

EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA CADENA DE SUMINISTRO DEL CAMARÓN BLANCO DE AGUA DULCE

Ernesto A. Lagarda-Leyva, Instituto Tecnológico de Sonora

RESUMEN

Las Pequeñas y Medianas Empresas (Pymes) del municipio de Cajeme dedicadas a la producción de camarón blanco de agua dulce, enfrentan problemáticas en relación de la planeación y evaluación de la cadena de suministro. Un ejemplo de estas compañías es el Centro de Experimentos y Transferencia de Tecnología (conocido como CETT 910) operado por el Departamento de Acuicultura del Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON) donde se encargan de métodos de Investigación y desarrollo para la crianza y cosecha del camarón. En el intento por ganar valor en el mercado para el camarón considerando su rendimiento así como sus tallas, resulta un problema dado que se requiere sobrepasar tiempos establecidos de cosecha por ciclo y esto ocasiona costos adicionales que pueden salir del rango de presupuesto planeado y finalmente con ello aumentar el riesgo de fracaso. En este artículo se presenta el resultado de una investigación sobre la forma de evaluar el desempeño de la cadena de suministro sobre el camarón blanco cultivado en agua dulce, empleando la metodología de dinámica de sistemas que permitió observar diversos escenarios sobre el producto durante su proceso de crianza, producción y entrega a clientes. Los resultados obtenidos ofrecieron al CETT 910 las bases teóricas y metodológicas para el desarrollo y entendimiento de la dinámica que siguen los tres eslabones de la cadena de suministro para el camarón blanco de agua dulce que se produce y distribuye a mercados nacionales e internacionales.

PALABRAS CLAVES: Cadena de Suministro, Dinámica de Sistemas, Evaluación de Escenarios, Camarón Blanco de Agua Dulce

FRESHWATER WHITE SHRIMP SUPPLY CHAIN PERFORMANCE ASSESSMENT

ABSTRACT

Small and Medium Organizations (SMEs) of the Cajeme district, which produce freshwater white shrimp, are currently facing planning and assessment difficulties in their supply chain. The Experimental Technology Transfer Center (known as CETT 910), operated by the Aquaculture Department of the Technological Institute of Sonora (ITSON), where R&D farming methods of this type of shrimp takes place, is an example of this situation. In an attempt to add value to the market, organizations have come up with the idea of breeding shrimp with an increased yield and larger sizes. Nevertheless, it has become a problem because in order to achieve these goals, the farming time per cycle is being exceeded, thus causing additional costs that surpass the planned budget range. This consequently, increases the risk of failure. This article presents research results on how to assess the performance of the freshwater white shrimp supply chain, using the systems dynamics methodology which allowed us to observe several scenarios on the product during the process of its breeding, production and final delivery to clients. The results obtained offered CETT 910 theoretical and methodological foundations for the development and understanding of the dynamics of three links of the freshwater white shrimp supply chain which is produced and distributed in domestic and international markets.

JEL: C15, C67, C61, L66, R41

KEYWORDS: Supply Chain, Logistics, System Dynamics, Freshwater White Shrimp, Scenario Assessment

INTRODUCCIÓN

La investigación consistió en abordar la evaluación del desempeño de la cadena de suministro en frío para el producto camarón blanco a partir del cultivo de 8,000 larvas sembradas dentro de un estanque de agua dulce, en un espacio de 3,000 m² de área, considerando un proceso hiperintensivo de 300 camarones por m² con una producción esperada de 3 toneladas por ciclo en un período de dos meses, dentro del CETT 910, con esta información base y considerando otras variables adicionales, se analizó el eslabón de abastecimiento y producción, para el eslabón de distribución, se considera que el producto es entregado a las Pymes, principalmente del sector de alimentos de Cajeme en el estado de Sonora, quienes la hacen llegar al consumidor final como alimentos preparados para su consumo, o bien para su procesamiento y puesta en venta.

Antecedentes

La importancia de atender este sector se fundamenta en que el camarón es uno de los principales alimentos que se consumen en el estado de Sonora, para el estudio se consideró que la demanda anual por este producto registró uno de los crecimientos más rápidos del cultivo de camarón en el mundo, al pasar de 6,690 toneladas en el año 2,000 a más de 68,000 toneladas en el año 2007, lo que representa un incremento del 900%, con un crecimiento promedio de 7,000 toneladas anuales, superando al estado de Sinaloa. En 2011, Sonora aportó el 28.47% de la producción nacional de camarón (52, 419.81 toneladas registradas), el primer lugar fue el estado de Sinaloa con una aportación de 42.92% (79,025.59 toneladas), como se puede observar existen cifras en los dos eslabones asociados, por un lado a la producción y el otro al de distribución a clientes. Por otro lado, existen diversos estudios asociados a la cadena de suministro como el desarrollado por Camproduce en 2009, en donde participó el grupo de Camaricultores del estado de Sonora en conjunto con la Secretaría de Economía y el Fideicomiso de Riesgo Compartido, con el tema: Estudio de la infraestructura logística para la exportación del camarón blanco a algunas ciudades de Estados Unidos y Canadá, éste se da en un contexto solamente de la comercialización, último eslabón de la cadena.

En este sentido, el contexto anterior deja ver que es un referente importante para que las Pymes representadas en su mayoría por los restauranteros del municipio de Cajeme resuelvan el problema de tener mayor información sobre los elementos que en ocasiones no les permiten tener este insumo a tiempo para atender los requerimientos de los clientes, por ello es importante que cuenten con estudios validos y confiables complementarios sobre el desempeño de su cadena de suministro. A partir de esta problemática se ha propuesto el desarrollo de un modelo que integre las variables y parámetros que mayormente impactan en su desempeño y con la generación de las soluciones que el modelo proporcione, coadyuve en la toma de decisiones que les permitan mantenerse en el tiempo y continúen siendo generadoras de empleos y derrama económica en la región. Finalmente, el resto de la investigación esta organizada como sigue, se incluye el problema de investigación que para su solución fue necesario a partir del objeto de estudio definir el procedimiento, mismo que se fundamenta en el empleo de una metodología desarrollada en el Instituto Tecnológico de Massachusetts por el profesor Jay Forrester y que ha tenido aplicaciones importantes en el desarrollo de modelos complejos para observar modos de comportamiento a partir de diferentes políticas que permiten observar diferentes escenarios.

Planteamiento del Problema a Partir de la Pregunta de Investigación

El problema se enfoca a que en la actualidad no se cuenta con un medio informativo o indicadores que expongan el resultado del desempeño de la cadena de suministro en frío del camarón blanco de agua dulce, que ofrezca respuestas al comportamiento que registra desde su siembra hasta que es preparado como alimento para el consumidor final o bien para su venta. La propuesta viene desde un enfoque teórico de un modelo que permita evaluar productos en frío (como lo es el camarón blanco) que son de alta demanda. Por lo anterior, se plantea como problema la falta de un modelo para evaluar el desempeño de la cadena de suministro en frío del producto camarón para las Pymes de Cajeme.

Objetivo

Desarrollar un modelo de dinámica de sistemas, para las Pymes del municipio de Cajeme que permita evaluar el desempeño de la cadena de suministro en frío del camarón blanco y apoye en la toma de decisiones empleando la metodología de dinámica de sistemas y escenarios del sector económico secundario.

REVISIÓN DE LITERATURA

Actualmente la pequeña y mediana empresa juega un rol importante en el desarrollo económico tanto del país como en sus estados por los ingresos económicos que se generan. El estudio de las medianas empresas ha tomado relevancia en el contexto internacional debido a que en todos los países que son industrializados representan entre un 80 y 90% del total, estas proporcionan una gran cantidad de empleos y también pueden ser más productivas generando mayor riqueza que las grandes (Ochoa y Limón, 2014). Así mismo, en México las medianas empresas, a pesar de ser importantes generadoras de empleo no pueden alcanzar un nivel de competitividad suficiente para posicionarse en el mercado global, su crecimiento es limitado y no pueden llegar a ser grandes empresas. Se considera que el éxito de las empresas en México respecto a la competitividad puede mejorar si participan otras instancias además del Gobierno Federal, como son las universidades que por medio de proyectos específicos asesoran, promueven y dan seguimiento a las empresas para su desarrollo, por lo que la cooperación de varios sectores de la sociedad es un factor importante para el desarrollo de las Pymes en México.

Este proyecto de investigación tiene un acercamiento referente al desempeño de los bienes que se generan y son gestionados en el Sector Económico Secundario (SES) de Cajeme. De esta forma se identifica que: “El SES se caracteriza por el uso predominante de maquinaria y de procesos cada vez más automatizados para transformar las materias primas que se obtienen del sector primario. En este sector de acuerdo al Instituto Nacional de Estadística y Geografía e Informática (INEGI) se incluyen las fábricas, talleres y laboratorios de todos los tipos de industrias” (INEGI, 2011). Tomando en cuenta lo anterior, se va señalando el rumbo que pretende este proyecto adquiriendo precisión al discriminar e identificar al conjunto de empresas, de las cuales, tienen como tarea transformar recursos. Con el asenso registrado al cierre del año 2014, México demuestra que, con su riqueza en recursos tiene la capacidad para manejarlos productivamente y proveer niveles altos de prosperidad entre los ciudadanos al generar ingresos económicos e impulsar nuevas tendencias tecnológicas.

Por otro lado, dado que el Producto Interno Bruto (PIB) aportado por el estado de Sonora creció 5.5% al cierre de 2011, con lo que se ubicó como el líder en actividad económica de los estados de la frontera norte, de acuerdo con las cifras que dio a conocer el INEGI (2011), el sector industrial ha mantenido una alza porcentual en los últimos tres años, lo cual, puede ser tomado en cuenta para argumentar que hay oportunidades de desarrollo aprovechables aún por explotar en el estado de Sonora. En Cajeme las principales actividades económicas son derivadas del sector primario y secundario. Según el Anuario Estadístico Municipal de Cajeme (2008) se puede definir al primero como aquel que está relacionado con

la transformación de recursos naturales en productos no terminados, las principales actividades del sector primario son: la agricultura, minería, ganadería, silvicultura, apicultura, acuicultura, caza y pesca. Por otro lado, el secundario es aquel que transforma la materia prima extraída por el sector primario en productos terminados. Por su parte INEGI (2011), destaca que en Cajeme, se cuenta con un total de 98 pequeñas empresas manufactureras dedicadas a actividades del sector primario y secundario. Por esto, Ochoa y Limón (2014) argumentan mediante sus estudios publicados que la realidad en Cajeme es que se desconoce la identidad de las empresas manufactureras debido a la falta y/o ausencia de estudios empíricos, investigaciones, y elementos teóricos. La actividad industrial en la región específica se distingue por estar a la vanguardia en los productos de bienes intermedios, eso quiere decir que en muy pocos casos se trata de bienes terminados, pues la mayor parte de la producción que elabora el municipio, tiene que ser enviada al centro del país para que continúe su transformación y sea terminado el producto.

El municipio de Cajeme, cuenta aproximadamente con 298,625 habitantes de acuerdo a datos registrados por INEGI. La mayoría de su población esta especializada en actividades agropecuaria, ramas agroindustriales y servicios de apoyo al sector agrícola, así como al desarrollo de la industria procesadora de alimentos. A partir de este punto se establece en el proyecto de investigación, un nuevo enfoque dando la entrada al estudio de crustáceos, como lo es el camarón blanco de cultivo en agua dulce. Con base a un estudio realizado por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentos (SAGARPA), se obtiene como información relevante que el camarón es uno de los alimentos más populares y de consumo creciente en el mundo, lo que ha originado que varios países se dediquen al cultivo de esta especie de alto valor comercial; esto se debe en parte a la sobre explotación de los recursos pesqueros que han venido generando una demanda de los productos marinos de alta calidad en países desarrollados; esto es una oportunidad comercial para países como México como exportador de especies marinas tanto de captura como de cultivo (SAGARPA, 2009).

INEGI (2011) comparte mediante estudios realizados, que en México, la explotación del camarón blanco ocupa el cuarto lugar dentro de las industrias pesqueras de mayor producción y representa en la actualidad una importante fuente de divisas para el país. Los aportes de la acuicultura han dado al sector la capacidad suficiente para cubrir la creciente demanda interna, salvo algunos periodos estacionales y tallas grandes del producto. La producción de camarón en México se obtiene de tres fuentes: altamar o mar abierto, esteros o bahías, así como de cultivo, siendo este último el más importante y que ha superado a la pesca, porque en el cultivo se puede “programar” y decidir el área a sembrar, el número de cosechas al año y se tecnifican las granjas con aireadores, lo que permite mayor densidad; a diferencia de la pesca que es una actividad silvestre que depende del medio natural y tiene un volumen limitado con base a la sustentabilidad del recurso mismo. Se agrega que, el estado de Sonora tiene registro de uno de los crecimientos más rápidos y espectaculares del cultivo de camarón en el mundo al pasar de 6,690 toneladas en el año 2,000 a más de 68,000 toneladas en el año 2007, lo que representa un incremento del 900%, con un crecimiento promedio de 7,000 toneladas anuales, superando al estado de Sinaloa. La Tabla 1 muestra la posición el estado de Sonora.

Tabla 1: Porcentajes de la Producción Aportada de la Industria Acuicultora

Estado	Producción Aportada (%)
Sonora	24.7
Sinaloa	17.2
Michoacán	4.6
Veracruz	13.3
Tabasco	7.7

Los porcentajes mostrados están basados en el total de los volúmenes de producción pesquera por cultivo de las principales especies producidas en la industria acuicultora (2006-2011) mostrados en el párrafo anterior. Fuente: elaboración propia (2014), adaptado del Anuario estadístico (CONAPESCA, 2007).

Según la tabla anterior, se identifica que el estado de Sonora es uno de los principales productores por acuicultura y fuente natural de crustáceos y moluscos como el camarón y otras especies. Esto demuestra la importancia del estudio de la producción acuícola en el estado, así como en sus regiones que colindan con las costas del pacífico. La evaluación y control de la cadena de suministro del camarón blanco no puede ser realizada aún en la manera que se está retomando el tema como etapa “primitiva”, ya que de inicio se están investigando cada una de las partes e interacciones que conforman al sistema complejo del abastecimiento, producción y distribución del camarón, los cuales, son eslabones de la misma cadena de suministro. Se le llama sistema complejo por la cantidad de variables que conforman el comportamiento y desempeño general de la cadena, así como la incertidumbre que tienen al llevarse a cabo el enlace con cada una de las conexiones que permiten la unidad del sistema. Las Pymes son aquellas empresas que oscilan entre 15 y hasta 200 empleados la cual también es medida por la capacidad y su capital, fungen como un factor determinante en la economía de los países ya que estas organizaciones son las principales generadoras de empleos e ingresos para un país. Las empresas de cultivo, empaque, distribuidoras y comercializadoras de camarón blanco al presentar una actividad de producción y manufactura son también consumidoras finales, como restaurantes, tiendas, mercados y consumidores particulares que deben ser consideradas en el estudio de la logística de la cadena de suministro (Ochoa y Limón, 2014).

La cadena de frío se refiere al manejo controlado de las temperaturas y humedad de los productos perecederos para mantener su calidad e inocuidad desde el momento en que sale del campo (cosecha) o punto de origen a través de toda la cadena de distribución hasta llegar al consumidor final. La cadena de frío es el sistema formado por cada uno de los pasos que constituyen el proceso de refrigeración o congelación necesario para que los alimentos perecederos o congelados lleguen de forma segura al consumidor. Se denomina "cadena" porque está compuesta por diferentes etapas o eslabones. Si alguno de los puntos de la cadena de frío llegara a verse comprometido, toda ella se vería afectada perjudicando la calidad y seguridad del producto. Por un lado se facilita el desarrollo microbiano, tanto de microorganismos alterantes como de patógenos productores de enfermedades, y por otro, la alteración del alimento por reacciones enzimáticas degradantes (Cadena de Frío, 2014; Pelayo, 2008).

La cadena de suministro considera la integración de las funciones principales del negocio hasta el usuario final, a través de los proveedores quienes ofrecen productos, servicios e información que agregan valor para los clientes y otros interesados. Además, engloba a los procesos de negocio, personas, organización, tecnología y la infraestructura que permite la transformación de materias primas en productos y servicios terminados y en proceso, así como la entrega de los mismos para cumplir con las especificaciones del cliente” (Ballou, 2004) Otro argumento de Ballou (2004) es que la administración de la cadena de suministro se define como la coordinación sistemática y estratégica de las funciones tradicionales del negocio a través de funciones empresariales dentro de una compañía en particular, y a través de empresas que participan en la cadena de suministro con el fin de mejorar el desempeño a largo plazo de las empresas individuales y de la logística en la cadena de suministros como un todo.

La logística es la parte del proceso de la cadena de suministro la cual planea, lleva a cabo y controla el flujo y almacenamiento de manera eficiente y efectiva de los bienes y servicios, así como la información relacionada desde el punto de origen hasta el punto de consumo, con el fin de satisfacer los requerimientos del cliente. Es posible ver la logística como aquello que se encarga de unir producción y mercado a través de técnicas y estrategias. La logística es el arte de planear y coordinar todas las actividades y procesos necesarios para que un producto o servicio se genere y llegue al punto donde y cuando el cliente final lo requiere, optimizando el costo. (Ballou, 2004; Crone, s/f)

El almacén por ser uno de los elementos que aparece en todos los eslabones de la cadena de suministro debe ser cuidadosamente revisado, desde esta perspectiva el almacenamiento es definido como los lugares donde se guardan los diferentes tipos de mercancías y son manejados a través de una política de inventario. Esta función controla físicamente y mantiene todos los artículos inventariados. Además, el almacenamiento

implica la selección del emplazamiento, dimensión y características, como ejemplo se puede mencionar las de refrigeración o automatización de los almacenes en los que se deben guardar los productos (Sandoval y Moreno, 2011). El desarrollo de modelos y empleo de metodologías para representar y definir adecuadamente el comportamiento de la cadena de suministro son ampliamente empleados en diversos estudios, la revisión de literatura para fundamentar la propuesta planteada en este artículo, se basa en definiciones de autores importantes que se mencionan a continuación, por un lado, Taha (2004) define que un modelo es la representación de la realidad en su carácter gráfico, abstracto y matemático y son de vital importancia en determinados procesos o fenómenos con el propósito de exponerlos, detallarlos, estudiarlos y analizarlos. Como complemento, desde la perspectiva de la metodología de dinámica de sistemas, Aracil y Gordillo (1997) mencionan que, todo modelo se construye con el fin de ayudar a resolver un problema concreto. En algunos casos el modelo permite hacer predicciones, es decir, alcanza un nivel de precisión tan elevado que permite emplearlo para predecir con exactitud qué valores tomarán algunas variables en un instante de tiempo previamente definido.

La metodología de dinámica de sistemas representa una aportación importante para el desarrollo de modelos complejos que con el empleo de software especializado puede simularse para mostrar diferentes escenarios de comportamiento en un horizonte de tiempo determinado. Según Forrester (1981) creador de la metodología de dinámica de sistemas, establece que es posible crear modelos de sistemas con cierto grado de complejidad que interactúan en forma constante con el medio. Aracil (1995) por su parte, establece que, los modelos deben ser empleados como instrumentos para analizar los distintos modos de comportamiento que puede mostrar el sistema dado. De acuerdo con este uso, los modelos no tratan de anticipar el porvenir, sea en forma precisa o en forma más laxa, sino de suministrar elementos para una reflexión disciplinada sobre los posibles modos de desenvolverse en el sistema que se está estudiando. El empleo de simuladores es un apoyo importante para obtener soluciones en corto tiempo, generando respuestas bajo diferentes políticas que permiten observar el comportamiento de variables incluidas en el modelo.

El uso del Software Vensim® y Stella® es empleado en esta investigación dado que contienen los elementos necesarios y suficientes para el modelaje de sistemas complejos, el primero reúne las características para el desarrollo de la estructura de diagramas causales de forma más sencilla y visual, por otro lado Stella permite la captura de todas las relaciones matemáticas y la simulación es visualmente más potente para el usuario, ambas se fundamentan además para la simulación del modelo en métodos numéricos como Runge-Kutta o el de Euler para ecuaciones diferenciales de orden n . Los cuales son programas de simulación por computadora que proporciona un marco de referencia y una interface gráfica del usuario para la observación e interacción cuantitativa de las variables de un sistema. Los software mencionados fueron utilizados para modelar la cadena de suministro del camarón blanco, exponiendo los procesos de cada eslabón desde el abastecimiento hasta el consumidor final, creando una interfaz con el usuario que permite observar los resultados reales sobre el desempeño de cada elemento del sistema productivo para el interés particular. (Cervantes, Chiappa, & Simoes, 2007).

Los estudios empíricos revisados y que son similares a esta investigación con aplicaciones y uso de modelos de dinámica de sistemas para el apoyo a la toma de decisiones permitieron ampliar la visión para la construcción de la propuesta final (Iñaki, 2010; Ramírez, 2010; Lagarda, Coronado, Portugal y Cinco, 2013). De igual forma, se revisaron las propuestas de estudios empíricos, para fundamentar los tres escenarios que se proponen por cada uno de los eslabones de la cadena de suministro del producto camarón de agua dulce de diversos autores. (Arvis, Savslasky, Ojala, Shepherd, Busch y Raj, 2014; Ogilvy, 2006; Schwartz, 1991; Tseng, Wang y Weiyang, 2012). Finalmente, es importante mencionar que el objeto bajo estudio han sido las Pymes de Cajeme en el SES, consumidoras del producto camarón en prácticas con agua dulce, desde que es sembrado y procesado para su presentación final y que el material utilizado para obtener la solución del problema planteado es el software Stella v10.0.6 y Vensim PLE.

METODOLOGÍA

A continuación se muestra la metodología empleada para dar solución al problema del presente proyecto para la evaluación del desempeño de la cadena de suministro del camarón blanco. Durante el estudio se siguió un procedimiento tomando en cuenta la metodología de dinámica de sistemas de Jay Forrester que contempla tres etapas generales; cabe señalar que como complemento y parte de la propuesta se agregaron dos etapas más; derivado de ello se pudo fundamentar y construir un modelo dinámico complejo considerando tres escenarios asociados al objeto de estudio. Es importante señalar que la investigación parte de que se han sembrado 800,000 larvas y que el tiempo de ciclo es de 121 días para lograr dos cosechas de camarón blanco, con un valor esperado de 3000 kg por ciclo; las hipótesis dinámicas están consideradas en cada uno de los tres escenarios que se simularon considerando dos parámetros que al modificarlos permitieron observar los diferentes modos de comportamiento.

A continuación y desde la perspectiva metodológica se muestran los cinco pasos que se desarrollaron para dar solución al problema planteado en el proyecto el cual fue definido con la siguiente pregunta de investigación: ¿Qué solución se debe desarrollar para evaluar el desempeño de la cadena de suministro en frío del producto camarón para las Pymes de Cajeme?. Contextualizar el sector económico secundario. En este paso se analizó la información relevante del sector secundario a nivel nacional, estatal y municipal con el fin de consolidar el enfoque del camarón blanco y la importancia de la industria manufacturera dentro del SES. De dicho estudio se obtuvieron los índices de competitividad global (Schwab, 2014) y la aportación de la industria al PIB. Se realizó un estudio sobre los productos denominados fríos, por sus características de conserva, que destacan en consumo a nivel estatal y regional donde fue distinguido el camarón blanco como objeto de estudio. La validación fue realizada por expertos en el Departamento de Acuicultura del Instituto Tecnológico de Sonora, del CETT 910.

Analizar el producto específico en la cadena de suministro. Se investigó el proceso del camarón blanco y los principales problemas en su cadena de suministro, con ello se realizó el diagrama de flujo donde se muestran cada una de las etapas que sigue el proceso del camarón desde que se siembra (larvas) hasta que se procesa para su disposición final a los consumidores. Como resultado se obtuvieron diferentes variables que pudieran afectar la dinámica de la cadena de suministro y que fueron útiles para modelar el sistema. Conceptualizar la cadena de suministro del camarón. Se analizó el producto camarón blanco, con el propósito de conocer su proceso y las relaciones que tiene conforme a las variables detectadas como mortalidad, desvíos, consumo y sus parámetros para crear un modelo conceptual. Dicha información fue obtenida mediante una visita al campo donde se cultiva y se cosecha el camarón blanco mediante prácticas en agua dulce analizando cada una de las actividades llevadas a cabo en el sistema de crecimiento que mantienen. El resultado de esta fase fue un diagrama causal que representa las relaciones de variables y parámetros en la cadena de suministro en un horizonte de tiempo definido. Este diagrama fue creado mediante la relación lógica de comportamiento que existe entre los factores existentes en un sistema, en el caso específico el camarón blanco.

Desarrollo de las Relaciones Matemáticas.

A continuación se muestran un resumen de la estructura de las ecuaciones para el correcto desempeño del modelo bajo estudio, tales ecuaciones son de nivel, flujo y auxiliares. El total de ecuaciones fue de 114 ecuaciones y 41 parámetros en el modelo dinámico. Las ecuaciones se fundamentan en el método numérico de integración para un sistema de ecuaciones diferenciales de orden n denominado Runge-Kutta que generó el software Stella ®.

Ecuaciones de Nivel

$$Ac(t) = Ac(t + dt) + (FEAc - FEP - FSAN)dt \quad (1)$$

$$Co(t) = Co(t + dt) + (Ext - Rec - SI - MDA)dt \quad (2)$$

$$En(t) = En(t + dt) + (FEE - FSE - FSEn)dt \quad (3)$$

$$El(t) = El(t + dt) + [Clch + SI + HCE(t)] = HCE(t + dt) + (RE - CE)dt \quad (4)$$

Nota: el total de ecuaciones de nivel fue de 26.

Ecuaciones de flujo

$$FEAc = \text{Maternidad} \quad (5)$$

$$FEP = Ac * Tsa \quad (6)$$

$$Ev = (FSE * 12)/1000 \quad (7)$$

Nota: el total de ecuaciones de Flujo fue de 71.

Ecuaciones Auxiliares

$$FSAN = \text{Aclimatación} * Tma \quad (8)$$

$$SI = Co * Tpi \quad (9)$$

$$MDA = \text{Cosecha} * TMDA \quad (10)$$

$$FSE = \text{Engorda} * Tps \quad (11)$$

Nota: el total de ecuaciones de nivel fue de 17.

Donde:

Ac: Aclimatación de las larvas.

FEAc: Número de larvas que ingresan al proceso de aclimatación.

FEP: Larvas que pasan al proceso de pre cría.

FSAN: Larvas en la que su adaptación es nula.

Co: Camarón en cosecha.

Ext: Extracción y valoración del camarón por su tamaño.

Rec: Cantidad de camarón que se recibe por las empresas.

SI: Cantidad de camarón que se pierde por salidas de tipo informal (extracción que no entra a la contabilidad).

MDA: Merma y desperdicio por factores externos.

En: Camarón en el proceso de engorda.

FEE: Flujo de entrada al proceso de engorda

FSE: Flujo de salida (pérdidas) del camarón por enfermedad.

FSEn: Flujo de salida del camarón del proceso de engorda.

El: Existencia de camarón.

Com: Comercialización local del camarón.

HCE: Hub de camarón para exportación.

RE: Registro de camarón exportado.

CE: Consumo por exportación.

Tsp: Tasa de supervivencia por aclimatación.

Ev: Extracción y Valoración del camarón.

Tma: Tasa de mortandad por adaptación.

Tmi: Tasa de perdidas por informalidad.

TMDA: Tasa de merma y desperdicio por factores externos.

Tps: Tasa de producto sano.

5. Evaluación de modelo matemático y sus escenarios, en este paso se realizó la simulación del modelo tomando como horizonte de tiempo 135 días, para evaluar dos ciclo de cosecha que refiere a 121 días; el tiempo posterior a los 121 días con diferentes pruebas de hipótesis dinámicas, para ello fue empleado el software Stella ®. Como resultado se obtuvieron los tres escenarios, permitiendo al usuario visualizar el comportamiento que puede tener un cierto ciclo de producción de camarón considerando las variables

involucradas. De igual forma, en esta etapa se realizó la comparación del modelo en diferentes escenarios, “Actual”, “Pesimista” y “Optimista”, los cuales utilizaban parámetros cuantitativos para definir el comportamiento del modelo ofreciendo información diferente sobre el desempeño del mismo en cada uno de los eslabones de la cadena de suministro desde que es sembrado hasta que es distribuido para al consumidor final.

Las hipótesis dinámicas se resumen como sigue en términos de dos parámetros son mostradas en la Tabla 2:

Tabla 2: Hipótesis Dinámicas y Parámetros Relacionados de Acuerdo al Escenario Planteado

HIPÓTESIS DINÁMICAS POR ESCENARIOS	PARAMETRO 1	PARÁMETRO 2
Escenario Actual	<i>Tasa_mort_por adaptacion=0.15</i>	<i>Tasa_de_mortalidad_por_enfermedad = 0.10</i>
Escenario Pesimista	<i>Tasa_mort_por adaptacion=0.60</i>	<i>Tasa_de_mortalidad_por_enfermedad = 0.90</i>
Escenario Optimista	<i>Tasa_mort_por adaptacion=0.05</i>	<i>Tasa_de_mortalidad_por_enfermedad = 0.05</i>

Las hipótesis dinámicas por escenarios establecen que bajo condiciones actuales los valores de producción se asocian a cada uno de los escenarios, actual, pesimista y optimista en la adaptación y mortandad del camarón se relaciona con los parámetros utilizados en la corrida de cada uno de los escenarios de acuerdo a los valores fijados en los parámetros uno y dos. Fuente: elaboración propia, 2014

RESULTADOS

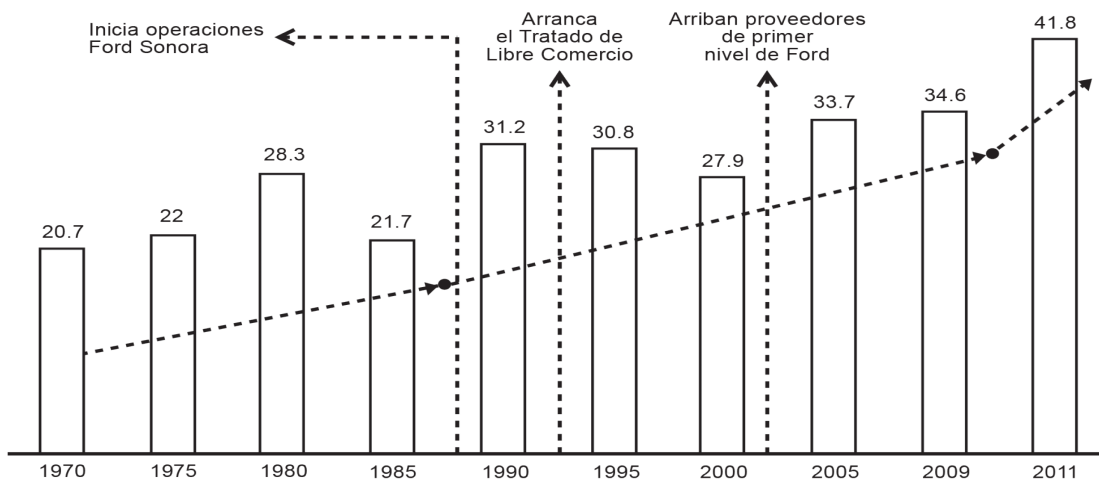
A partir de la implementación de la metodología propuesta, se presentan los siguientes resultados de la investigación realizada para la evaluación del desempeño de la cadena de suministro para el producto camarón blanco en tres posibles escenarios, en un tiempo de ciclo de 121 días para lograr dos cosechas de camarón por parte del CETT 910 y considerando 14 más para la comercialización lo que originó que el modelo corriera en un total de 135 días. Derivado de los cinco pasos definidos en la metodología se obtuvieron los siguientes resultados por cada uno de ellos los cuales son presentados a continuación.

Del primer paso asociado con la contextualización y mediante el análisis de información proveniente de INEGI referente a la participación del sector económico secundario en el PIB estatal y nacional se logró contextualizar dicho sector. Dentro del SES, se encuentran la Industria Manufacturera como la actividad económica que transforma una gran diversidad de materias primas en diferentes artículos para el consumo. El PIB aportado por el estado de Sonora creció 5.5% al cierre de 2011, con lo que se ubicó como el líder en actividad económica de los estados de la frontera norte, de acuerdo con las cifras que dio a conocer el INEGI (2011).

La clasificación número uno de entre los tipos de actividad industrial manufacturera es la de productos alimenticios, se basa en la elaboración, conservación y envasado de productos de consumo humano. La Figura 1, muestra el comportamiento del sector económico secundario, como una referencia de repunte del mismo en los últimos años en el estado de Sonora; un aspecto a destacarse es la entrada de nuevos proveedores de primer nivel en planta Ford entre 2000 y 2005, lo que generó derrama económica en el estado de Sonora, presentando de acuerdo a este análisis para 2011 un PIB estatal de 41.8%.

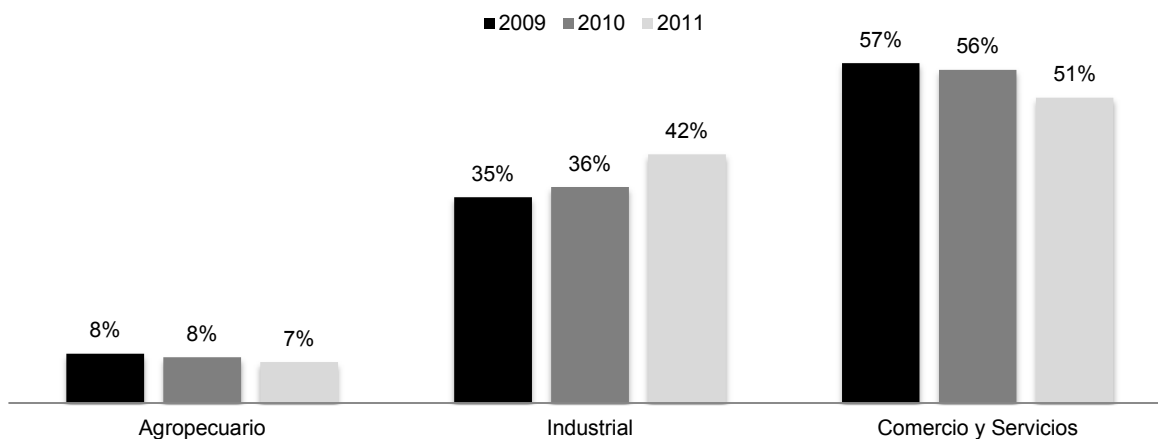
En la gráfica de la Figura 2, el sector industrial ha mantenido un alza porcentual a través de los tres años calculados, lo cual, puede ser tomado en cuenta para argumentar que hay oportunidades de desarrollo aprovechables aún por explotar en el estado de Sonora.

Figura 1: Participación de la Industria Manufacturera en el PIB (1970-2011).



La figura muestra los datos porcentuales en términos de la participación de la industria manufacturera en el PIB (1970-2011) en Sonora; se destaca que el primer repunte lo logra entre 1985 y 1990, con la incorporación de la planta Ford alcanzando un 21.7% del PIB estatal, en la capital del estado; otro periodo importante fue la entrada en vigor del Tratado de Libre Comercio entre EE.UU. Canadá y México, en el año de 1994, cuando se cumplió con el procedimiento de ratificación por parte del poder legislativo de cada país que lo suscribió, en ese año el PIB fue de 27.9%. Fuente: INEGI, 2011

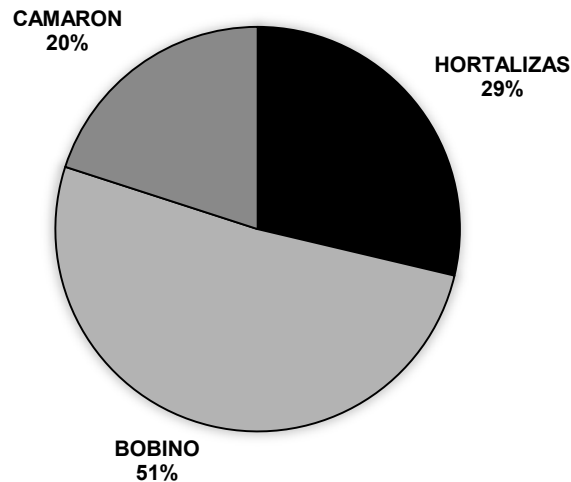
Figura 2: Gráfica de Aportación Porcentual de lo Sectores a la Economía en el Estado de Sonora



Se observa que el sector industrial es el que mantiene un comportamiento positivo al pasar del 35% de aportación a la economía del estado de Sonora en 2009 y un 42% en 2011, el resto de los sectores cayeron porcentualmente, el agropecuario con el 1%, mientras que el sector comercio y servicios paso del 57% al 51% en los años de 2009-2011. Fuente: elaboración propia con datos de INEGI, 2011

De igual forma, se analizaron tres productos a nivel estatal que se denominan “*productos de frío*” por sus necesidades de bajas temperaturas para la conserva de los mismos y estar en las óptimas condiciones para la disposición final. Los mismos fueron comparados respecto a su participación dentro del sector alimentario. A nivel nacional la producción del camarón deja utilidades por el orden de los \$4,427.5 millones de pesos de los cuales el estado de Sonora aporta \$3,205.5, representando con ello el 72.4%; al hacer una comparación entre los tres productos a nivel estatal se observa que la mayor contribución es por parte del ganado bovino con 51%; le sigue el de hortalizas con el 29%; el tercer lugar lo ocupa el camarón con 20%. Los datos se muestran en la gráfica de la Figura 3.

Figura 3. Índice de Participación en Utilidad, de Tres Familias de Productos de Frío Principales en el Estado de Sonora, Junto a la Producción Registrada en los Últimos Años



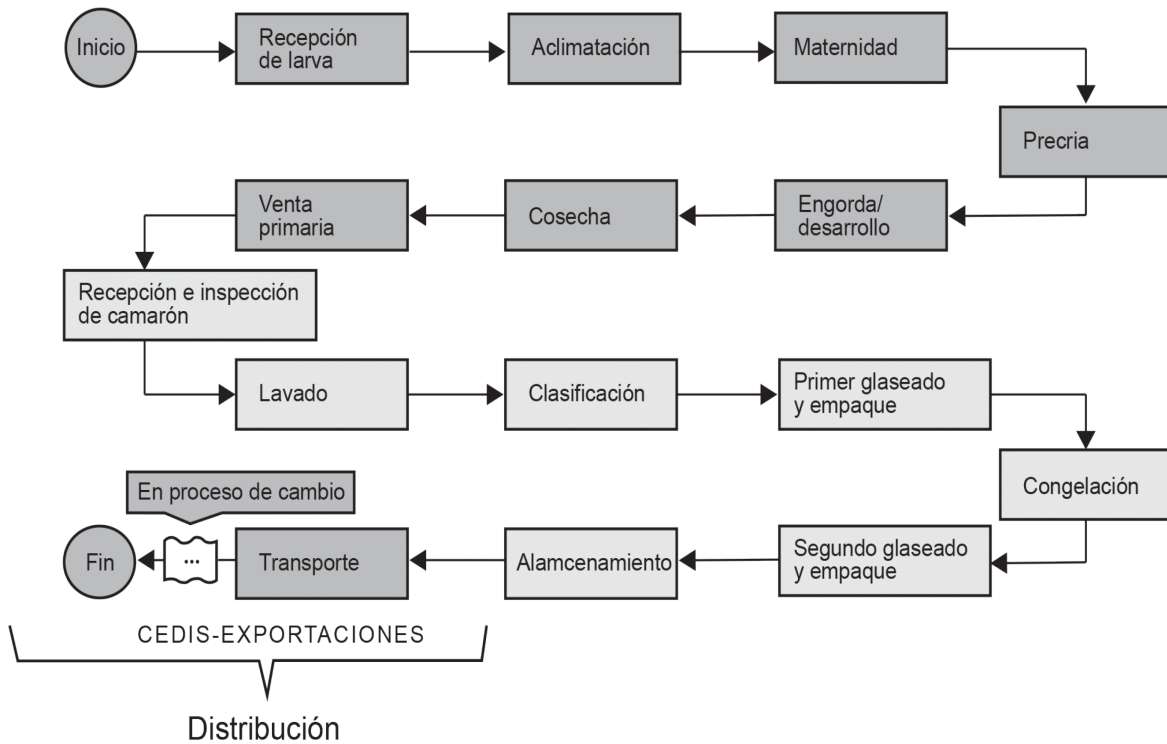
La figura muestra que el camarón es uno de los productos con una producción importante referente a su sector de origen ya que como se ha demostrado anteriormente mediante registros de acuicultura a través de los últimos años, la actividad de la pesca enfocada a la extracción natural y cosecha de camarón blanco ha presentado un comportamiento económico considerable, se encuentra dentro del tipo de actividad antecesora al SES donde a nivel Estado, mantiene participación del 20% en el sector pesquero, según información disponible en INEGI (2011). Fuente: elaboración propia (2014), adaptada de (SAGARPA, 2009).

Derivado del paso 2, se tiene un análisis del objeto bajo estudio y todo el procesos que sigue en la cadena de suministro, la Figura 4 muestra el diagrama de flujo del proceso que sigue el camarón blanco en prácticas con agua dulce en las perspectivas de cada eslabón; se representa cada una de las etapas de las que consta el proceso de cultivo del producto, así como las actividades que se realizan para la producción de marquetas de camarón, ya sea para comercio local, o exportación, y por último la parte de distribución para minoristas y mayoristas, según sea el caso.

El proceso inicia con la recepción de larvas para su siembra en el estanque, pasando por el proceso de aclimatación, maternidad y pre cría, posteriormente espera un tiempo para lograr un peso adecuado (engorda y desarrollo) y luego es cosechado para su venta primaria como producto camarón, en este momento concluye el proceso de abastecimiento desde la perspectiva de la cadena; la segunda etapa tiene que ver con el proceso de producción, esto es, que ya en las empresas el camarón es lavado, clasificado por tallas, de allí pasa al proceso de glaseado y empaçado, se congela y finalmente se almacena, la tercera etapa de la cadena tiene que ver con la distribución, en este sentido el producto es enviado a los clientes a través de transportes que reúnen las características para asegurar que el producto llegue en buenas condiciones.

Cabe señalar que la fase de distribución a mercados internacionales requiere de un estudio más profundo y que el modelo actual tendría la flexibilidad de adaptarla, es decir, hacer la conexión de esta etapa una vez que haya sido modelada. Con ello el modelo a través de la simulación, ofrecería información valiosa para el CETT 910, por ejemplo, en términos de incrementar la siembra de larvas y expansión de su estanque para lograr un mayor número de toneladas por ciclo considerando la demanda de productos para atender tanto a clientes internos como externos.

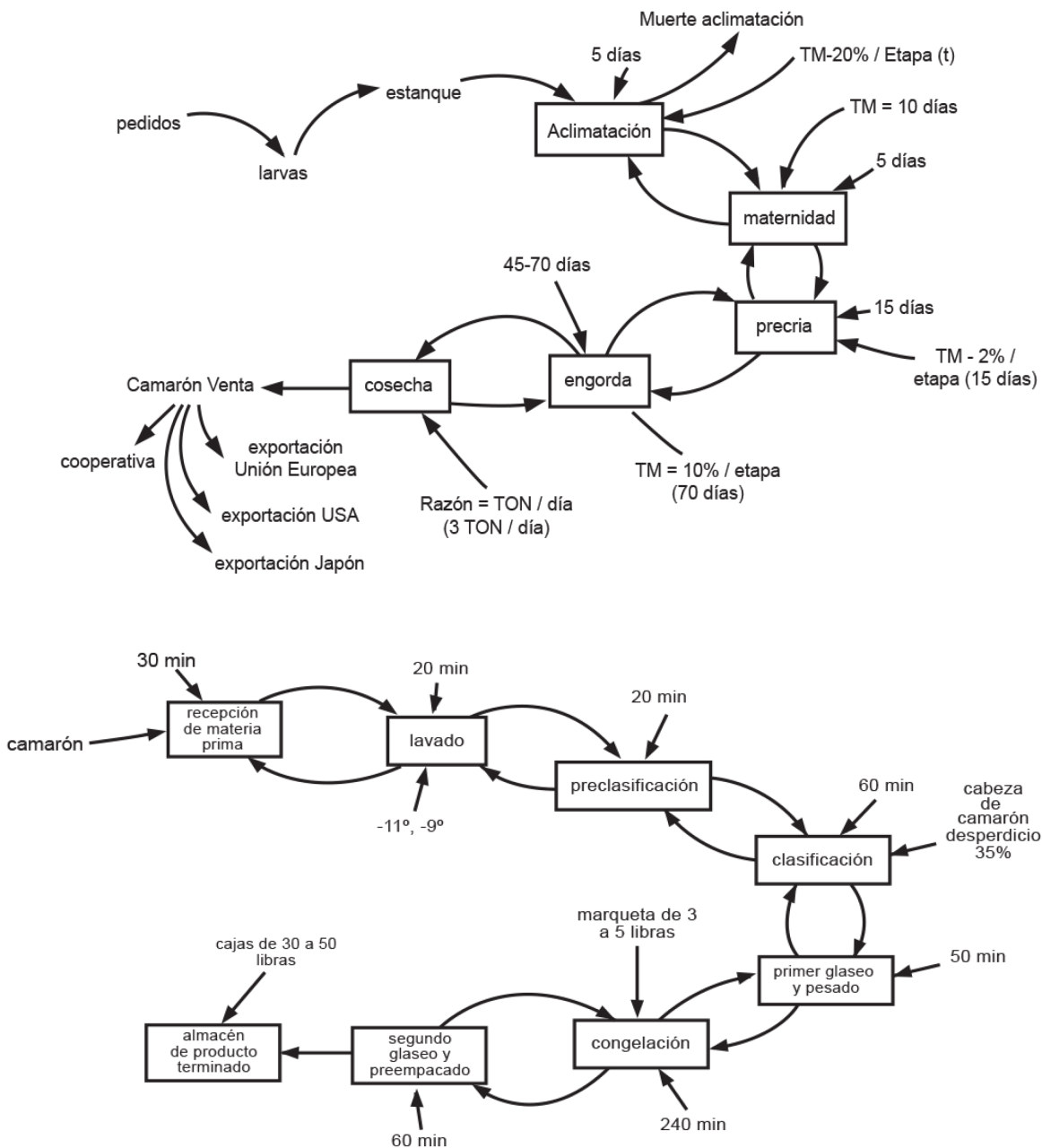
Figura 4: Diagrama de Flujo del Proceso Para el Camarón Blanco de Agua Dulce



El comentario: En proceso de cambio, sólo actúa como referencia para especificar que el tema de transporte para distribución aún se encuentra en desarrollo y es una oportunidad de investigación muy importante para el producto camarón blanco, en futuros proyectos. Fuente: elaboración propia (2014). Adaptado de (SAGARPA, 2009) e información adquirida por expertos en el CETT 910 del ITSON.

El resultado del tercer paso, fue generado a partir de la investigación realizada en el campo de cultivo del camarón en el CETT 910, del cual se logró recaudar la información para elaborar los diagramas causales correspondientes a cada etapa de la cadena de suministro, los cuales se muestran en la Figura 5.

Figura 5: Diagrama Causal del Eslabón de Abastecimiento y Producción del Camarón Blanco de Agua Dulce



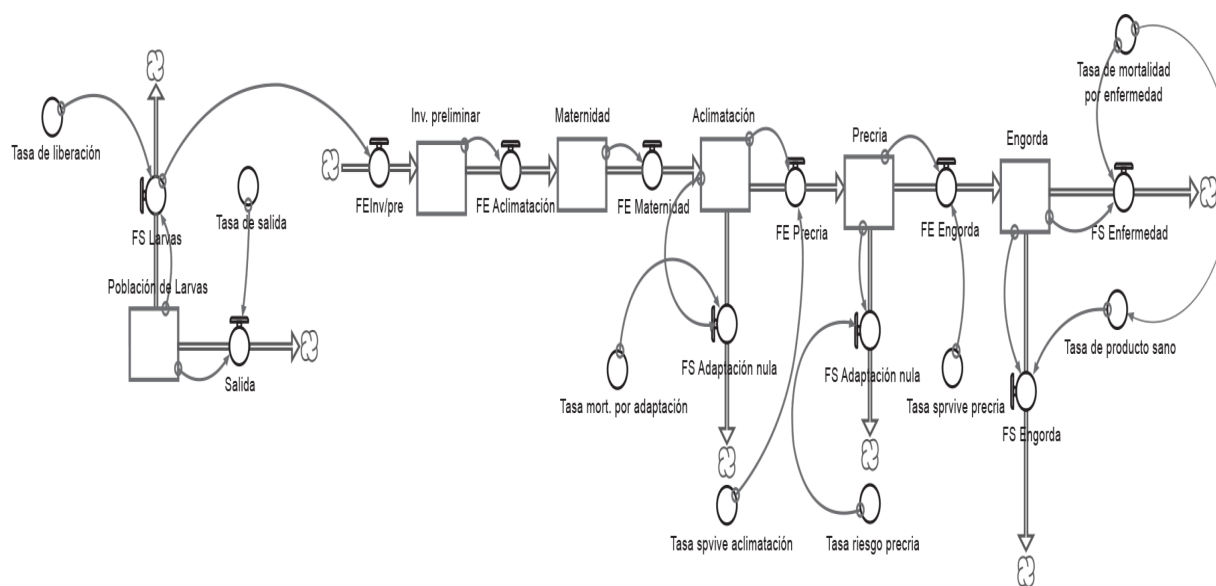
La figura del lado izquierdo muestra el diagrama causal de abastecimiento el cual es clave para el correcto desempeño del ciclo para el cultivo de camarón, dicho diagrama fue elaborado con información recaudada mediante una entrevista directamente en el campo de cultivo, consta de cinco etapas, 1) aclimatación; 2) maternidad; 3) pre-cria; 4) engorda y; 5) cosecha. Fuente: elaboración propia, 2014. Adaptado mediante la colaboración de expertos en el CETT 910 ITSON y de SAGARPA, 2009

Del lado derecho se muestra el diagrama causal para la producción de marquetas de camarón, ya sea para venta local o la exportación a diferentes países, es un proceso el cual se ve intervenido por factores críticos

tales como la temperatura y humedad, ya que el proceso donde se clasifica el camarón y se empaqueta para su disposición final.

El cuarto paso dio origen al diagrama de Forrester (nombrado así en alusión a su creador) de la cadena de suministro del camarón blanco, con base a los diagramas causales y tomando en cuenta las variables y parámetros que surgieron de la investigación que se llevó a cabo en el campo de cultivo del camarón CETT 910, así como también de las investigaciones realizadas en SAGARPA y de la Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (CONAPESCA) sobre los procesos generales para el abastecimiento y producción del camarón blanco principalmente. La Figura 6 muestra solamente el eslabón de abastecimiento a manera de ejemplo, el modelo completo considera los otros dos eslabones, el de producción y distribución y contiene un mayor número de variables y parámetros. Este diagrama parte de enlazar cada actividad y operación encontrada dentro de un determinado sistema complejo para poder generar flujos de información y crear la relación entre las distintas variables y sus parámetros para mostrar matemáticamente las relaciones dinámicas en un horizonte de tiempo definido.

Figura 6. Diagrama Forrester del Eslabón de Abastecimiento del Camarón Blanco de Agua Dulce



A partir de la construcción del modelo de Forrester se genera el modelo matemático, que permite la simulación dinámica de todas las variables en un horizonte de tiempo de 131 días, obteniendo con ello diferentes respuestas asociadas a los tres escenarios, los resultados considerando los datos reales, han sido congruentes con el comportamiento esperado, así como las gráficas demostrativas con tendencias relativas a la información utilizada en el modelo. El diagrama de Forrester de la cadena de suministro del producto camarón blanco incluye las ecuaciones del modelo matemático para su simulación. Fuente: elaboración propia, 2014.

El último paso, permitió simular el modelo matemático y tres escenarios, la cadena de suministro considera tres eslabones: abastecimiento, producción y distribución a clientes. Cada uno de los escenarios muestra el comportamiento durante dos ciclos (121 días) el horizonte total de tiempo fue de 135 días simulados en el año 2014 y cuatro meses para el análisis de los tres escenarios; se consideran 14 días para las variables asociadas a comercialización del producto. Los tres escenarios tienen particularmente dos parámetros para generar el comportamiento y evaluar el desempeño de las variables asociadas en cada escenario, los parámetros son las siguientes: *Tasa de mortalidad por adaptación* y *Tasa de mortalidad por enfermedad* los cuales tomaron valores diferentes de acuerdo al escenario que se evaluó.

Los parámetros señalados aparecen solamente en el eslabón de abastecimiento de la cadena de suministro del camarón, eslabón donde se cultiva y se desarrolla el camarón. El modelo a simular debe comenzar con

una determinada cantidad de unidades de larvas para ingresarse al sistema de crecimiento. En este caso, el modelo al ser adaptado al sistema productivo que mantiene el CETT 910 tan sólo en la parte del eslabón de abastecimiento, inicia con una cantidad de 800,000 unidades de larvas. Esta cantidad de larva es utilizada para la simulación en los tres escenarios que a continuación se presentan.

Escenario Actual

El escenario actual tiene parámetros en condiciones “normales” en el modelo específico, llamando normal a la situación en la que se encuentra laborando actualmente el CETT 910 en el Departamento de Acuicultura. La hipótesis dinámica para este escenario establece que bajo condiciones actuales los valores de producción asociados a la adaptación y mortandad del camarón permiten mantener los valores actuales de producción; para ello se emplearon los parámetros utilizados en la corrida del escenario actual mismos que tienen los siguientes valores expresados porcentualmente: *Tasa_mort_por_adaptacion=0.15; Tasa_de_mortalidad_por_enfermedad = 0.1 (las cantidades son expresadas en porcentaje, por ejemplo: “Tasa_mort_por_adaptacion=15%”)*. La Tabla 3 presenta los resultados del eslabón de abastecimiento.

Tabla 3: Resultados de Una Corrida en Simulación Dinámica del Eslabón de Abastecimiento del Cultivo de Camarón Hasta Su Entrega a Interesados Con la Hipótesis del Escenario Actual

Días	FSLarvas	FEMaternidad	FEPrecria	FEEngorda	Extracción y Valoracion	Recepción Empresas	Salida Informal
0	792,000	0	0	0	0	0	0
8	0	792,000	0	0	0	0	0
15	0	0	673,200	0	0	0	0
30	0	0	0	639,540	0	0	0
120	0	0	0	0	6,907	0	0
121	0	0	0	0	0	5,387	1,382
122	0	0	0	0	0	0	0

En el inicio del cultivo comienza desde el día 0 y continua con diferentes pautas de tiempo hasta que es cosechado. Nótese en la columna de “extracción y valoración”, que es donde ocurre la cosecha, hay un cambio considerable en la cantidad registrada. Esto es porque hasta la parte de engorda las cantidades eran administradas en unidades de larvas y al momento de la valoración de la cosecha se registra en kilogramos de camarón disponible, FE se refiere a flujo de entrada; FS, es flujo de salida. Fuente: elaboración propia (2014).

Al simular, aún cuando se inicie con una cantidad definida de 800,000 larvas, sólo entran al sistema de crecimiento 792,000 de ellas. Posteriormente continua esa cantidad a la siguiente actividad, y es hasta la siguiente variable, denominada “FEPrecria” donde se observa un cambio, lo cual significa que el camarón fue afectado por algún factor de riesgo característico de la etapa, generando un resultado de 673,200.00 larvas. La simulación muestra que es en la etapa de engorda donde hay un tiempo dependiente y considerable para las empresas empacadoras e interesados ya que consta de 90 días de crecimiento del camarón. Es ahí cuando se aplica una conversión a kilogramos en el registro de camarón que se tiene, lo que significa que de tener en la etapa de “FEEngorda” 639,540.00 unidades de camarón joven, pasan a registrarse en “Extracción y valoración con 6,907.03 kilogramos camarón, lo que equivale también a 6.907 toneladas. Hasta este punto se ha demostrado el desempeño del eslabón de abastecimiento del camarón.

Por otro lado, en la Tabla 3, se muestra que es a partir del día 121 cuando se inicia con la recepción de 5,387 Kg de camarón mismo que es clasificado por tallas, la simulación muestra que en el período 124 se tiene que la mayor cantidad es la de camarón en talla mediana con 4,995 kg y en menor magnitud el camarón de talla chica con 262 kg mismos que pasan a forma parte del inventario en el período 128 para ser posteriormente distribuidos hacia los diferentes clientes a destinos locales y extranjeros.

Tabla 4. Resultados de Una Corrida en Simulación Dinámica del Proceso Productivo del Eslabón de Producción de Principio a Fin

Días	Recepción Empresa	Selección por Tallas	FEChico	FEMediano	Inventario Final ch	Inventario final m
1	0	0	0	0	0	0
121	5,387	0	0	0	0	0
124	0	5,258	262.9	4,995	0	0
128	0	0	0	0	262.9	4,995
135	0	0	0	0	0	0

Es importante entender que las cantidades mostradas están expresadas en kilogramos y seguir la relación que existe entre el inicio de este eslabón de producción con el final del eslabón de abastecimiento en la columna de “recepción de empresa” ya que el resultado final de este último se identifica al inicio de la Tabla 4. Las siglas ch y m se refieren al producto camarón en tallas chicas y medianas en inventario respectivamente. Fuente: elaboración propia (2014).

A continuación, en la Tabla 5, se presentan los datos del eslabón de distribución de la cadena de suministro del camarón blanco. En esta tabla se observa que los inventarios de talla chica y mediana son colocados en los mercados mayoristas y minoristas, se observa como en el períodos 129 se hacen entregas por poco más de 2,290 kg y 1,405 kg respectivamente. Es importante observar que todos los eslabones de acuerdo al modelo de dinámica de sistemas están conectados, en este sentido es posible evaluar todo el desempeño de la cadena de suministro.

Tabla 5. Resultados de Una Corrida Con Simulación Dinámica del Proceso Productivo del Eslabón de Distribución de Principio a Fin

Días	Inventario Final ch	Inventario Final m	Comercialización Local ch	Enlace Comlocal m	Registro Exportación	Existencia Local	Registro May	Registro Min
1	0	0	0	0	0	0	0	0
122	0	0	0	0	0	1,381	693.8	687.7
128	262.9	4,995	209.8	3,487	1,551	0	0	0
129	0	0	0	0	0	3,697	2,291	1405.7
135	0	0	0	0	0	0	0	0

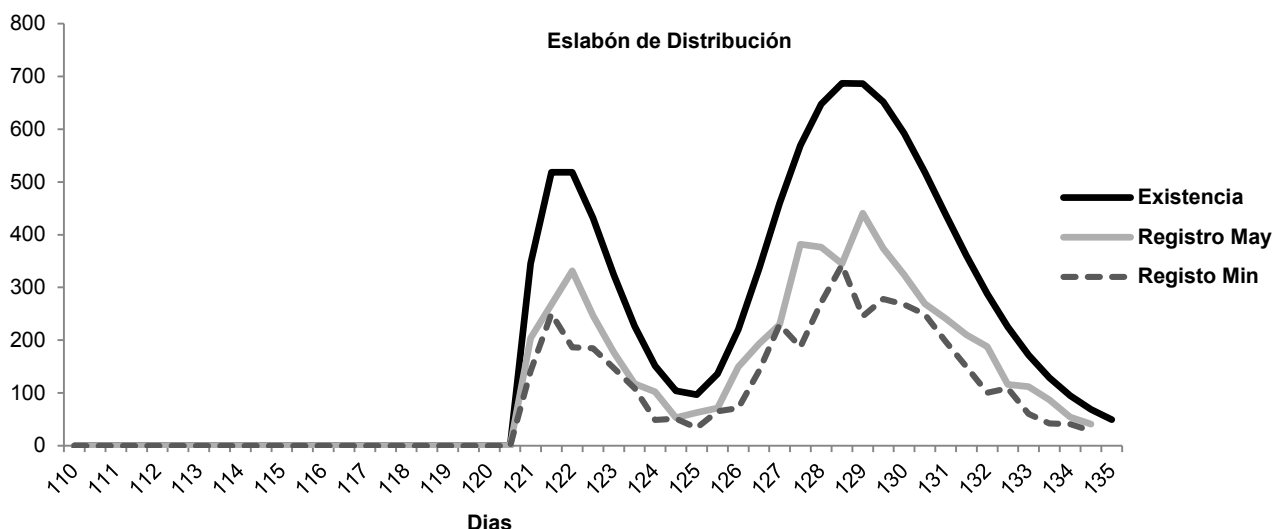
Es importante entender que las cantidades mostradas están expresadas en kilogramos y es seguir la relación que existe entre el inicio de este eslabón de distribución con el final del eslabón de producción en las dos primeras columnas de “Inventario final ch” e “Inventario final m” ya que el resultado final de este último se identifica al inicio de la Tabla 4 para ambos inventarios que permiten conectar con la información de las variables de comercialización hasta la de registros de entregas para clientes mayoristas (May) y minoristas (Min) representadas en las variables de Registro May, Registro Min, respectivamente. Fuente: elaboración propia (2014).

Este último eslabón que corresponde a la distribución del camarón en la cadena de suministro permite observar la relación con la cantidad de camarón registrada desde su cosecha hasta su destino por medio de la entregas a clientes. Cuando el nivel llamado “Cosecha” se activa al captar una cantidad de camarón listo para ser movido a la siguiente etapa, interviene un flujo denominado “Salida informal”. Este flujo se encarga de dar salida a una cierta cantidad de camarón controlada por un parámetro específico registrándola de manera “informal” que llega directamente a registrarse al nivel llamado “Existencia local” (Tabla 4) que es donde se encuentra todo el camarón (sin importar tallas) y que esta disponible para la comercialización local. El flujo de “Salida informal” de la Tabla 2, actúa anticipadamente al eslabón de producción y es responsable de generar cantidades de camarón en el día 122, el eslabón de distribución registró actividad hasta los días 128 y 129 en los indicadores de existencia local, clientes mayoristas y minoristas definidos como variables *Reg Min* y *Reg May* (Tabla 3).

La salida informal se caracteriza principalmente por actuar de forma directa con el cliente final en la mayoría de los casos. Por el contrario, el eslabón de producción actúa de manera formal al funcionar todas aquellas Pymes empacadoras de camarón bajo contratos de compra y encargadas de poner a disposición el camarón con mayor presentación para ser comercializado localmente, e incluso, exportarlo.

La gráfica de la Figura 7, muestra la simulación del eslabón de distribución en 135 períodos que dura la simulación, observándose que las tendencias en comportamiento se dan a partir del período 122 cuando se tienen registros del producto para su distribución a clientes mayoristas y minoristas (*Reg Min* y *Reg May*). El proceso de distribución parte de que se tiene camarón en existencia para iniciar la distribución a los clientes mayoristas y minoristas, observándose patrones de comportamiento de tipo oscilatorio debido a demandas por parte de cada uno de los clientes.

Figura 7: Representación Gráfica del Comportamiento de la Parte Final de la Estructura del Eslabón de Distribución.



Es importante apreciar como actúan los flujos de “Registro May” y “Registro Min” que refieren a mayoristas y minoristas sobre el nivel de “Existencia local. Estos flujos actúan casi en el mismo tiempo que la variable: “Existencia local” capta la cantidad de camarón recibida. La cantidad final que registre “Existencia local” debe hacer relación exacta con la suma de la cantidad que demuestren las variables: “Registro May” y “Registro Min”(Registro Mayorista y Minorista). La simulación se basa en los datos de la Tabla 3 que esta correlacionada con la Tabla 2. Fuente: elaboración propia, 2014

De la corrida realizada en el escenario actual se obtiene una cosecha de 6,907.03 kilogramos en total. Esta cantidad de camarón logrado por medio del sistema productivo del eslabón de abastecimiento es dirigido a través del eslabón de producción hasta repartirse por diferentes canales en el eslabón de distribución, donde se encuentra con un lote de forma anticipada que proviene de la llamada “Salida informal”. Esta ventaja es percibida desde el nivel de “Existencia local” en adelante, que funciona como concentrador de todo el camarón producido en una cosecha sin importar las tallas. Se realizó una sumatoria mostrada en la Tabla 6.

Tabla 6: Resultados Para Relación Con la Cosecha Obtenida en Un Escenario Actual

Días	Hub Camarón Exportación	Mayoristas	Minoristas	TOTAL
0	0	0	0	0
123	0	693.8	687.7	1,381
129	1,551.16	0	0	1,551
130	0	2,290	1,405.7	3,697
	TOTAL			6,629
	Relación con cosecha			6,907
	Diferencia			278.0

Las cantidades manejadas están expresadas en kilogramos de camarón. Como se demuestra en la Tabla 5, la suma de las cantidades de las tres columnas señaladas en los dos diferentes tiempos da un total de 6,629.06 kilogramos de camarón. Si esta cantidad es restada al total de la cosecha obtenida que fue de 6,907.03 kilogramos de camarón se obtiene como resultado 277.97 kilogramos de camarón sobrantes. Fuente: elaboración propia (2014).

Esta última cantidad de camarón se refiere directamente a todos los desvíos y mermas a lo largo de la cadena de suministro hasta los interesados principales “Mayoristas” conformados por tiendas, mercados y restaurantes y “Minoristas” que tratan directamente con el consumidor. Para el cierre del escenario actual, se obtuvo de una entrada inicial de 800,000 unidades de larvas una cosecha de 6,907.03 kilogramos de camarón en bruto, y finalmente se registro un total de 6,629.06 kilogramos de camarón procesado y distribuido por Pymes dedicadas al uso del producto, en un total de 130 días.

Escenario Pesimista

Un escenario pesimista, es algo que propende a ver y juzgar las cosas por el lado más desfavorable, en dicho escenario se modificaron los parámetros señalados en el escenario anterior (actual), de una manera “pesimista” con el objetivo de generar resultados negativos en relación a los que muestra el escenario actual del CETT 910. La hipótesis dinámica, establece que bajo condiciones pesimistas, los valores de producción en la adaptación y mortandad del camarón tienen un efecto negativo en la producción del camarón, los parámetros utilizados en la corrida del escenario pesimista tienen los siguientes valores: *Tasa_mort_por_adaptacion=0.6*; *Tasa_de_mortalidad_por_enfermedad =0.9* (las cantidades son expresadas en porcentaje, por ejemplo: “*Tasa_mort_por_adaptacion=60%*”). Para el desarrollo del escenario pesimista solamente se ejecutaron corridas de simulación dinámica para la obtención de datos duros finales que reflejen los efectos de los parámetros modificados según la configuración del escenario. Los resultados son mostrados en la Tabla 7.

Tabla 7: Resultados Para Relación Con la Cosecha Obtenida en Un Escenario Pesimista

Días	Hub Camarón Exportación	Mayoristas	Minoristas	TOTAL
0	0	0	0	0
123	0	36.27	35.96	72.23
129	81.11	0	0	81.11
130	0	119.78	73.50	193.28
	TOTAL			346.62
		Relación con Cosecha		361.15
	Diferencia			14.53

Las cantidades están expresadas en kilogramos de camarón. la suma de las cantidades de las tres columnas señaladas en los dos diferentes tiempos da un total de 346.62 kilogramos de camarón. Si esta cantidad es restada al total de la cosecha obtenida que fue de 361.15 kilogramos de camarón tenemos como resultado 14.53 kilogramos de camarón sobrantes. Fuente: elaboración propia (2014).

Esta última cantidad de camarón se refiere directamente a todos los desvíos y mermas a lo largo de la cadena de suministro hasta los interesados principales “Mayoristas” que se conforman por tiendas, mercados y restaurantes, por otro lado esta el de “Minoristas” que tratan directamente el producto camarón con el consumidor. Para el cierre del escenario pesimista, se obtuvo de una entrada inicial de 800,000 unidades de larvas una cosecha de 361.15 kilogramos de camarón en “bruto”, y finalmente se registro un total de 346.62 kilogramos de camarón procesado y distribuido por Pymes dedicadas en un total de 130 días.

Escenario Optimista

Un escenario optimista es algo que propende a ver y juzgar las cosas en su aspecto más favorable. En este caso, para dicho escenario se modificaron los mismos parámetros anteriores, de una manera “optimista” con el objetivo de generar resultados positivos en relación a los que muestra el escenario actual del CETT 910. La hipótesis dinámica establece que bajo condiciones actuales los valores de producción que se asocian a un escenario optimista son la adaptación y mortandad del camarón relacionada con los parámetros utilizados en la corrida tienen los siguientes valores: *Tasa_mort_por_adaptacion=0.05*; *Tasa_de_mortalidad_por_enfermedad=0.05* (las cantidades son expresadas en porcentaje, por ejemplo:

“Tasa_mort_por adaptacion=5%”). Para el desarrollo del escenario optimista, solamente se ejecutaron corridas de simulación dinámica para la obtención de datos, mismos que se muestran en la Tabla 7.

Tabla 8: Resultados Para Relación Con la Cosecha Obtenida en Un Escenario Optimista

Días	Hub camarón exportación	Mayoristas	Minoristas	TOTAL
0	0	0	0	0
123	0	818.45	811.3	1,630
129	1,830	0	0	1,830
130	0	2,702	1,658	4,362
	TOTAL			7,822
	Relación con Cosecha			8,148
	Diferencia			327.9

Las cantidades están expresadas en kilogramos de camarón. Como se demuestra en la Tabla 8, la suma de las cantidades de las tres columnas señaladas en los dos diferentes tiempos da un total de 7,820.57 kilogramos de camarón. Si esta cantidad es restada al total de la cosecha obtenida que fue de 8,148.49 kilogramos de camarón tenemos como resultado 327.92 kilogramos de camarón sobrantes. Fuente: elaboración propia (2014).

Esta última cantidad de camarón se refiere directamente a todos los desvíos y mermas a lo largo de la cadena de suministro hasta los interesados principales “Mayoristas” que son formados por tiendas, mercados y restaurantes y “Minoristas” que tratan directamente con el consumidor. Para el cierre del escenario pesimista, se obtuvo de una entrada inicial de 800,000 unidades de larvas una cosecha de 8,148.49 kilogramos de camarón en “bruto”, y finalmente se registro un total de 7,820.57 kilogramos de camarón procesado y distribuido por Pymes dedicadas en un total de 130 días. A manera de resumen se presenta un ejemplo con los datos que se logran, haciendo énfasis en el período 121 que se estima es donde se concluye el segundo ciclo de cosecha; se han considerado por cada eslabón al menos una variable de nivel dado que es la parte donde se acumulan las toneladas de camarón en un tiempo n+1, este comportamiento se observa en la Tabla 9.

Tabla 9: Análisis de Cinco Variables de Nivel Representadas en Cada Eslabón de la Cadena de Suministro del Producto Camarón Blanco de Agua Dulce

TIEMPO	ENGORDA	COSECHA	EXISTENCIA	MAYORISTAS	MINORISTAS	INVENTARIOS
119	639,540	0	0	0	0	0
120	319,770	3,453	0	0	0	0
121*	79,942	2,590	518.0	101.9	70.75	0
122	39,971	1,726	518.0	184.9	160.4	336.7

La información presentada a manera de resumen sobre los días en los que inicia la cosecha del camarón después de pasar por un proceso de engorda muestra los datos del día 119 con las 639,540 kg, meta de los dos ciclos estimados; en el período 121 se cuenta con 79.943 kg de camarón y solamente se logran cosechar 518 kg los cuales se reparten de diferentes formas, se muestra a manera de ejemplo lo que se entrega a los mayoristas y minoristas y lo que queda en inventario para el período 122. Fuente: elaboración propia (2014)

Para cerrar el apartado de escenarios, se realizó un análisis comparativo para observar las diferencias entre cada escenario y estudiar los comportamientos de desempeño del camarón en su cadena de suministro, mostrados en las Tabla 10 y 11.

Tabla 10: Análisis Comparativo Por Escenarios A

ESCENARIOS	Actual	Pesimista	Optimista
Total captado	6,629	346.6	7,820
Relación con cosecha	6,907	361.15	8,148
Diferencia	278.0	14.53	327.9

Este análisis comparativo muestra las cantidades en kilogramos de camarón de cada uno de los tres escenarios simulados desde la cosecha hasta el total de camarón captado que ha sido procesado y distribuido por las Pymes. Los parámetros empleados para cada escenario son: Actual: Tasa_mort_por adaptacion=15%; Tasa_de mortalidad_por enfermedad=10%; para el escenario Pesimista: Tasa_mort_por adaptacion=60%; Tasa_de mortalidad_por enfermedad=90%; y para el escenario optimista: Tasa_mort_por adaptacion=5%; Tasa_de mortalidad_por enfermedad= 5%. Fuente: elaboración propia (2014).

Tabla 11: Análisis Comparativo Por Escenarios B

ESCENARIOS	Actual	Pesimista	Optimista
Total captado	6,629	94.77% (-)	17.97% (+)
Relación con cosecha	6907	94.72% (-)	17.97% (+)
Diferencia	278.0	94.77% (-)	17.97% (+)

Este análisis comparativo muestra las cantidades en kilogramos de camarón del escenario actual y en base a ese resultado se observa el decremento o incremento porcentual (%) que se tuvo en los escenarios pesimista y optimista respectivamente, desde la cosecha hasta el total de camarón captado que ha sido procesado y distribuido por las Pymes. Fuente: elaboración propia (2014).

Validación del Modelo de la Cadena de Suministro del Camarón

Para dar validez a los resultados del proyecto específico se llevó a cabo una reunión con el responsable de la gestión y dirección del CETT 910, en el Departamento de Acuicultura en ITSON (campo experimental donde se realizaron los estudios correspondientes al proyecto), quien atendió la presentación de los resultados mostrados durante la exposición de los datos arrojados por el modelo de dinámica de sistemas en sus tres escenarios anteriormente expuestos y asociado a la práctica de cultivo de camarón en agua dulce (caso particularmente estudiado por su relevancia al ser una oportunidad de investigación que actualmente desarrolla el Centro de Estudios).

Esto se realizó con el fin de consolidar los resultados base que pertenecen al eslabón de abastecimiento, que es donde se encuentran determinadas variables, y parámetros que fueron identificados como críticos y que pueden causar cambios radicales en el comportamiento y desempeño general de la cadena de suministro modelada. Los datos y parámetros presentados, así como la estructura del modelo de la cadena de suministro del camarón fueron validados al confirmar el grado de precisión obtenido por el modelo al compararse con la información real que registraron en las últimas actividades de cultivo del camarón de agua dulce por parte del CETT 910.

Además, se comentaron ciertos puntos importantes entre la estructura y el comportamiento de los tres eslabones de la cadena de suministro (abastecimiento, producción y distribución). De inicio, se realizó una crítica al distinguir las diferentes actividades y estructura que conforma al eslabón de abastecimiento, siendo este flexible a cambios en el proceso de producción de camarón, así como los parámetros que están presentes para el mismo eslabón donde se sugirieron diferentes valores para actualizar los utilizados en los resultados mostrados. De igual forma, se sugirió que al mostrar los resultados de “Cosecha” se tenga la alternativa de ver el total de superficie sembrada equivalente al total de kilogramos obtenidos.

CONCLUSIONES

El proyecto inicio partiendo del requerimiento de crear un modelo que permitiera evaluar el desempeño de la cadena de suministro para productos en frío, en este caso el camarón blanco que es cultivado en agua dulce cultivado en el CETT 910 de una institución de Educación Superior, en el estado de Sonora, en México, a su vez fue un reto y un tema de oportunidad de mejora, ya que existe una numerosa cantidad de variables que afectan (positiva o negativamente) directa o indirectamente la producción y conservación del camarón blanco de agua dulce a lo largo de los procesos de abastecimiento, producción y distribución hasta que llega a las manos del cliente final en óptimas condiciones para su consumo. El estudio se limitó a estudiar solamente el producto camarón que es cultivado en agua dulce en una capacidad de producción por cosecha en los 135 días que dura el ciclo de 3 toneladas en un ambiente hiperintensivo con 300 camarones por metro cuadrado que es cultivado para fines de investigación por parte del CETT 910, el modelo se ha simulado para dos ciclos.

La principal contribución a la literatura al realizar esta investigación es referida a la implementación de las cinco etapas aplicadas a la cadena de suministro en un producto regional, sobre la metodología original

planteada por el profesor Jay Forrester del Instituto Tecnológico de Massachusetts, que incluye generalmente cuatro fases (conceptualización, formulación, simulación y análisis de sensibilidad), las dos etapas que se incluyeron tienen que ver con el análisis del contexto y desarrollo del flujo de procesos.

Otra contribución importante desde el punto de vista práctico, es que el modelo también tiene la capacidad de dar a conocer un panorama general sobre la cadena de suministro para el camarón cultivado en agua dulce, arrojando datos duros sobre cada una de las etapas, puesto que las variables son cruciales y pueden cambiar y afectar de forma directa todo el sistema bajo estudio, en este caso permitió visualizar las tendencias que dichas actividades tuvieron con una tasa de ingreso ya fijada o proporcionada por la demanda del cliente.

Por otro lado, esta propuesta permitió cumplir con el objetivo planteado al contar con un modelo de uso generalizado para el apoyo en la toma de decisiones complejas, en un producto que es de alta demanda en la región sur de Sonora, para el centro de investigación actual u otros más que se dedican a la crianza y producción del camarón blanco cultivado en agua dulce, dando con ello respuesta al problema planteado inicialmente por un lado para el CETT 910 y por otro para granjas que así lo requieran.

Los resultados de este modelo pudieran ser utilizados también para futuras investigaciones en el tema de la comercialización y de otro tipo de prácticas de siembra de camarón como el que se realiza en agua marina, para la primera parte se explotaría fuertemente el tema de comercialización teniendo como base un estudio de mercado que permita dar continuidad a los productores de camarón de la región y del estado, así como también a las Pymes empacadoras y comercializadoras para desarrollar estrategias de comercio locales y de exportación, finalmente es importante resaltar que el empleo de la simulación dinámica permitiría observar los diferentes modos de comportamiento en un modelo bajo ciertas condiciones y es un elemento más de apoyo a la toma de decisiones de las partes interesadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anuario Estadístico Municipal de Cajeme . (2008). Recuperado el 2014, de http://obson.files.wordpress.com/2009/09/aem_2008-21_de_agosto_2009_v1.pdf
- Aracil, J. (1995). *Dinámica de sistemas*. Madrid: Alianza Editorial
- Aracil, J., & Gordillo, F. (1997). *Dinámica de Sistemas*. Madrid: Alianza Editorial.
- Arvis, J., Savslasky, D., Ojala, L., Shepherd, B., Busch, C., & Raj, A. (2014). *Connecting to compete 2014, trade logistics in the global economy*. The World Bank. Washington DC: The World Bank.
- Ballou, R. H. (2004). *Logística: administración de la cadena de suministro*. México: PEARSON. www.infoserca.gob.mx/claridades/revistas/214/ca214-21.pdf
- Cadena de Frío. (2014). Recuperado el 2014, de <http://www.cadenadefrio.gob.pa/Preguntas-Frecuentes#preg1>
- Cervantes, A., Chiappa, X., & Simoes, N. (2007). *Manual práctico de Stella, software de modelación dinámica*. Recuperado el 19 de Octubre de 2014, de http://190.254.1.202/ingenieria/DCTOS_SIMULACION/manual_ithink.pdf
- CONAPESCA. (2007). Recuperado el Septiembre de 2014, de Secretaría de agricultura ganadería, desarrollo rural, pesca, y alimentación.: <http://www.conapesca.gob.mx/wb/>

Crone, S. (s/f). *Distribución y logística*. Recuperado el 2014, de <http://www.distribucion-y-logistica.com/logistica/definiciones/logistica-definicion.html>

Forrester, J. (1981). *Dinámica industrial*. Buenos Aires, Argentina: El ateneo.

INEGI. (2011). Recuperado el 2014, de Instituto Nacional de Estadística y Geografía: <http://www.inegi.org.mx>

Iñaki, C. (2010). Obtenido de <http://www.ehu.es/i.morlan/tesis/memoria/TesisIMcompleta.pdf>

Largarda, E., Coronado, E., Portugal, J., & Cinco, J. (2013). *Grupo Latinoamericano de Dinámica de Sistemas*. Recuperado el 4 de 5 de 2014, de XI Congreso Latinoamericano de Dinámica de Sistemas: <http://www.onceclads.com>

Ochoa, S., & Limón, L. (2014). *Identidad, estrategia y desempeño organizacional. Una aproximación teórico-práctica al estudio de las PYMES*. (I. U. ITSON, Ed.)

Ogilvy, J. (2006). *Education in the information age:scenarios, equality and equality*. Barkeley, CA, USA: GBN.

Pelayo, M. (18 de Diciembre de 2008). *Erouski Consumer*. Recuperado el 09 de marzo de 2014, de <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/sociedad-y-consumo/2008/12/18/182212.php#rc-cabecera-container>

Ramírez, S. (2010). *Modelización de una cadena de abastecimiento (supply chain) para el sector textil-confeccion en el entorno colombiano*. Universida Nacional de Colombia, Facultad de Minas. Medellín: UNC.

SAGARPA. (12 de 12 de 2009). *SAGARPA*. Recuperado el 22 de 11 de 2014, de http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/Estudios_promercado/CAMARONCONGELADO.pdf

Sandoval & Moreno. (01 de Noviembre de 2011). *Almacenamientolog*. Recuperado el 05 de octubre de 2014, de <http://cristiandavid05200.wix.com/logistica#!almacenamiento/cvxo>

Schwab, K. (2014). *The Global Competitiveness Report 2013-2014*. World Economic Forum, Comitted to improve the state of the world. Paris: OCDE.

Schwartz, P. (1991). *The art of the long view, planning for the future in an uncertain world*. New York, NY, USA: Currency Doubleday.

Taha, H. (2004). *Investigacion de operaciones*. Mexico: PEARSON EDUCACION.

Tseng, Y., Wang, W., & Weiyang, M. (2012). *A System Dynamics Model of Evolving Supply Chain Relationships and Inter-firm Trust*. Tunghai University, Taiwan, Business Administration. Massachussets: System Dynamics .

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece el financiamiento para este proyecto por parte del ITSON, de igual forma y como parte de la Red Temática de Investigación en "Sistemas de Transporte y Logística", el autor agradece el apoyo

recibido a través del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México (CONACYT) a través del programa de “Redes Temáticas de Investigación”. Al mismo tiempo, se agradece la determinación y esfuerzo de la Asociación Mexicana de Logística y Cadena de Suministro, A.C. [AML] y del Instituto Mexicano del Transporte [IMT] para el desarrollo de la internacionalmente reconocida plataforma de colaboración que es actualmente el Congreso Internacional de Logística y Cadena de Suministro [CiLOG]. Asimismo se agradecen los comentarios y observaciones de los evaluadores del IBFR para la mejora y calidad de esta investigación

BIOGRAFÍA

Ernesto Alonso Lagarda Leyva, es Doctor en Planeación Estratégica para la Mejora del Desempeño, por el Instituto Tecnológico de Sonora, adscrito al Departamento de Ingeniería Industrial y Miembro del Cuerpo Académico de Cadenas Productivas, así como Responsable de la Maestría en Ingeniería en Logística y Calidad, miembro activo de la Red temática de investigación en “Sistemas de Transporte y Logística” y del Grupo de Dinámica de Sistemas Latinoamericano; se puede contactar con el Departamento de Ingeniería Industrial, en el Instituto Tecnológico de Sonora, Calle 5 de Febrero 818 Sur, Colonia Centro, C.P. 85000 en Cd. Obregón, Sonora, México. Correo electrónico: ernesto.lagarda@itson.edu.mx

