrición en la acuicultura e investigación en el desarrollo alimentario. 3er. Foro Económico de pesca y acuicultura. México. D.F.
- Tacon A.G.J, Hasan M.R, Metian M., F. A. O., Paper, T. 564. (2011). Demand and supply of feed ingredients for farmed fish and crustaceans (Trends and prospects).
- Tacon, A. G. J., y Metian, M. (2008). Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. *Aquaculture*, 285(1-4), 146–158.
- Talledo Espinosa Sonia Leonor. (2010). Situación y perspectiva de la harina de pescado: Caso peruano de 1980-2007. Tesis de posgrado. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú. 123 pp.
- The World Bank (2013). Fish to 2030. Prospects for Fisheries and Aquaculture. Agriculture and Environmental Services Discussion Paper 03. World Bank Report Number 83177-GLB. Pp. 102.
- Tomek, W.G., y K. L. Robinson. (2003). Agricultural Product Prices.Fourth Edition.*Cornell University Press*.Ithaca and London. 360p.
- Turchini G.M., Torstensen B.E., Ng W.K. (2009) Fish oil replacement in finfish nutrition. *Review Aquaculture* 1, 10–57.

- Tveteraas, S. L. (2015). Price Analysis of Export Behavior of Aquaculture Producers in Honduras and Peru. *Aquaculture Economics & Management*, 19(1), 125–147.
- Tveterås, S., y Tveterås, R. (2010). The Global Competition for Wild Fish Resources between Livestock and Aquaculture. *Journal of Agricultural Economics*, 61(2), 381–397.
- Urquía Fernández Nuria. (2012). La importancia de la acuicultura en la seguridad alimentaria de México y el Mundo. *Panorama acuícola Magazine*.
- Varian, Hal R. (1993). Microeconomía intermedia: un enfoque actual. 5ta. Ed. Antoni Bosch Editor, Madrid, España.
- Wang, P., Q. Zhang, Y. Lan (2014). Dioxins contamination in the feed additive (feed grade cupric sulfate) tied to chlorine industry. *Sci. Report*, 4:5975.
- Welch, A., Hoenig, R., Stieglitz, J., Benetti, D., Tacon, a., Sims, N., y O'Hanlon, B. (2010). From Fishing to the Sustainable Farming of Carnivorous Marine Finfish. *Reviews in Fisheries Science*, 18(3), 235–247.

Páginas de Consulta

- <http://www.indexmundi.com/es/precios-de-mercado/> Índices de Precios de mercado (Fecha de consulta: febrero 2015).
- <http://www.fao.org/economic/est/prices> Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, precios de mercado (Fecha de consulta: febrero 2015).
- http://www.fao.org/figis/servlet/TabLandArea?tb_ds=Commodities&tb_mode=TABLE&tb_act=SELECT&tb_grp=COUNTRY Datos de producción de harina y aceite de pescado en México (Fecha de consulta: febrero 2015).
- <http://www.banxico.org.mx/portal-inflacion/inflacion.html> Banco de México, valores anuales promedio de inflación para deflactar precios (Fecha de consulta: Julio 2015).
- <http://datos.bancomundial.org/indicador/FR.INR.RINR> Banco Mundial, Tasa de interés real para México del año 2002 al 2013 ajustada por inflación (Fecha de consulta: Julio 2015).
- <http://www.conasami.gob.mx/> Comisión Nacional de los Salarios Mínimos (Fecha de consulta: Julio 2015).

