

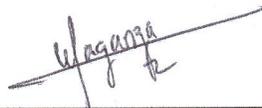
Ciudad Obregón, Sonora, a 28 de Febrero de 2014.

Instituto Tecnológico de Sonora  
P r e s e n t e.

El que suscribe **Héctor Manuel Vaganza Lara**, por medio del presente manifiesto bajo protesta de decir verdad, que soy autor y titular de los derechos de propiedad intelectual tanto morales como patrimoniales, sobre la obra titulada **“Mejora de un modelo de distribución de tomate rojo”**, en lo sucesivo **“LA OBRA”**, misma que constituye el trabajo de tesis que desarrolle para obtener el grado de **Ingeniero Industrial y de Sistema** en ésta casa de estudios, y en tal carácter autorizo al Instituto Tecnológico de Sonora, en adelante **“EL INSTITUTO”**, para que efectúe la divulgación, publicación, comunicación pública, distribución y reproducción, así como la digitalización de la misma, con fines académicos o propios del objeto del Instituto, es decir, sin fines de lucro, por lo que la presente autorización la extiendo de forma gratuita.

Para efectos de lo anterior, **EL INSTITUTO** deberá reconocer en todo momento mi autoría y otorgarme el crédito correspondiente en todas las actividades mencionadas anteriormente de **LA OBRA**.

De igual forma, libero de toda responsabilidad a **EL INSTITUTO** por cualquier demanda o reclamación que se llegase a formular por cualquier persona, física o moral, que se considere con derechos sobre los resultados derivados de la presente autorización, o por cualquier violación a los derechos de autor y propiedad intelectual que cometa el suscrito frente a terceros con motivo de la presente autorización y del contenido mismo de la obra.



---

**Héctor Manuel Vaganza Lara**

6011

Ciudad Obregón, Sonora, a 28 de Febrero de 2014.

Instituto Tecnológico de Sonora  
P r e s e n t e.

El que suscribe **Martín Joel Valenzuela López**, por medio del presente manifiesto bajo protesta de decir verdad, que soy autor y titular de los derechos de propiedad intelectual tanto morales como patrimoniales, sobre la obra titulada **“Mejora de un modelo de distribución de tomate rojo”**, en lo sucesivo **“LA OBRA”**, misma que constituye el trabajo de tesis que desarrolle para obtener el grado de **Ingeniero Industrial y de Sistema** en ésta casa de estudios, y en tal carácter autorizo al Instituto Tecnológico de Sonora, en adelante **“EL INSTITUTO”**, para que efectúe la divulgación, publicación, comunicación pública, distribución y reproducción, así como la digitalización de la misma, con fines académicos o propios del objeto del Instituto, es decir, sin fines de lucro, por lo que la presente autorización la extiendo de forma gratuita.

Para efectos de lo anterior, **EL INSTITUTO** deberá reconocer en todo momento mi autoría y otorgarme el crédito correspondiente en todas las actividades mencionadas anteriormente de **LA OBRA**.

De igual forma, libero de toda responsabilidad a **EL INSTITUTO** por cualquier demanda o reclamación que se llegase a formular por cualquier persona, física o moral, que se considere con derechos sobre los resultados derivados de la presente autorización, o por cualquier violación a los derechos de autor y propiedad intelectual que cometa el suscrito frente a terceros con motivo de la presente autorización y del contenido mismo de la obra.

  
\_\_\_\_\_  
**Martín Joel Valenzuela López**



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA  
Educar para Trascender

# “Mejora de un modelo de distribución de tomate rojo”

TESIS  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS

Presentan

Héctor Manuel Vaganza Lara  
Martín Joel Valenzuela López

Ciudad Obregón, Sonora

Febrero 2014



*A Dios, quien me ha guiado en cada paso a lo largo de este camino, dándome fortaleza para seguir adelante y permitirme compartir este logro con las personas que más aprecio.*

*A mis padres, con todo mi amor para ustedes que hicieron esto posible. Por su esfuerzo que en conjunto, lograron que yo pudiera lograr mis sueños motivándome a superar cada obstáculo.*

*A mis hermanas, quienes han compartido conmigo los momentos buenos y malos mostrando siempre su alegría y entusiasmo para realizar cualquier proyecto que se presente.*

*A mi novia, quien me ha inspirado, apoyado y motivado incondicionalmente para cumplir mis sueños, brindándome su cariño en todo momento, alegrando mis días grises y compartiendo los días felices caminando juntos hacia la misma dirección. Te Amo.*

*A mis abuelas, que aunque una de ellas ya no esté presente, llevaré el recuerdo siempre de sus consejos y su entusiasmo al verme en cada pequeño triunfo que tenía desde mi niñez, motivándome de esa manera a seguir creciendo para enorgullecer a la familia.*

*A mis tíos que de alguna manera han influido siempre en mi crecimiento personal y profesional con sus consejos motivándome a buscar siempre lo mejor.*

*A mis amigos, que sin necesidad de mencionarlos, saben cuán agradecido estoy por ser mis cómplices de tantas aventuras, con quienes he aprendido un sinnúmero de cosas que la escuela no nos enseña, pero que son necesarias para nuestro desarrollo personal y profesional. Por brindarme siempre su apoyo y creer en mí.*

*A mi compañero de tesis, con quien he aprendido a trabajar mejor en equipo, quien me ha acompañado en esta etapa tan importante como estudiantes y por su paciencia ante las adversidades presentadas a lo largo de este proyecto.*

*A mis compañeros, colegas con quien compartí las aulas de clase a lo largo de mis estudios, de quienes, de alguna manera, aprendí algo de cada uno de ellos y aligeraban la carga los días de estrés con sus risas.*

Héctor Manuel Vaganza Lara

A la mujer que ha estado ahí todo el tiempo, en las buenas y en las malas, mi Madre.

Martín Joel Valenzuela López

# Agradecimientos

A Dios, porque sus tiempos son perfectos y gracias a ello, pude culminar este proyecto de acuerdo a lo planeado con el resto de mis compañeros.

A mis padres, porque jamás encontraré una forma de agradecerles todo lo que han hecho por mí, este logro tiene más valor al hacerles saber que esto es de ustedes con todo mi corazón y mi agradecimiento.

A mi novia, quien me ayudó con este proyecto siendo mi brazo derecho, como uno de mis pilares más fuertes al apoyarme e inspirarme a ser mejor para ti, es por eso que también eres parte de esto.

A mi asesora de tesis, Mtra. Enedina Coronado, gracias por compartir los conocimientos necesarios para hacerme crecer como persona, estudiante y profesionalista, siempre dispuesta para sacar adelante este proyecto.

A mi revisor, Dr. Ernesto Lagarda, por sus enseñanzas y su disponibilidad para lograr el dominio del tema a utilizar en esta tesis.

Al Dr. Alejandro Arellano, quien me inspiró desde el 1er semestre a buscar la mejora continua en mi vida, quien me ha compartido tantos conocimientos como ingeniero, pero también me ha impulsado a dar el extra en todo lo que haga.

Al Mtro. Gilberto Oroz, por enseñarme sobre tantas cosas de la vida y de la ingeniería a lo largo de mi formación profesional.

Héctor Manuel Vaganza Lara

Agradezco a mis padres por el apoyo incondicional que me dieron a través de este largo proceso, así como mi familia por tener la confianza en mí.

A mis amigos y compañeros, por ayudarme a recorrer este proceso de una forma más pasadera, divertida y alegre.

Martin Joel Valenzuela López

## INDICE

LISTA DE TABLAS.....	2
LISTA DE FIGURAS .....	3
I. INTRODUCCIÓN .....	4
II. MARCO TEÓRICO.....	20
2.1.2 Concepto de Transporte.....	22
2.2 Programación por Metas.....	22
2.3.1 Definición general de Sistema.....	26
2.3.2 Concepto de Modelo .....	27
2.3.3 Validación de un Modelo .....	28
2.4 Marco referencial .....	28
2.4.1. Caso de recolección de basura.....	29
2.4.2 Caso de Cadena de abastecimiento para sector textil.....	30
III. MÉTODO.....	32
3.1 Objeto .....	32
3.2 Materiales .....	33
3.3 Procedimiento .....	33
IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	36
4.1 CONCEPTUALIZACIÓN DEL SISTEMA.....	36
4.2 Formulación del modelo.....	44
4.3 Análisis de sensibilidad.....	50
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	52
BIBLIOGRAFÍA .....	53

---

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Características principales de las Metodologías alternativas.....	25
Tabla 2 Descripción de las variables empleadas en el modelo.....	37
Tabla 3 Ecuaciones del Modelo de distribución del tomate. ....	45

---

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1. Principales países exportadores .....	7
Figura 2. Estados con mayor producción de tomate en México (Toneladas) .....	8
Figura 3 Escenario de distribución contra exportación de tomate.....	12
Figura 4 Nivel de producción de tomate en Cajeme .....	15
Figura 5. Nivel de tomate en los empaques agrícolas .....	16
Figura 6. Nivel de transportación de tomate .....	17
Figura 7 Diagrama Causal de distribución del tomate rojo.....	39
Figura 8 Diagrama Causal del Aprovisionamiento del tomate rojo .....	40
Figura 9 Diagrama Causal de Producción de tomate rojo.....	42
Figura 10 Diagrama Causal de Distribución del tomate rojo .....	43
Figura 11 Modelo Forrester de producción de tomate rojo .....	44
Figura 12 Cosecha de Tomate en el Valle del Yaqui. ....	47
Figura 13 Tomate del Valle del Yaqui exportado. ....	48
Figura 14 Tomate del Valle del Yaqui que permanece en México. ....	49
Figura 15 Costo total de transporte.....	50
Figura 16 Simulación 1 vs Simulación 2. ....	51

---

---

## I. INTRODUCCIÓN

---

---

El hacer una breve reseña sobre la situación que prevalece alrededor del problema a resolver y el objetivo que se quiere lograr en una investigación, se hace importante a fin de que el lector pueda entender las razones por las cuales se invierte esfuerzo para llegar a una propuesta de solución a la problemática identificada. Es por lo anterior que en el presente capítulo se da a conocer el tema a desarrollar, estudios que le preceden al mismo, área de oportunidad identificada, objetivo del proyecto y su justificación, mediante la cual se hace ver la importancia de la investigación, así como también se da a conocer las limitaciones y delimitaciones que permiten definir el alcance de la investigación.

---

## **1.1 Antecedentes**

En México se cuentan con numerosas ventajas que hasta el día de hoy, no han sido aprovechadas en su totalidad. Las empresas se esfuerzan día a día por encontrar mercados distintos, utilizando métodos diferentes para contar con clientes en el extranjero y lograr lo que en un inicio parecía imposible “exportar”. La exportación es utilizada para que las empresas puedan incrementar sus negocios y mercados, así como para dar a conocer su marca en el mundo. El comercio internacional ha tomado un mayor auge en los últimos años, haciendo de su importancia y crecimiento algo inminente. Llevar un producto al extranjero implica determinar si éste dispone de la calidad necesaria que los mercados solicitan, tal que, de no ser así, se identifiquen las mejoras que habrán de realizarse (ProMéxico, 2013).

De acuerdo con lo publicado por Castañeda (2013), en la revista *Negocios*, se tiene que durante la década de 2002-2012 el comercio mundial, sobre todo en el sector alimenticio, se vio afectado por fluctuaciones de precio, subsidios, movimientos en el tipo de cambio, acuerdos económicos y cambios en los ingresos y hábitos del consumidor, factores que han forzado a los países a buscar alternativas para satisfacer las necesidades de consumo de la población.

En esta misma publicación, se menciona que en el año 2012 los cuatro principales proveedores de hortalizas a Estados Unidos fueron México, Canadá, China y Perú, siendo México, entre todos ellos, el principal exportador, proporcionando el 60% del total de hortalizas que se consumen en el mercado Estadounidense. Ese mismo año, México exportó 85% de tomate rojo y el 67% de berenjenas, espárragos, apio y alcachofas, entre otras hortalizas demandadas por Estados Unidos que representan áreas de oportunidad para los productores mexicanos.

Otro de los puntos señalados en el artículo de Castañeda (2013), es el referente a factores climáticos, mismos que afectan el suministro de alimentos a nivel mundial,

---

haciendo de las actividades de importación una alternativa para garantizar el abastecimiento local. Hecho que ha colocado a México como el segundo mayor vendedor de alimentos a los Estados Unidos, esto después de Canadá.

Por otro lado, referente a información proporcionada por la Secretaría de Economía (SE), se tiene que entre el 2003 y 2007 las exportaciones agrícolas de México crecieron un 12% en promedio cada año, mientras la importación se incrementó en un 11%. Estrada (2013).

En el 2012, Estados Unidos importó 17.6 millones de dólares en alimentos frescos y procesados de México. Las principales categorías fueron hortalizas con 4.4 millones de dólares, frutas (excepto plátanos) 3.2 millones de dólares, vino y cerveza 1.8 millones de dólares y dulces (incluyendo el chocolate) 1 millón de dólares, cifras de acuerdo a información proporcionada por Global Trade Atlas (GTA por sus siglas en inglés) (GTA, 2013).

La Secretaría de Agricultura Ganadería desarrollo Rural Pesca y Alimentación (SAGARPA, 2010), señala que en México se dedican a la producción del tomate rojo alrededor de 50 mil productores, siendo los estados con mayor aportación de esta hortaliza Sinaloa, Baja California, Michoacán, Zacatecas y Jalisco, totalizando entre todos ellos el 68 por ciento de la producción nacional.

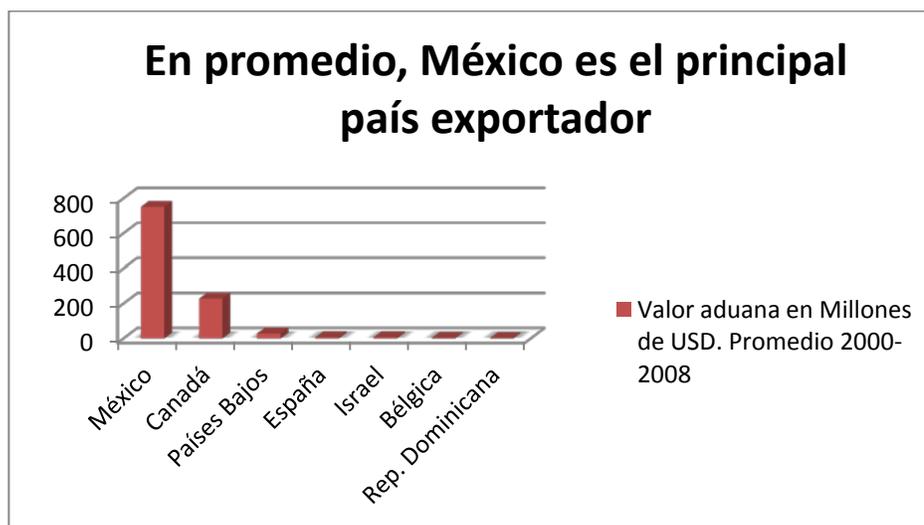
México es de los mayores productores de tomate a nivel mundial y el primero en exportación de dicho fruto. El cultivo, la cosecha y la comercialización del tomate genera millones de empleos de manera directa e indirecta, sin embargo, es una de las hortalizas que presenta mayores pérdidas, tanto por factores físicos como biológicos, siendo éstas de hasta un 50% del total de la producción, (BOMBELLI & WRIGHT, 2006).

El cultivo del tomate pertenece a los de mayor comercialización a nivel mundial, así como también al de mayor valor económico (INFOAGRO, 2011), su demanda aumenta continuamente y con ella el cultivo, producción y comercio. El incremento

anual de la producción de los años 2000 al 2009 se debe, principalmente, al aumento en el rendimiento y, en menor proporción, al aumento de la superficie cultivada (FAO, 2009).

Según SAGARPA (2010), México se encuentra en el décimo lugar a nivel mundial en la producción de tomate, sin embargo ocupa el primer lugar en exportación del fruto; su principal mercado es Norteamérica (Estados Unidos y Canadá) con 95%, tal y como se muestra en la figura 1.

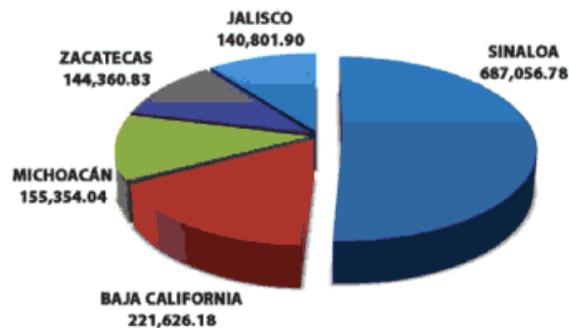
Figura 1. Principales países exportadores



Fuente: Elaboración propia, con información de “SAGARPA, (2010)”.

Con relación a los estados de México con mayor producción de tomate éstos han sido cambiantes, ya que en el 2010, según registros de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, pesca y alimentación (SAGARPA), eran otros los estados que aparecían como los mayores productores, entre ellos San Luis Potosí y Baja California Sur, siendo estos sustituidos por los que aparecen en los registros de la Secretaría de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) en el año 2011, mismos que se presentan en la siguiente figura.

Figura 2. Estados con mayor producción de tomate en México (Toneladas)



Fuente: (SIAP, 2011)

La oferta de tomate, en México, se considera sustentable ante una producción de dos millones de toneladas promedio al año, con cultivos activos de un poco más de 70 mil hectáreas dedicadas a sembrar este fruto. La mayor parte de lo que se produce en México, se exporta, según los datos obtenidos de la Secretaría de Agricultura (SAGARPA), un 65% de la producción total, y de esto un 95% es exportado a Estados Unidos.

De acuerdo a la información presentada en párrafos anteriores se establece que México es uno de los principales exportadores de tomate a Estados Unidos, sin embargo tal hecho no lo exime de posibles riesgos referentes al cierre de frontera, esto último se señala ante la situación vivida por productores mexicanos de tomate en Julio de 2012, fecha en la cual productores de tomate estadounidenses iniciaron una ofensiva ante el Departamento de Comercio de Estados Unidos (USDOC por sus siglas en inglés) para anular un acuerdo antidumping<sup>(1)</sup> con productores mexicanos de tomate por considerar que el convenio es injusto. (Jornada, 2012)

La ofensiva contra este producto mexicano data de varias décadas, y llegó a ser conocida como “la guerra del tomate”, ante lo cual el actual presidente del Sistema Producto Tomate de Sonora, señala que posiblemente son los intermediarios y no

---

los productores los que podrían estar vendiendo el cultivo a bajo precio (Jornada, 2012).

La asociación privada de productores de Florida, Florida Tomato Exchange (FTE por sus siglas en inglés), declaró que el Departamento de Comercio encontró que los productores mexicanos exportaban su tomate a Estados Unidos a un 188.5% por debajo del “valor justo” de mercado, por lo que solicitaban suspender la importación de tal producto por parte de los productores mexicanos a su país. Notimex, (Economista, 2012).

Ante la solicitud de la disolución del convenio, se emitió una resolución por parte del Departamento de Comercio, la cual fue la de suspender la petición hecha por Florida Tomato Exchange y negociar un acuerdo de suspensión con los productores y exportadores mexicanos.

Según el artículo publicado en CNNEXPANSION (2013), el acuerdo al que se llegó fue firmado por representantes de productores y exportadores de tomate mexicano, así como también por parte del Departamento de Comercio de Estados Unidos. En el mencionado acuerdo, se establecieron tres aspectos: cobertura, supervisión y precios de referencia del tomate, además de que obliga a todas las exportaciones a cumplir con estas normas.

El pacto provee un marco de estabilidad y certidumbre para los productores mexicanos quienes han invertido en los últimos 16 años grandes cantidades de dinero en el desarrollo de tecnología e innovación para posicionar al tomate mexicano como un producto muy competitivo y de calidad mundial. (CNNEXPANSION, 2013)

Una de las principales razones por las que los productores de tomate de México, pudieron mantenerse en el mercado americano, es debido a la calidad de su producto misma que marca su diferenciación como ventaja competitiva, además de su capacidad para entrar al mercado en el país extranjero. Según fuente de

---

CNNEXPANSION (2013), la venta de tomate mexicano en Estados Unidos alcanzó un valor superior a los 1,800 millones de dólares en el 2011.

Reho (2012), dice que hay factores que fueron decisivos para que el producto tomate, marcara la diferencia en su competitividad con tomates producidos localmente en Estados Unidos, así como también de aquellos importados de otros países. México tuvo que reforzar dichos factores:

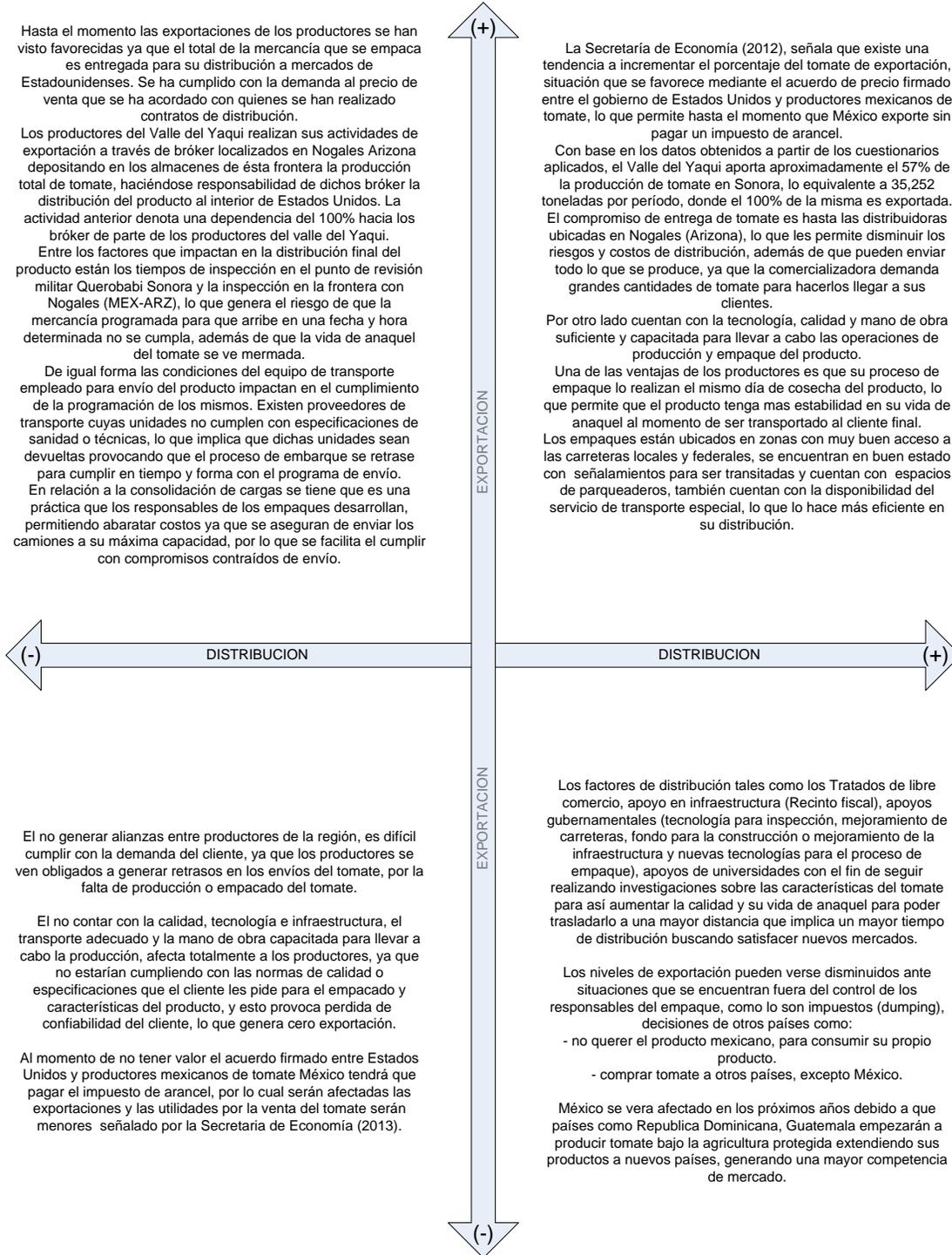
- *Calidad e inocuidad alimentaria*: Mejorar la calidad del producto a fin de poder reducir costos y por tanto ofrecer un producto a un menor precio.
- *Nichos de mercado*: Emplear herramientas de inteligencia de mercados que faciliten la retroalimentación de clientes y así orientar los esfuerzos de comercialización y venta a un mercado determinado.
- *Estrategia de país*: Identificar las oportunidades que el gobierno ofrece en relación al fortalecimiento de instituciones que apoyan al sector exportador, permitiendo ofrecer una marca nacional sinónimo de prestigio.
- *Precio competitivo*: Es un diferenciador fundamental con respecto a la competencia. Esto debido a que los costos de operación agrícola son bajos.

Como ya se mencionó, la posibilidad de que los productores mexicanos que exportan tomate a Estados Unidos se vean envueltos en conflictos como los ya descritos, es por esto que Gil y Valadez (2013), realizaron una investigación sobre la situación en la que se encuentran los productores de tomate del Municipio de Cajeme, Sonora.

El desarrollo de la investigación de Gil y Valadez (2013), está basada en la metodología propuesta Moya (1997), denominada Análisis de Escenarios, la cual se emplea para hacer previsiones en entornos complejos, permitiendo comparar los riesgos entre decisiones alternativas, justificándose uso en el hecho de considerar a la planificación por escenarios una herramienta poderosa debido a la incertidumbre que hay sobre el futuro.

Entre los principales resultados de tal proyecto se tiene la figura 3, misma que muestra, a través de cuatro cuadrantes, el análisis de los escenarios resultantes de la confrontación de distribución-exportación.

Figura 3 Escenario de distribución contra exportación de tomate



Fuente: Gil y Valadez (2013)

---

A través de la figura 3, se puede apreciar en el primer cuadrante el cual muestra un escenario optimista-optimista, que la tecnología y la infraestructura con la que cuentan los productores de tomates son favorables para la distribución y exportación del tomate pudiendo cumplir con los acuerdos que se contraen con los clientes de Estados Unidos.

Mientras que en el cuadrante 2, un escenario optimista para la exportación pero no para la distribución, se tiene que ésta última se ve afectada por los tiempos de inspección y algunos proveedores de equipo de transporte cuyas unidades no cumplen con las especificaciones de sanidad o algunos problemas técnicos lo que hace el retraso en la entrega del producto, pero aun así las exportaciones se siguen realizando, por la calidad del producto y la demanda de este.

Como tercer cuadrante aparece el pesimista-pesimista, en donde la distribución como la exportación son negativas debido a que los productores no generan alianzas para incrementar sus volúmenes de tomate empacado, lo que les desfavorece en no poder cumplir con la demanda, lo que provoca a la vez pérdida de confiabilidad del cliente generando menos exportaciones.

Como cuarto y último cuadrante aparece el optimista-pesimista, a pesar de que la distribución está siendo apoyada con nuevas tecnologías de inspección, mejoramiento de las carreteras y nuevas tecnologías para el proceso de empaque, las exportaciones se ven afectadas por no querer el producto mexicano para consumir su propio producto o comprar el tomate a otros países.

Tomando como base la investigación realizada donde se obtuvieron los escenarios presentados, (Cinco & Romero, 2013) continuaron con los resultados planteados analizando a través de una técnica llamada Dinámica de Sistemas, la cual es una metodología basada en el pensamiento sistémico para abordar situaciones complejas, aplicando la observación del todo y sus partes.

---

(Cinco & Romero, 2013) Definen la dinámica de sistemas como una herramienta de construcción de modelos de simulación con el objetivo básico de llegar a comprender las causas estructurales que provocan el comportamiento del sistema, permite la construcción de modelos tras un análisis cuidadoso de los elementos del sistema.

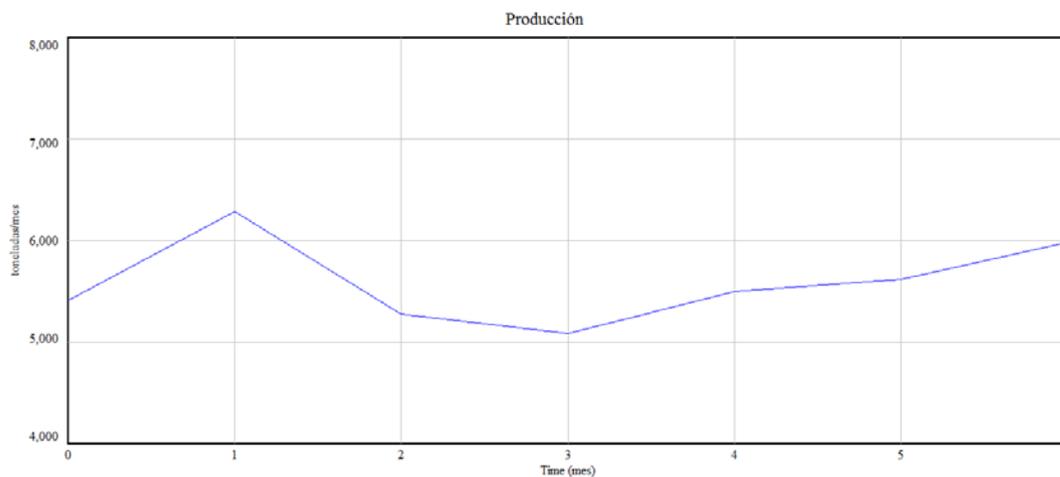
Partiendo de variables como demanda total, oferta, área sembrada en campo abierto, área sembrada en casa sombra, producción nacional, rendimiento, volumen a empacar, oferta nacional, oferta de exportación, demanda nacional y demanda internacional se consideraron de impacto en el comportamiento de la distribución del tomate ya que el cambio en el desempeño de cualquiera de ellas puede provocar que los objetivos no se logren.

Como resultado de la aplicación de la dinámica de sistemas con el modelo Forrester, (Cinco & Romero, 2013) , obtuvieron los siguientes datos:

Se obtuvieron tres figuras donde se puede observar el comportamiento esperado por un periodo de seis meses del nivel producción, la cantidad que se espera empacar y el nivel de transportación que se espera utilizar:

La figura 2 representa el total de toneladas de tomate rojo producido en el valle del Yaqui. Esta grafica simula la producción de tomate rojo que se obtiene según datos recaudados por (Gil & Valadez, 2013).

Figura 4 Nivel de producción de tomate en Cajeme

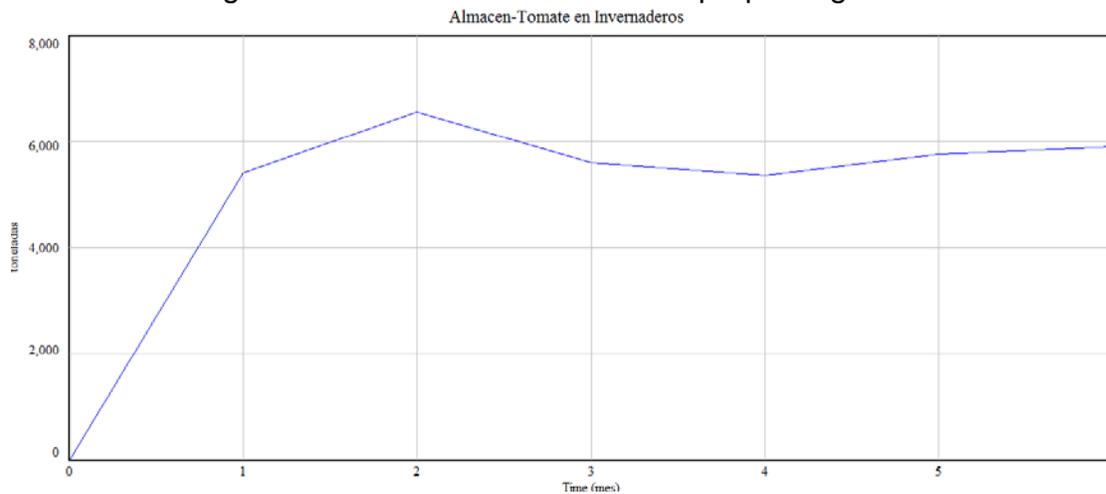


**Fuente:** (Cinco & Romero, 2013)

Considerando estos datos se puede predecir la cantidad de producto que pasara a los empaques agrícolas, para posteriormente realizar la actividad de empaque, esta información puede ser usada para que producción informe el nivel que esperan obtener, ya que los empaques agrícolas desconocen cuanto producto esperan obtener para procesar, debido a que actualmente estos operan sin ningún tipo de información de parte de producción.

La figura 4 muestra la cantidad de tomate medida en toneladas que se espera empacar mensualmente. La grafica que se muestra corresponde a los tomates que produjeron únicamente en el valle del Yaqui.

Figura 5. Nivel de tomate en los empaques agrícolas

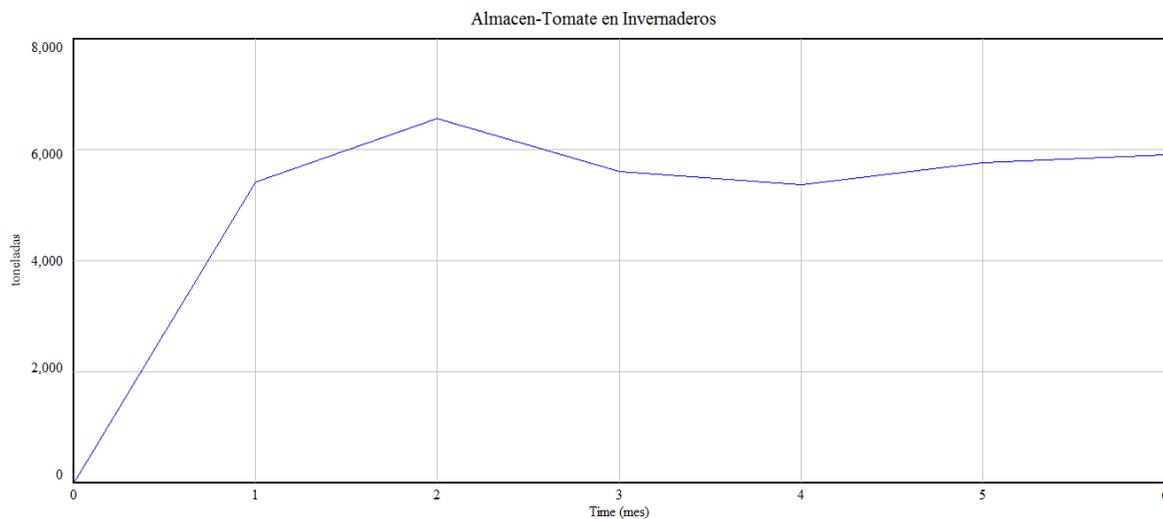


**Fuente:** (Cinco & Romero, 2013)

Analizando la figura 5 los empaques pueden conocer la cantidad de los requerimientos que utilizan para llevar a cabo el embalaje del tomate, ya que en la actualidad realizan pedidos de acuerdo a lo que van necesitando una vez que se le agota o está por agotarse el material, disminuyendo el tiempo de espera por faltante de material y los costos por pedidos.

La figura 5 muestra las toneladas de tomate que se transportan como resultado de simular el modelo Forrester. El producto transportado es el obtenido del tomate que sale de los empaques agrícolas.

Figura 6. Nivel de transportación de tomate



**Fuente:** Cinco y Romero, 2013

La figura 6 muestra el nivel de tomate que se espera transportar durante los seis meses de demanda alta en E.U.A. Información útil para los productores ya que al interpretar esta gráfica, se espera la utilización de 250 a 300 contenedores

Las empresas de clase mundial fijan sus objetivos a corto, mediano y largo plazo, con el fin de adaptarse a los cambios que continuamente el mercado exige. Es por esto que los productores mexicanos no deben ser la excepción, y se deben buscar alternativas en su sistema de distribución para cruzar más fronteras con el producto de calidad con el que se cuenta.

## 1.2 Planteamiento del Problema

(Pérez, 2011) Señala que se necesita un modelo logístico con el que se optimicen las operaciones del movimiento de tomate a la frontera para abaratar costos. Es por esto que surge la necesidad de encontrar diversas alternativas para mejorar el sistema de distribución y almacenamiento para lograr ser más efectivos al momento de exportación, (Gil & Valadez, 2013).

---

Con base en lo mencionado del párrafo anterior se propuso generar un modelo logístico de exportación que permita a los productores conocer su mejor opción de exportación, el cual permita también minimizar los costos para los productores y que generen la competitividad deseada en el mercado extranjero.

En teoría, los análisis de las alternativas propuestas por (Cinco & Romero, 2013) han mostrado un mapa del comportamiento del modelo, sin embargo éste no cuenta con las variables de costo y distancia, por tanto se genera la siguiente pregunta de investigación:

¿De qué manera pueden considerarse las variables de costo y distancia en el modelo de distribución actual?

### **1.3 Objetivo**

Diseñar un modelo de distribución que muestre el comportamiento de las variables logísticas de distancia y costo, a fin de que se disponga de escenarios más confiables para la toma de decisiones referente a las exportaciones.

### **1.4 Justificación**

Este proyecto se hace con el fin de minimizar los riesgos actuales de colocación de producto en el mercado internacional, puesto que la cantidad exportada a Estados Unidos se reduciría. Esto beneficiaría al país en sentido económico al momento en que ocurran dificultades al momento de exportar, a los productores en que el costo de posible pérdida sea muy reducido en comparación al actual. Teniendo en cuenta que se contara con más países a los cuales exportar el producto y no solo a Estados Unidos, incrementará sus ganancias y reducirá sus costos de distribución sin necesidad de depender de más agentes externos, como los brokers.

---

También facilitaría la toma de decisiones para las emparadoras para llegar a acuerdos con otras empresas del mismo giro y así puedan formar alianzas que contribuyan a apoyarse entre sí.

De no ser así, en cualquier momento en que los productores de Estados Unidos decidan que ya no son competentes y entren en rigor leyes como las que ya ha habido, y que pierdan el apoyo que ha sostenido el convenio de exportación al país, quedarían con aproximadamente un 61.75% de tomate rojo del total que se produce en México, sin un destino, lo cual lleva a que tanto los productores, como las emparadoras, tengan grandes pérdidas económicas y esto a su vez afecta la economía en la sociedad y el país.

### **1.5 Delimitaciones**

Para desarrollar:

- Solo se estudiará el tomate rojo de invernadero
- El estudio se desarrollara solo en el Valle del Yaqui
- Se realizará en el sistema de distribución
- Estará basado a partir de un modelo anterior y resultados de dos trabajos.
- Se asumen variables ya utilizadas en otros dos trabajos.

### **1.6 Limitaciones**

- Tiempo límite de entrega del proyecto.

---

---

## II. MARCO TEÓRICO

---

---

En este capítulo se presentan fundamentos teóricos de la metodología utilizada para la resolución del tema bajo estudio; conformados por conceptos y herramientas teóricas para darle soporte y sustentación al proyecto.

### **2.1 Concepto de Distribución**

Las funciones de distribución, menciona (Jarvis, 2004), se ocupan del almacenamiento y transporte de personas, bienes y servicios.

Debido a que, como menciona (Jarvis, 2004) las funciones de la distribución son el almacenamiento y transporte, en nuestro caso referido a bienes, se harán análisis en lo que respecta al almacenamiento y al transporte del bien bajo estudio.

---

### 2.1.1 Concepto de Almacenamiento

Según (Ballou, 2004) entre los tipos de almacenes, los almacenes privados son más diversos en comparación a los públicos, ya que se pueden configurar de acuerdo a las necesidades de la compañía, en cambio los almacenes públicos se clasifican en un número limitado de grupos.

1. Almacenes de productos o mercancías. Estos almacenes limitan sus servicios a guardar y manejar ciertas mercancías, como madera, algodón, tabaco, grano y otros productos que se deterioran fácilmente.
2. Almacenes de volúmenes grandes. Algunos almacenes ofrecen guardar y manejar productos de gran volumen (a granel), como productos químicos líquidos, aceites, sales para autopistas y almibares. También mezclan productos y separan embarques consolidados como parte de su servicio.
3. Almacenes de temperatura controlada. Hay almacenes que controlan el ambiente del almacenamiento. Tanto la temperatura como la humedad pueden regularse. Los bienes perecederos, como frutas, verduras y comidas congeladas, así como algunos productos químicos y medicamentos, requieren de este tipo de almacenamiento.
4. Almacenes de bienes domésticos. Guardar y manejar artículos y menaje del hogar son la especialidad de estos almacenes. Aunque los fabricantes de muebles pueden usar estos almacenes, los usuarios principales son las compañías de mudanzas de bienes domésticos.
5. Almacenes de mercancía en general. Estos almacenes, el tipo más común, manejan un amplio rango de mercancías. Normalmente, la mercancía no requiere de las instalaciones especiales de los casos anteriores.
6. Minialmacenes. Estos son pequeños almacenes con espacio unitario de 20 a 200 pies cuadrados y a menudo se juntan en agrupaciones. Tienen la intención de ser un espacio extra y suministran pocos servicios. Una ubicación conveniente para los arrendatarios es lo atractivo, pero la seguridad puede ser un problema.

### **2.1.2 Concepto de Transporte**

El transporte es el movimiento de personas y mercancías por los medios que se utilizan para ese fin. Para muchos el transporte de pasajeros es el de mayor importancia, especialmente en zonas urbanas; pero el transporte de mercancías, o sea el transporte de carga, es quizá de mayor importancia para el funcionamiento adecuado y económico de nuestra sociedad. (Hay, 2002). Además dice que la eficiencia de un sistema de transporte es un índice del desarrollo económico de un país. Una función primordial es la de relacionar los factores población y uso del suelo. El transporte tiene gran importancia para la distribución de mercancías. Además, es útil en dos aspectos: utilidad de lugar y utilidad de tiempo.

## **2.2 Programación por Metas**

Un método propuesto para obtener resultados sobre el modelo de distribución es el de programación por metas, ya que trabaja de manera objetiva y se podrían obtener los resultados deseados.

(Romero) En su artículo Programación por Metas: Pasado, Presente y futuro, menciona que la Programación por Metas (PM) constituye un marco analítico diseñado para analizar problemas complejos de análisis de la decisión, en los que el centro decisor ha asignado niveles de aspiración a todos los atributos relevantes para el problema en cuestión. Consecuentemente con este planteamiento el centro decisor está interesado en minimizar de una manera u otra la falta de logro de las correspondientes metas, de esta manera se intenta obtener una solución satisfactoria y suficiente.

La PM es una extensión de la programación lineal y es similar a la formulación de un modelo de programación lineal. El primer paso es definir las variables de decisión. Después se deben especificar y clasificar todas las metas gerenciales en orden de prioridad. Aun cuando la administración no sea capaz de relacionar todas las metas en una escala cardinal, normalmente puede suministrar una clasificación ordinal para cada una de sus metas y objetivos. Así, una característica fundamental de la programación

---

meta es que proporciona solución para los problemas de decisión que tengan metas múltiples conflictivas e inconmensurables arregladas de acuerdo a la estructura prioritaria de la administración. (Moskowitz, 1988)

El mismo, (Moskowitz, 1988), menciona que la PM es capaz de manejar problemas de decisión con una sola meta o con metas múltiples. En situaciones de toma de decisiones, típicamente, las metas establecidas por el tomador de decisiones son logrables solamente con el sacrificio de otras metas.

Estos autores nos llevan a que teniendo en cuenta varias decisiones o solo una, podemos utilizar este método de modelación, siempre y cuando lo que se trate de alcanzar un nivel satisfactorio de objetivos múltiples en vez del mejor resultado posible para un solo objetivo, tal como en la programación lineal.

### **2.3 Dinámica de Sistemas**

Otra metodología propuesta es la Dinámica de sistemas que examina el problema desde diferentes ángulos utilizando la investigación de operaciones y simulación para obtener los resultados deseados.

Según (Forrester, 1981), estudia las características de realimentación de la información en la actividad industrial con el fin de demostrar como la estructura organizativa, la amplificación (de políticas) y las demoras (en las decisiones y acciones) interactúan e influyen en el éxito de la empresa.

(García J. M., 2010) La define como una herramienta para construir modelos de simulación basada en el estudio de las relaciones causales que existen entre las partes del sistema, para tomar decisiones en entornos complejos.

Por otro lado, (Martínez & Riquema, 1988) lo definen como una metodología de uso generalizado para modelar y estudiar el comportamiento de cualquier clase de sistemas

---

y su comportamiento a través del tiempo con tal de que contenga características de existencias de retardos y bucles de retroalimentación.

De los tres autores citados, se puede resaltar que la dinámica de sistemas es una herramienta metodológica con la cual se combinan el estudio y análisis de información con relaciones causales mediante las cuales se puede modelar su comportamiento y con esto tomar decisiones en entornos complejos.

En la tabla 2.3 se muestran las características de cada método de modelación, en la cual nos basamos para elegir la metodología que más se apega al estudio.

Tabla 1 Características principales de las Metodologías alternativas

<p><b>“Investigación de Operaciones” (Moskowitz, Herbert) Programación por metas</b></p>	<p><b>“Simulación y análisis de sistemas con ProModel” (Eduardo García Dunna, Heriberto García Reyes, Leopoldo Eduardo Cárdenas Barrón) Simulación</b></p>	<p><b>“Dinámica de Sistemas” (Javier Aracil &amp; Francisco Gordillo) Dinámica de Sistemas</b></p>	<p><b>Procedimiento Propuesto</b></p>
<p>Procedimiento.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Obtener la tabla inicial con base en el modelo de programación</li> <li>2) Formular restricciones.</li> <li>3) Desarrollar función objetivo.</li> <li>4) Obtener la tabla inicial en base al modelo de programación por</li> </ol>	<p>Procedimiento.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Definición de sistema bajo estudio.</li> <li>2) Generación de modelo de simulación base.</li> <li>3) Recolección y análisis de datos.</li> <li>4) Generación del modelo preliminar.</li> <li>5) Verificación del modelo.</li> <li>6) Validación del modelo.</li> <li>7) Generación del modelo final.</li> <li>8) Terminación de los escenarios para el análisis.</li> </ol>	<p>Procedimiento.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Conceptualización.                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Definir con precisión los aspectos del problema.</li> <li>- Identificar los distintos elementos que formarán el sistema.</li> </ul> </li> <li>- Construir el diagrama de influencias.</li> <li>1) Formulación.                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Establecer ecuaciones del modelo.</li> <li>- Asignar valores a los parámetros que intervienen en el modelo.</li> </ul> </li> <li>- Colocar el modelo formulado en</li> </ol>	<p>Procedimiento.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Conceptualización</li> <li>2) Formulación.</li> <li>3) Evaluación.                             <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Validación</li> <li>2. Simulación</li> <li>3. Análisis de sensibilidad</li> </ol> </li> </ol>

<p>metas</p> <p>5) Determinar la nueva variable de entrada</p> <p>6) Determinar la variable de salida de la solución base</p> <p>7) Determinar si la solución es optima</p>	<p>9) Análisis de sensibilidad .</p> <p>10) Documentación del modelo, sugerencias y conclusiones.</p>	<p>un computador.</p> <p>1) Evaluación.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Simular.</li> <li>- Análisis de sensibilidad.</li> <li>- Estudiar el comportamiento del modelo ante distintas políticas alternativas.</li> </ul>	
---	---	---	--

**Fuente:** Propia

El procedimiento propuesto extraído de Aracil y Gordillo sugiere que se examinen los conceptos de sistemas, sistemas dinámicos y modelos, así como las fases del mismo.

### 2.3.1 Definición general de Sistema

Se entiende como una unidad cuyos elementos interaccionan juntos, ya que continuamente se afectan unos a otros, de modo que operan hacia una meta en común. Es algo que se percibe como una identidad que lo distingue de lo que la rodea y que es capaz de mantener esa identidad a lo largo del tiempo y bajo entornos cambiantes. (Aracil & Gordillo, 1997). Un sistema es una totalidad percibida cuyos elementos se “aglomeran” porque se afectan recíprocamente a lo largo del tiempo y operan con un propósito común. La palabra deriva del verbo griego sunistánai, que originalmente significaba “causar una unión”. Como sugiere este origen, la estructura de un sistema incluye la percepción unificadora del observador. (Senge) Según como definen sistema la mayoría de los autores, un sistema reúne elementos o componentes con una meta

en común, es decir, interactúan entre sí para lograr esa meta. En este caso se analiza un sistema de distribución, cuyo objetivo es colocar el producto al cliente en tiempo y forma, donde los componentes son el almacenamiento y el transporte.

Existen sistemas estáticos y dinámicos. Debido a la naturaleza del proyecto, conviene analizar los sistemas dinámicos.

### **2.3.1.1 Sistema Dinámico**

Un sistema se llama dinámico si su salida en el presente depende de una entrada en el pasado; si su salida en curso depende solamente de la entrada en curso, el sistema se conoce como estático. En un sistema dinámico la salida cambia con el tiempo cuando no está en su estado de equilibrio. (Ogata, 1987)

### **2.3.2 Concepto de Modelo**

Un modelo es una abstracción que se utiliza para lograr mayor claridad conceptual acerca de la realidad, reduciendo su variedad y complejidad a niveles que permitan comprenderla y especificarla de forma adecuada para su análisis (Ortúzar, 2008).

El concepto se puede interpretar de diversas formas, sin embargo, se puede inferir que un modelo es una representación de las principales características y propiedades de un sistema físico empleado para describir y, en algunos casos, describir su comportamiento, con la finalidad de estudiarlo.

#### **2.3.2.1 Modelos Dinámicos**

Son aquellos en los que el estado del sistema que estamos analizando cambia respecto del tiempo (García, 2006).

Al aplicar las leyes físicas a un sistema específico, es posible desarrollar un modelo que describa al sistema. Tal sistema puede incluir parámetros desconocidos, los cuales deben evaluarse mediante pruebas reales. Sin embargo, algunas veces las leyes físicas

---

que gobiernan el comportamiento de un sistema no están completamente definidas, y la formulación de un modelo puede resultar imposible (Ogata, 1987). En este procedimiento se somete al sistema a un conjunto de entradas conocidas y se miden sus salidas. A partir de las relaciones de entrada y salida se deriva entonces el modelo.

### **2.3.3 Validación de un Modelo**

(Jarvis, 2004) Menciona que, a un diseñador de modelos le es conveniente tomarse más tiempo para validar un modelo. Lo cual se puede hacer de varias maneras. En primer lugar, el modelo debe ser verificado contra la información anterior. Cualesquiera discrepancias deben explicarse claramente antes de hacer nuevas pruebas o proceder a la implantación. En segundo lugar, se harán algunas pruebas aconsejadas por el sentido común. Por ejemplo, ¿es razonable el costo promedio de distribución por partida? En tercer lugar, ¿se han verificado los resultados del diseño mediante pruebas independientes? Esto se puede hacer a menudo aplicando modelos muy generales para obtener estimaciones de ciertas cantidades que indicara también el modelo de distribución.

En el trabajo anterior, realizado por (Cinco & Romero, 2013) se realizó un modelo de distribución y como resultado mostraron ciertos datos, como siguiente paso se tendrán que validar tales datos.

## **2.4 Marco referencial**

Para complementar el marco teórico, se presenta el marco de referencia para mostrar investigaciones semejantes en las que se utilizan herramientas, conceptos y metodologías para la simulación de un sistema a través de la dinámica de sistemas.

---

### **2.4.1. Caso de recolección de basura**

(Aispuro & Medran, 2002) Realizaron un estudio del sistema de recolección de basura con la intención de generar un modelo que representara el comportamiento dinámico de dicho sistema, el cual pudiera ayudar al tomador de decisiones a tener una mayor perspectiva sobre el sistema y de esta forma fundamentar mejor sus decisiones.

Este estudio se realizó exclusivamente para Ciudad Obregón, analizando solamente el sistema de recolección de basura en las colonias que comprendieran dicha ciudad. El problema se plantea por la falta de un modelo que permita ver posibles escenarios del comportamiento dinámico de la basura, proyectados a un futuro tomando en cuenta diferentes variables.

#### **2.4.1.1 Aplicación de dinámica de sistemas.**

El método utilizado fue: Iniciar con el alcance y dimensiones del estudio y estudiando antecedentes de la generación de basura y desechos sólidos, continuamente se procedió a la autorización de las entrevistas y el estudio con el director de servicios públicos, recopilando así datos estadísticos sobre la recolección de basura, números, distribución de rutas, su capacidad de rutas, capacidad de la entidad sanitaria(basurero) e información en general acerca de la infraestructura y procesos del sistema.

Se procedió a realizar el diagrama causal, donde se muestra si es incremento de variable causa el incremento o la disminución de otra. Una vez analizadas las variables, en este caso fueron: población, viviendas, nuevas rutas generadas, nacimientos, muertes, generación de rutas, entrada de basura, población, número de pepenadores, Con esto, se formularon ecuaciones matemáticas del modelo, en el cual se estimaron y seleccionaron los parámetros del modelo; esto utilizando el Software de simulación "Vensim PLE Plus".

Por último se realizó el análisis de sensibilidad del sistema bajo estudio por medio de la simulación del modelo descrito anteriormente. En el cual se tomaron las variables más

---

sensibles (críticas) y se le dieron diferentes valores por debajo o encima del valor actual, observando así el comportamiento del modelo bajo escenarios “optimistas” y “pesimistas”.

Como resultado, se cumplió con el objetivo de determinar y conocer el comportamiento dinámico del sistema de generación y recolección de basura en una proyección de diez años observando la tendencia de incremento en la generación de basura debido al crecimiento poblacional de la entidad. Se pudo determinar que si se mantiene el porcentaje de reciclaje en un 46% es probable que el confinamiento provisional dure hasta cuatro años con un total de 200,000 toneladas. Lo cual es tiempo suficiente para poder planear y construir un nuevo relleno sanitario.

Gracias a la aplicación de la metodología de dinámica de sistemas al sistema recolector de basura, se pudieron obtener escenarios con el estado “ideal” del mismo y con estos escenarios, (Aispuro & Medran, 2002) dieron recomendaciones al responsable de servicios públicos de la localidad.

#### **2.4.2 Caso de Cadena de abastecimiento para sector textil.**

Ramírez Echeverri (2010), realizó un estudio en la cadena de suministro del sector textil confección, considerando la cadena de suministro como un sistema complejo dado que poseen diferentes variables y se encuentran estrechamente relacionadas, como las ventas, la mezcla de prendas de vestir a producir los precios, los operarios, etc. Indica que, la cadena está gobernada por la realimentación, debido a los enlaces entre los diferentes actores y las acciones, las cuales cambian el resultado del sistema y llevan a que otros actúen y surge una nueva situación que influye en las próximas decisiones. También conlleva a que muchas acciones sean irreversibles y se toma un camino distinto, excluyendo otros caminos, el cual determina el destino final.

Su objetivo fue hacer el modelo de la cadena de abastecimientos de un sector industrial en Colombia, soportado en un modelo de simulación con dinámica de sistemas, aplicado al sector textil confección. La propuesta desarrolla un modelo que permite

visualizar, entender y comprender los efectos de la cadena de suministros con diferentes variables en el sector industrial textil confección. La tesis midió el impacto de las diferentes áreas de la organización estudiada, focalizándose en la integración de dichas variables para lograr una mejora en la competitividad de la organización.

#### **2.4.2.1 Aplicación de dinámica de sistemas.**

Para la realización de este estudio se llevaron a cabo 5 pasos los cuales iniciaban con articulación del problema, seguido de hipótesis del modelo, formulación, prueba y políticas de evaluación y formulación. Los cuales están divididos en 3 fases, donde se involucran en un equipo modelador, el cual se encarga de realizar la modelación. En la fase 1, el equipo se encarga de realizar un mapeo de toda la situación y definir los aspectos más relevantes; Esta fase comienza con los pasos 1 y 2, que son articulación del problema y la hipótesis del modelo.

En la fase 2, se utilizan los productos de la fase 1 para hacer de ahí las formulas algebraicas y se hace la simulación para conocer las variaciones. Por último, en la fase 3 se valida el modelo y se convierte en un programa de la empresa que se puede llamar "Laboratorio de Aprendizaje", el cual debe ser sencillo de manejar por cualquier integrante de la empresa.

En la modelación se utilizaron variables como inventarios, operarios, órdenes, tiempos. Y analizar detalladamente cada variable llevo a que se obtuvieran resultados satisfactorios y que los resultados se apegaran más al comportamiento de la realidad. Esto ayudo a que se pudieran tomar decisiones correctas.

---

---

## III. MÉTODO

---

---

En este capítulo se menciona de forma detallada el procedimiento a seguir para llegar al cumplimiento del objetivo del proyecto planteado en el capítulo I, así como el objeto y materiales que se emplearon para la realización de un modelo distribución del producto tomate de la región del Valle del Yaqui.

### **3.1 Objeto**

Se definió como objeto de estudio el sistema de distribución de tomate rojo del Valle del Yaqui que contempla los elementos de almacén, inventario y transporte.

---

## 3.2 Materiales

Para llevar a cabo el desarrollo del presente proyecto se utilizaron los siguientes materiales:

- Entrevista a los productores de tomate de la región del Valle del Yaqui.
- Software para creación de modelos de simulación VENSIM.

## 3.3 Procedimiento

Mediante la metodología propuesta por Forrester (1961) se estableció el procedimiento para dar respuesta a la necesidad planteada y así lograr el objetivo. Además de los sistemas industriales y socioeconómicos de ámbito urbano o regional, la Dinámica de Sistemas se ha empleado en sistemas sociológicos en donde se han modelado desde aspectos teóricos hasta cuestiones de implantación de la justicia. Otra área en que se ha utilizado es la de sistemas ecológicos y medioambientales. Otros campos interesantes de las aplicaciones es el que suministra los recursos energéticos, donde se ha empleado para definir estrategias de utilización de esos recursos. También se ha empleado para problemas de defensa nacional. (Aracil & Gordillo, Dinamica de Sistemas, 1997)

### 3.3.1 Conceptualización del modelo mediante la sustracción de datos.

En esta fase se familiariza con el problema que se va a estudiar, investigando en literatura, páginas web, y otras fuentes de información. Se trata de entender cómo funciona el sistema actual para lograr esta familiarización. Tras la familiarización se definen con precisión los aspectos del problema a resolver y describirlos en forma precisa y clara. De este paso se obtienen las variables del sistema, así se trata de particularizar el comportamiento dinámico relevante del sistema bajo estudio, así como la estructura más simple que pueda generar este comportamiento. Aquí se comienzan a relacionar las variables entre ellas y los demás aspectos del sistema, es decir, definir

---

cómo influyen cada una de ellas sobre las demás variables y los otros aspectos del sistema.

Con las variables obtenidas se procede a formar el diagrama causal de Forrester, el cual crearemos con el software para simulación de sistemas dinámicos VENSIM.

### **3.3.2 Formulación de las ecuaciones para la construcción del modelo.**

Una vez obtenido el diagrama causal se procede al entendimiento de este para lograr la formulación con un lenguaje formal preciso, esto consiste en establecer el diagrama Forrester, a partir del cual obtenemos las ecuaciones del modelo.

En esta fase se procede a asignar valores a los parámetros que están interviniendo en el modelo y concluye cuando se dispone del modelo del sistema de distribución de tomate rojo en forma de ecuaciones programadas en el software VENSIM. Representando las variables a través de estas ecuaciones para conocer el comportamiento del modelo.

### **3.3.3 Evaluación del modelo mediante la validación, simulación y el análisis de sensibilidad.**

Esta fase se divide en tres pasos donde se requiere de la validación de los datos recabados del modelo, la simulación del modelo y concluye con el análisis de sensibilidad de este mismo.

#### **3.3.3.1 Validación de los datos del modelo a través de una entrevista.**

Para lograr la validación del modelo, es necesario consultar con los productores de tomate rojo en la región del Valle del Yaqui, los datos históricos reales de las variables a considerar, utilizando un guion de entrevista para la veracidad y exactitud del modelo.

---

### **3.3.3.2 Simulación del modelo en software VENSIM.**

Se procede a introducir los datos en el software y así obtener la primera versión de los resultados, los cuales se analizan y evalúan, revisando la congruencia que estos muestran sobre el comportamiento de las variables. Después se verifican los resultados arrojados por la primera simulación para ver si son correctos y se apegan a la realidad. En caso de ser necesario se hacen ajustes y vuelve a verificarse, realizando las simulaciones hasta lograr la mayor precisión posible y poder realizar el análisis de sensibilidad.

### **3.3.3.3 Análisis de sensibilidad de los resultados arrojados por la simulación del modelo.**

Aquí se estudia la dependencia de las conclusiones que se extraen del modelo, con relación a posibles variaciones que sufran los valores de los parámetros que aparecen en él.

Cuando se consideran satisfactorios los análisis de consistencia de la hipótesis y de sensibilidad, se procede a estudiar el comportamiento del modelo ante distintas políticas alternativas, con el fin de elaborar unas recomendaciones respecto a la actuación futura sobre la realidad.

Consiste en el estudio de los efectos de las variaciones de los valores que toman sus parámetros y condiciones iniciales, sobre el comportamiento del sistema dinámico. Al estudiar la sensibilidad de un modelo no solo se obtiene una mayor precisión del comportamiento del modelo, sino que además este análisis contribuye a la validación y utilidad del modelo.

Se toman las variables utilizadas para pasarlas por los escenarios optimistas, pesimistas y los más probables. Los resultados de cada uno de los escenarios se someten a un análisis para posteriormente presentarlos en forma de gráficos y un informe técnico.

---

---

## **IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

---

---

El determinar los resultados de una investigación pudiera ser la parte más compleja, sin embargo ésta se facilita cuando el método empleado ha sido debidamente seleccionado y sustentado por diversas teorías. Es por ello, que en este capítulo, donde se dan a conocer los resultados del proyecto, no se considera que la obtención de estos sea la parte compleja del capítulo, sin embargo sí el análisis de los mismos. Por tanto, el objetivo de este apartado es discutir, comentar y/o interpretar los resultados en el orden que se fueron generando.

### **4.1 CONCEPTUALIZACIÓN DEL SISTEMA.**

Como principal resultado de la conceptualización es la información presentada en la tabla 4.1., en ella se dan a conocer los nombres de las variables y su definición con el objetivo de que al momento de construir el modelo se facilite entender la forma en la que opera el sistema real. Cabe señalar que dicha tabla parte de la investigación

realizada en diversos libros, revistas, páginas tales como la de SAGARPA, SIAP, entre otras, mismas que se listan en la hoja de referencias del proyecto.

Tabla 2 Descripción de las variables empleadas en el modelo

#	VARIABLE	DEFINICIÓN
1	Distribución	Operaciones que se realizan, desde el lugar de producción o manufactura, para el desplazamiento de cargas.
2	Almacén de producto terminado	Resguarda y controla las existencias de producto con el que se cuenta para el cliente.
3	Almacén en tránsito	Atienden las necesidades de transporte para el cuidado del producto mediante las especificaciones con las que debe cumplir la unidad de transporte.
4	Brokers	Intermediarios para la exportación del producto a Estados Unidos y Canadá.
5	Transporte	Es el traslado de elementos de un lugar a otro.
6	Aduanas	Lugares que intervienen entre los lugares de transportación donde se realizan revisiones a la carga.
7	Capacidad de transporte real	Cantidad de producto real que se carga.
8	Capacidad de transporte asignado	Cantidad de producto ideal que se desea cargar.
9	Camiones disponibles (Cantidad y tipo)	Número de camiones con los que se cuentan para la distribución del producto.
10	Almacén de Semilla	Cantidad de semilla, considerada insumo para la producción.
11	Eficiencia en tiempo de distribución	Diferencia existente entre el tiempo real y el asignado en la distribución del producto.
12	Costo total	Sumatoria de todos los costos en el que se incurre para lograr la distribución del producto.
13	Regulador	Se utiliza como medidor para conocer el faltante del almacén de semilla.

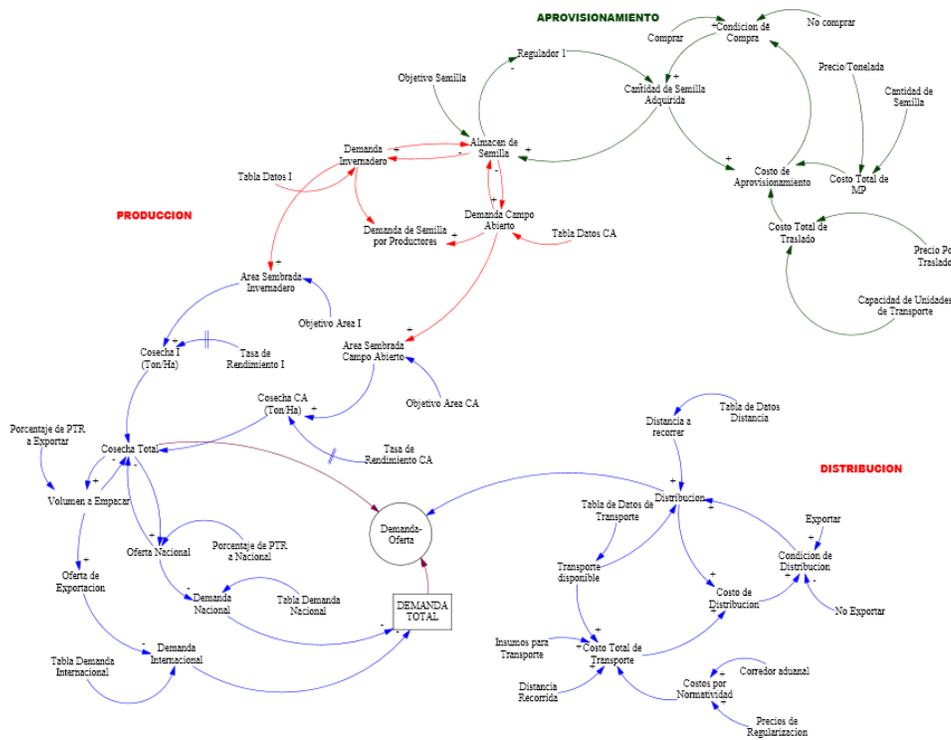
<b>14</b>	Objetivo	Es la cantidad de unidades que se quiere lograr en las variables planteadas.
<b>15</b>	Tabla de datos	Datos en función de las características de las variables, el dato depende de cada variable .
<b>16</b>	Demanda Campo abierto	El requerimiento de semilla para el cultivo en campo abierto
<b>17</b>	Demanda Invernadero	El requerimiento de semilla para el cultivo en invernadero
<b>18</b>	Demanda de semilla por productores	El requerimiento de semilla total para los productores
<b>19</b>	Área Sembrada	Área cultivada de tomate
<b>20</b>	Tasa de rendimiento	Toneladas de tomate que se producen por hectárea
<b>21</b>	Cosecha Invernadero	Toneladas producidas de invernadero
<b>22</b>	Cosecha Campo abierto	Toneladas producidas de campo abierto
<b>23</b>	Cosecha total	La suma de la cosecha de los dos tipos de cultivo.
<b>24</b>	Porcentaje de PTR a exportar	Porcentaje de producto terminado que se exporta
<b>25</b>	Volumen a empacar	Toneladas de tomate que se empacan para exportación
<b>26</b>	Oferta de exportación	Toneladas de tomate disponible para la exportación.
<b>27</b>	Oferta a nacional	Toneladas de tomate disponible destinadas a quedarse en México.
<b>28</b>	Demanda internacional	Toneladas de tomate permitidas en Estados Unidos de América para la región del Valle del Yaqui.
<b>29</b>	Demanda nacional	Toneladas de tomate requeridas en México.
<b>30</b>	Demanda total	La suma de la demanda de internacional y nacional.
<b>31</b>	Costo de distribución	El costo por hacer llegar el tomate al cliente, hasta que llega a frontera
<b>33</b>	Insumos para	El costo de combustible para los transportes

transporte		
34	Distancia recorrida	Distancia entre el punto de recogida del producto terminado, hasta el punto de entrega
35	Costos por normatividad	Costos por normas de comercialización en el extranjero.
36	Corredor aduanal	Costos en las aduanas encontradas entre los puntos de la distancia recorrida

Fuente: Elaboración propia.

Con base en las 36 variables presentadas en la tabla 3 se llega a construir el diagrama causal mostrado en la figura 7, esto con la finalidad de poder visualizar la relación que existe entre dichas variables y así expresar un mejor entendimiento del sistema de distribución del tomate.

Figura 7 Diagrama Causal de distribución del tomate rojo



Fuente: Elaboración propia.

---

El diagrama de relaciones de Forrester, conocido también como diagrama causal presentado en la figura anterior, muestra a los tres eslabones de una cadena de suministro, siendo éstos el aprovisionamiento, producción y distribución. A través de él se facilita entender el sistema logístico completo del Producto Tomate Rojo, desde el aprovisionamiento hasta la distribución.

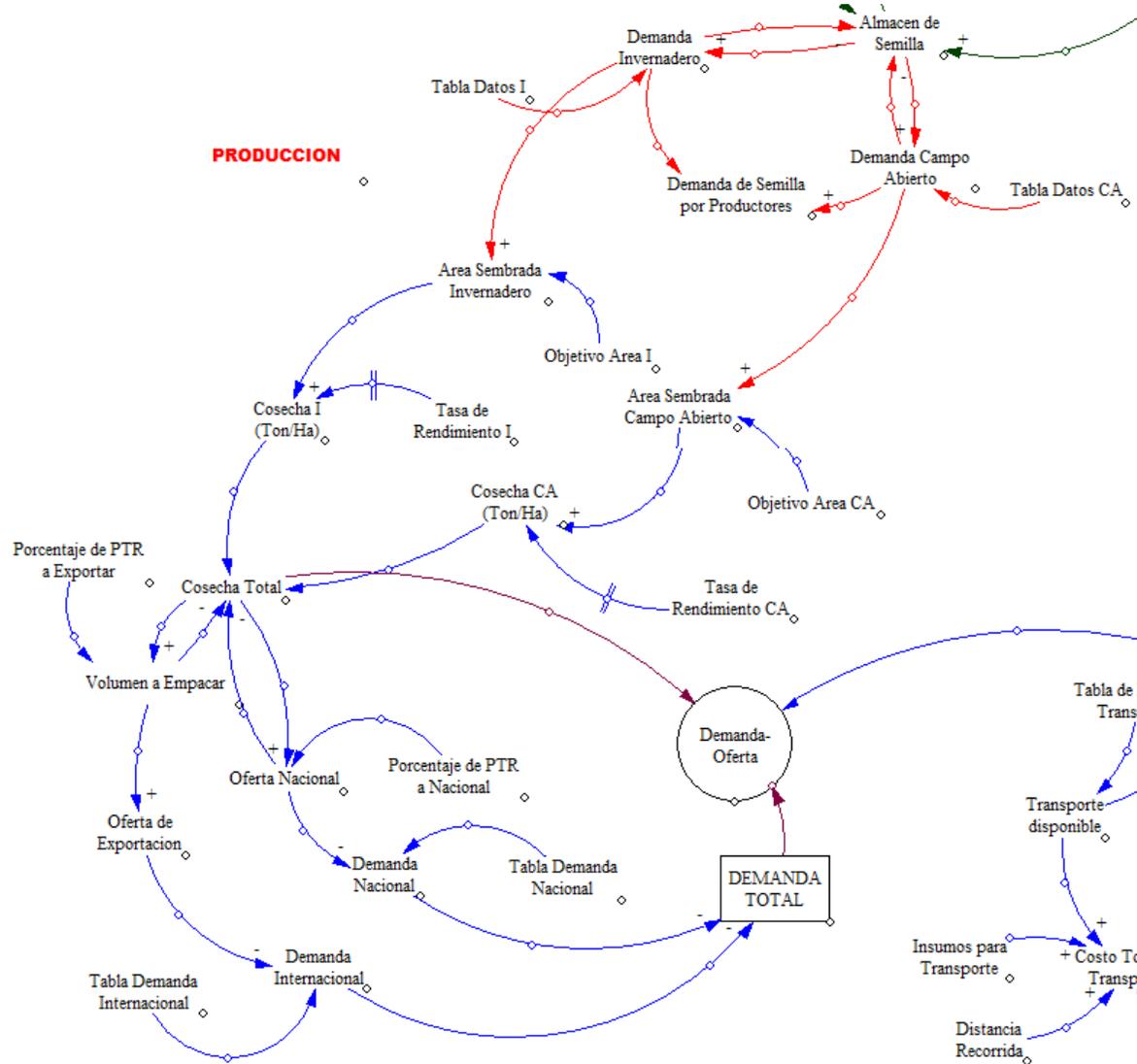
Particularmente, para la cadena de suministro del producto tomate se tiene que el aprovisionamiento inicia con las variables: Capacidad de unidades de transporte y Precio por traslado, finalizando con la de Almacén de semilla. Mientras que Almacén de semilla es la variable con la que se da inicio al eslabón de producción, mismo que concluye con Área de siembra en invernadero y en campo abierto, iniciando con ellas la parte de distribución, la cual como se puede apreciar en la figura 4.1, es la que tiene mayor número de variables en juego, debido a que es el eslabón que representa el objeto de estudio, ésta última etapa termina con las variables de Condición de distribución y Costos de normatividad.

Con la finalidad de proporcionar al lector claridad en el comportamiento del aprovisionamiento, producción y distribución del tomate rojo, en las figuras 8, 9 y 10 se presenta, por separado, el diagrama causal de cada uno de los eslabones anteriormente mencionados.

Figura 8 Diagrama Causal del Aprovisionamiento del tomate rojo



Figura 9 Diagrama Causal de Producción de tomate rojo

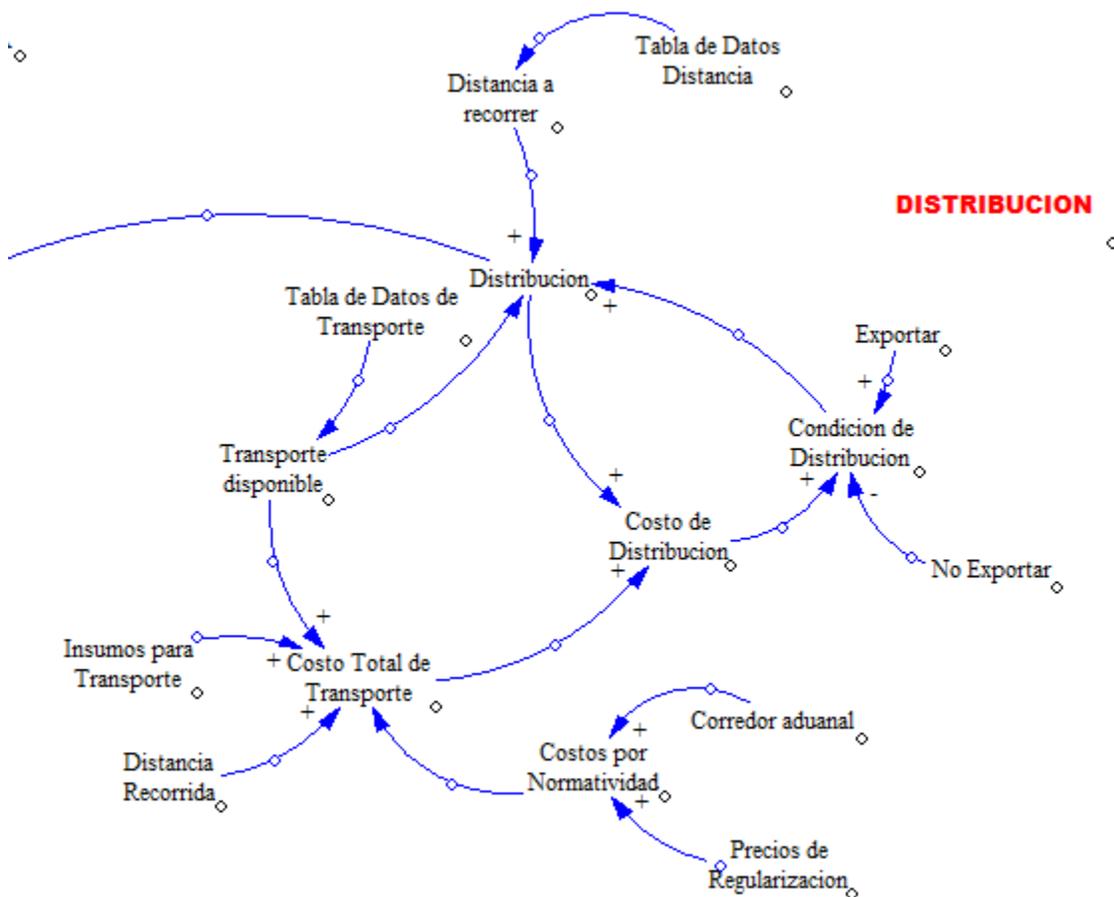


Fuente: Elaboración propia.

La cosecha total o producción de tomate rojo se deriva de la sumatoria de lo cosechado, a través de cualquier forma de siembra, considerando el factor de rendimiento que tales tipos de siembra registran. Es importante señalar que el valor de la cosecha total, se modifica al considerar el comportamiento de la demanda y oferta nacional e internacional, así como también la capacidad de volumen de empaque, de tal forma que tales elementos contribuyen a la determinación de la demanda y oferta total.

Estas últimas variables representan el final de la producción y dan inicio a la etapa de la distribución, misma que se detalla en la figura 10.

Figura 10 Diagrama Causal de Distribución del tomate rojo



**Fuente: Elaboración propia.**

Es en esta parte final del diagrama de producción de tomate, denominada distribución, donde se decide sobre el hacer llegar el producto a mercados internacionales o bien nacional (consumo interno).

Entre las principales variables de esta etapa se tienen al costo total de transporte, costos por normatividad y las distancias a recorrer, las cuales inciden directamente en los costos totales de distribución que aunados a condiciones de exportación, precios de



facilita determinar el conjunto de ecuaciones matemáticas que son utilizadas en la simulación del modelo.

El modelo de distribución de tomate rojo presentado en la figura 10, inicia a partir del aprovisionamiento de la semilla, posteriormente pasa al proceso de producción, hasta llegar a los almacenes localizados en frontera de Nogales Sonora y Nogales Arizona. Si bien es cierto el proceso de distribución se ve relativamente sencillo, vale la pena destacar que la realidad no es así, ya que es más complejo debido a su dinámica por naturaleza. Hay factores políticos, económicos, sociales, etc. Que ocasionan que el sistema de distribución se vuelva complejo al momento de verlo en la práctica.

Para lograr la simulación del modelo se utilizan una serie de ecuaciones, mismas que involucran a las variables ya descritas. En la tabla 4.2, se aprecian las ecuaciones empleadas para llegar a determinar cada uno de los parámetros de interés e impacto en la distribución del tomate.

Tabla 3 Ecuaciones del Modelo de distribución del tomate.

VARIABLE	ECUACIÓN
Costo Total de Materia prima (CTMp)	(Cantidad de Semilla) * (Precio en Mercado)
Diferencia I (DI)	(Objetivo de Siembra) - (Área Sembrada en Invernadero)
Semilla lista para Sembrar (SPS)	(Cantidad de Semilla) * (DI)
Área Sembrada en Invernadero	(SPS) – (Cosecha)
Cosecha	(Tabla de Rendimiento I) * (Área Sembrada en Invernadero)
Tomate Exportado	(Cosecha) * ("% Tomate Exp. Max/Min")
Tomate Nacional	[(Cosecha) * ("% Tomate Nacional Max/Min")] + (Rechazo)
Tomate que se Regresa del extranjero (Rechazo)	Si el Tomate Exportado es mayor a la Capacidad de consumo, entonces lo que sobra se distribuye nacional.
Costo Total de Transporte (CTTr)	[(Contenedores) * (Flete)] + [(Cajas)*(Costo de Cajas)]
Cajas	(Tomate Exportado) / (Capacidad Cajas)
Contenedores	[(Tomate Exportado) / (Capacidad Contenedores)] + [(Tomate Regresado) / (Capacidad Contenedores)]

---

**Fuente: Elaboración Propia.**

El uso de estas ecuaciones te exhorta a entender mejor el modelo, ya que cualquier error que se presente en la formulación de estas ecuaciones, puede cambiar el resultado de la simulación y así, perder su precisión. Si se presentara un error en la formulación de las mismas se perdería su credibilidad. Por lo tanto es necesario recabar datos reales para obtener resultados similares a la realidad.

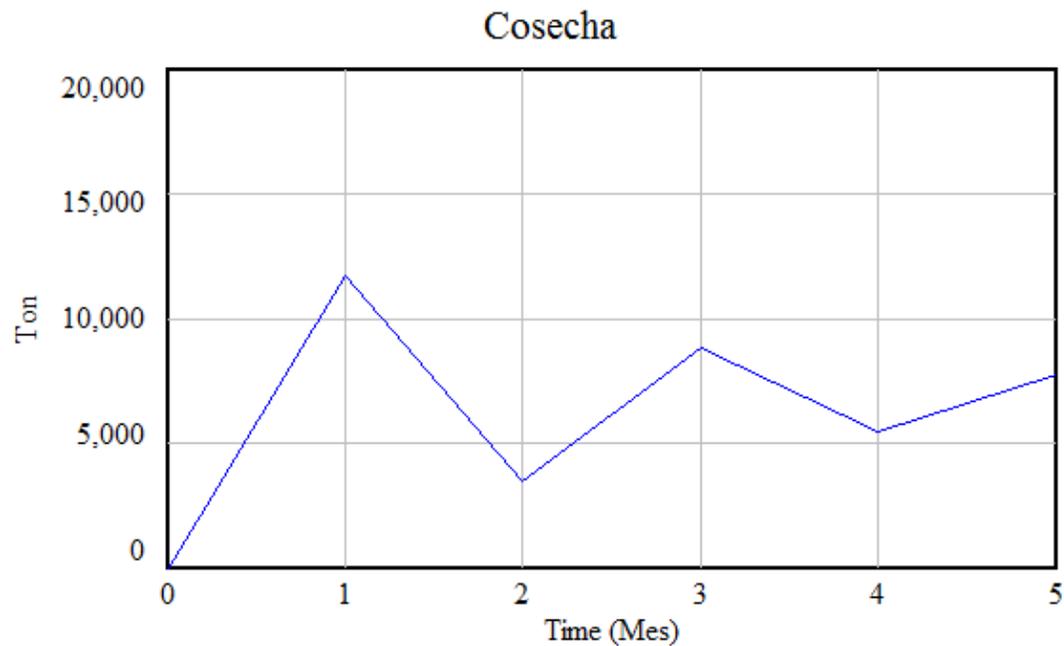
**4.3 Simulación del modelo**

Con la finalidad de validar la formulación del modelo, es decir tratar de asegurar que tanto las variables manejadas y la relación entre ellas a partir de las ecuaciones establecidas siguen un comportamiento esperado se lleva a cabo la simulación del modelo.

Entre los principales resultados de la simulación están los valores referentes al volumen esperado de tomate a cosechar para la próxima temporada. Así como también se obtienen valores sobre las cantidades de tomate que puede ser exportado, esto de acuerdo al comportamiento que la demanda del extranjero presente. Otras cifras más son las del tomate que regresa y las del tomate que queda en el país.

En la figura 12 se muestra la producción de tomate en el Valle del Yaqui, con datos obtenidos de SAGARPA se pudo formular el modelo para obtener los resultados.

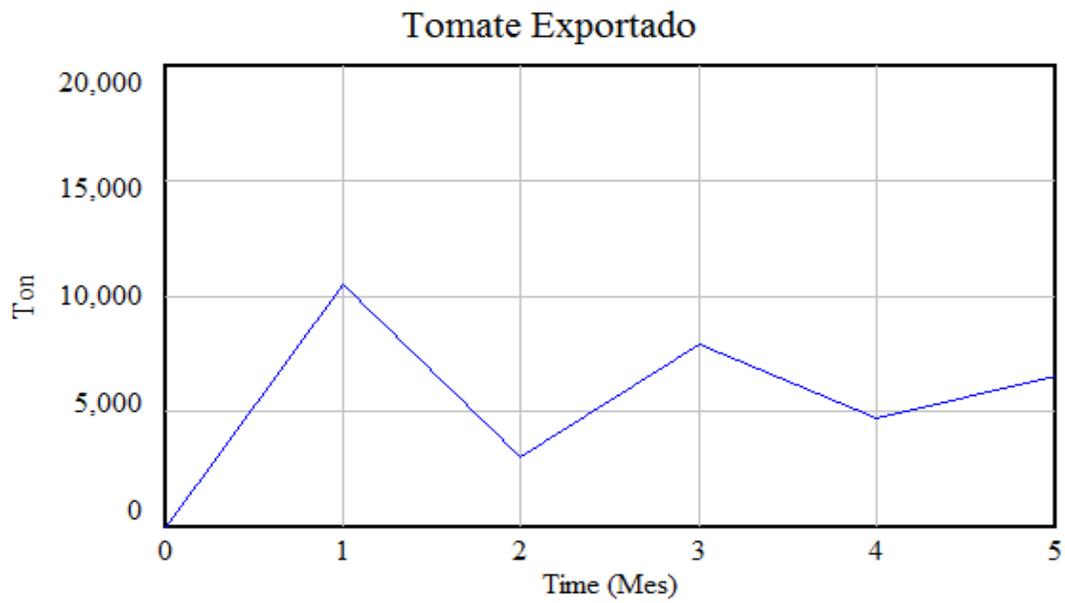
Figura 12 Cosecha de Tomate en el Valle del Yaqui.



**Fuente: Elaboración Propia.**

En esta grafica se muestra que la cosecha casi alcanza las 10,000 toneladas, siendo 7,708 toneladas de tomate cosechadas y de estas 6,491 toneladas son exportadas, según el comportamiento analizado en los registros de investigaciones anteriores mostrado en la figura 13.

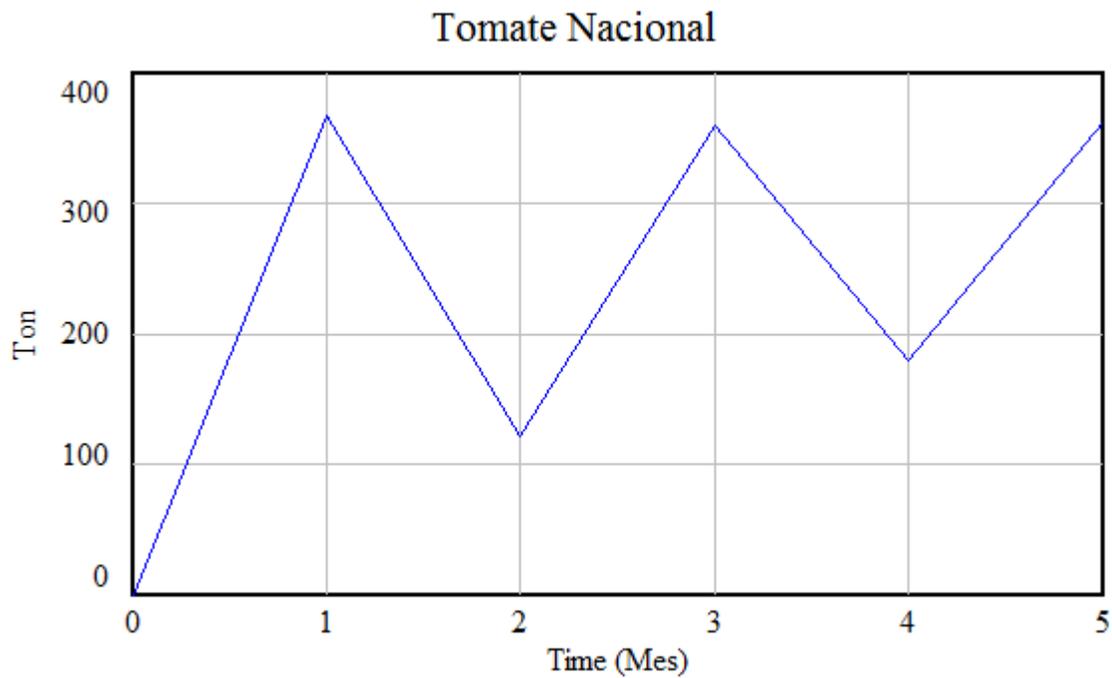
Figura 13 Tomate del Valle del Yaqui exportado.



**Fuente: Elaboración Propia.**

El resto del tomate cosechado queda en el país, siendo 362 toneladas, mostradas en la figura 14.

Figura 14 Tomate del Valle del Yaqui que permanece en México.

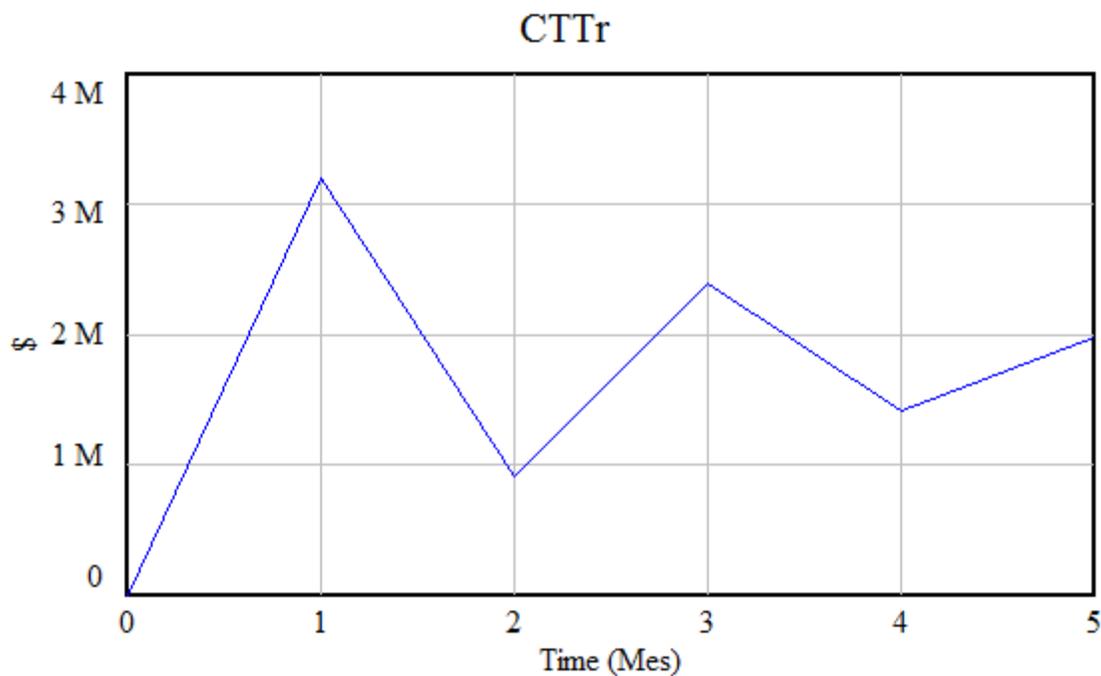


**Fuente: Elaboración Propia.**

En este caso no hubo tomate regresado de frontera, como puede suceder en otros escenarios donde la demanda es la misma, pero la producción es mayor o hay problemas con los productores del extranjero, entonces la demanda se cumple y el tomate restante se regresa al país.

En cuanto a costos de distribución estimados llega a los 2 millones, esto se demuestra en la figura 15.

Figura 15 Costo total de transporte.



**Fuente: Elaboración Propia.**

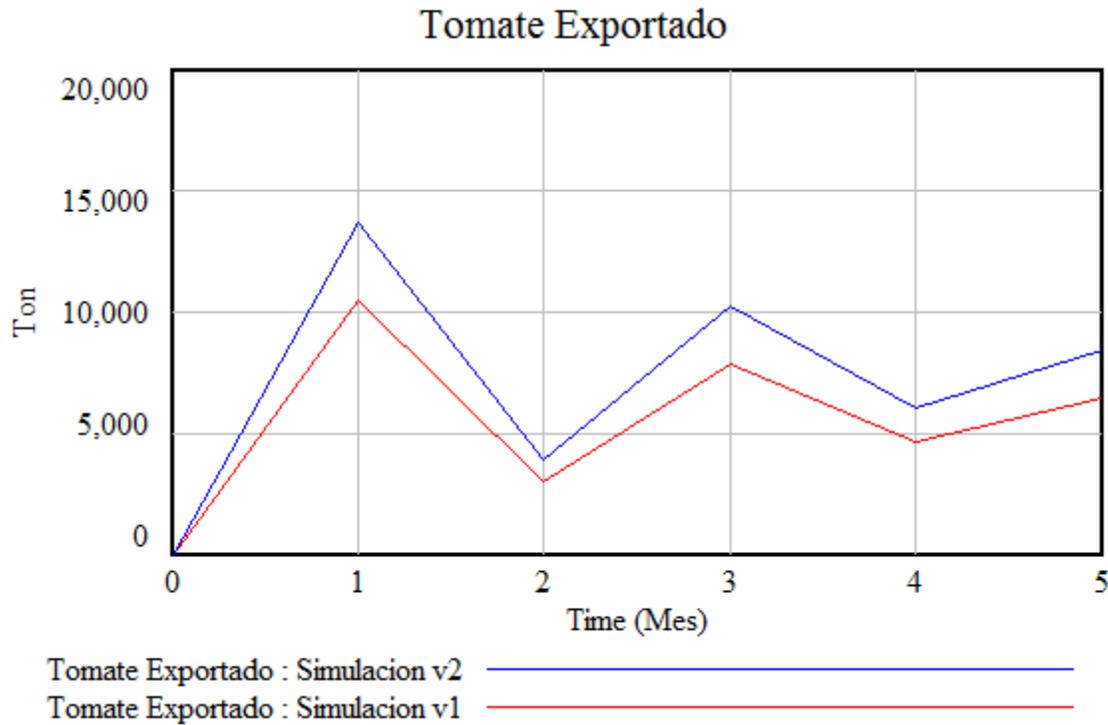
El costo se calculó multiplicando el total de cajas utilizadas por el precio unitario más el costo de flete por contenedor. Lo anterior demuestra que el costo de poner el tomate en la frontera, para los productores del Valle del Yaqui, alcanza los 2 millones.

#### **4.3 Análisis de sensibilidad.**

Ahora suponiendo que la producción incremente un 30%, de acuerdo a los registros tomados de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación (SIAP), se realiza un análisis para ver la cantidad de tomate que se exporta y la cantidad de tomate que regresa.

En la figura 16 se muestra el tomate exportado con el incremento.

Figura 16 Simulación 1 vs Simulación 2.



**Fuente: Elaboración Propia.**

La línea azul, la cual representa la segunda simulación, se acerca más a la demanda esperada del Valle del Yaqui. Sin embargo, cuando esta se alcance, conforme con el tiempo, habrá más tomate que se regrese al país y el precio será más barato, ya que la cantidad de tomate en el país, de igual manera, incrementará.

Con esta simulación se puede pronosticar la cosecha que se tendrá en los próximos años, debido a que, por la precisión del modelo y la veracidad de los datos plasmados en el mismo se puede tener un alto grado de confiabilidad en los resultados arrojados por la simulación. Sin embargo, no hay que olvidar que sigue siendo una estimación. Ningún software tiene la capacidad de predecir el futuro, sólo te da una aproximación, una probabilidad de lo que puede pasar en las próximas temporadas con base en el los datos plasmados a través del tiempo.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En vista de los resultados obtenidos, no se tendrían pérdidas si se tuviera una mejor planeación, en este caso conocemos la demanda y se puede producir conforme a esta y no saturar el mercado extranjero. De la misma manera, se ahorra en transporte al momento de no enviar producto para que después sea regresado.

Este modelo puede ser utilizado como referencia para llevar a cabo otras opciones de distribución, sin dejar de producir lo que actualmente producen o como la tendencia de producción se ha visto incrementada, continuar con esta, sin embargo que cumpla con el propósito de su producción. Hay que considerar que el Valle del Yaqui no es el único que produce dentro del estado, ni del país, lo cual hace que haya competencia de mercados.

La misma metodología empleada para llegar este modelo, Dinámica de Sistemas, ha sido una herramienta muy útil, ya que mediante la simulación se han obtenido los datos esperados, acercándose a la realidad. Y se ve cómo se puede utilizar para otros proyectos en distintos ámbitos, ya que está dirigido a estudiar sistemas, para lo cual como Ingeniero Industrial y de Sistemas debemos estar preparados.

Aunque la aplicación de la metodología nos ha dado una vista a la realidad, se recomienda que se considere este proyecto para analizar las alternativas de distribución al extranjero como parte de otra investigación.

Se recomienda para futuras investigaciones, considerar la sección de distribución del diagrama causal para que se analicen tipos de transporte opcionales conforme a las alternativas de exportación.

A los productores se les recomienda tener un punto de reunión del producto terminado en conjunto con otros productores, que los ayude a distribuir mejor el tomate y no depender de brokers, al mismo tiempo les reduce costos al depender de sí mismos la distribución de este.

## BIBLIOGRAFÍA

- A., R. (2004). *Manual de Ingeniería Industrial Volumen II*. Mexico, DF: EDITORIAL LIMUSA.
- Aracil, J., & Gordillo, F. (1997). *Dinámica de Sistemas*. Madrid: Alianza.
- Aracil, J., & Gordillo, F. (1997). *Dinámica de Sistemas*. Madrid: Alianza Editorial.
- Ballou, R. H. (2004). *Logística: Administración de la cadena de suministro 5ta Edición*. México: PEARSON EDUCACIÓN.
- BOMBELLI, E., & WRIGHT, E. (2006). Tomato fruit quality conservation during post-harvest by application of potassium bicarbonate and its effect on Botrytis Cinerea. In *Ciencia e Investigación Agraria* (pp. 167-172).
- Cinco, J. A., & Romero, J. G. (2013). *Distribución; Factor logístico que impacta en las exportaciones*. Ciudad Obregón: Instituto Tecnológico de Sonora.
- Cinco, J., & Romero, G. (2013). *Distribución; Factor logístico que impacta en las exportaciones*. Obregon: Instituto Tecnológico de Sonora.
- CNNEXPANSION. (5 de Marzo de 2013). *México y EU resuelven conflicto tomatero*. Recuperado el 2 de Septiembre de 2013, de CNN EXPANSION: <http://www.cnnexpansion.com/economia/2013/03/05/mexico-y-eu-resuelven-conflicto-tomatero>
- Economista, E. (3 de Julio de 2012). Lanzas en EU nueva ofensiva contra tomate mexicano. *EL ECONOMISTA*.
- FAO. (2009). *Importancia económica del cultivo en la región, el país y el mundo*. Recuperado el 1 de Septiembre de 2013, de Food and Agriculture Organization of the United Nations: [www.fao.org](http://www.fao.org)
- Forrester, J. W. (1981). *Dinámica industrial*. Buenos Aires: Alianza Editorial.
- García, E. D. (2006). *Simulación y análisis de sistemas con Promodel*. Mexico: PEARSON EDUCACION.
- García, J. M. (2010). *Que es la dinámica de sistemas*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.
- Gil, F. A., & Valadez, J. F. (2013). *Generación de escenarios referentes a la distribución del tomate de invernadero*. Ciudad Obregón: Instituto Tecnológico de Sonora.
- Gonzalez Ariza, A. L. (2003). *Manual de Investigación de Operaciones I*. Barranquilla: Ediciones Uninorte.
- Hay, W. W. (2002). *Ingeniería de Transporte*. Mexico, D.F.: EDITORIAL LIMUSA S.A de C.V.
- Hillier, F. S. (2006). *Introducción a la Investigación de Operaciones*. Mexico, DF: McGraw-Hill Interamericana.
- INFOAGRO. (2011). *The tomato growing*. Recuperado el 1 de Septiembre de 2013, de Infoagro: <http://infoagro.com/hortalizas/tomate.htm>
- J. P. Ignizio, T. M. (1994). *Linear Programming*. Engelwood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall.

- Jarvis, J. J. (2004). *Manual de Ingeniería Industrial Volumen II*. Mexico, DF: EDITORIAL LIMUSA.
- Jornada, L. (4 de Julio de 2012). Productores de Florida lanzan nueva ofensiva contra el tomate mexicano. *Periódico La Jornada*, pág. 22.
- Martínez, S., & Riquema, A. (1988). *Simulación dinámica por ordenador*. Madrid: Alianza Editorial.
- Moskowitz, H. (1988). *Investigación de Operaciones*. Mexico, DF: Prentice-Hall Inc.
- Moya Navarro, M. J. (2003). *Investigación de Operaciones*. Costa Rica: UNED.
- Ogata, K. (1987). *Dinámica de Sistemas*. Edo. de Mexico: PRENTICE-HALL HISPANOAMERICANA, S.A.
- Ortúzar, J. d. (2008). *Modelos de Transporte*. PubliCan.
- Pérez, J. (2011). *Estudio de Oportunidades de Mercado e Inteligencia Comercial y Estudio de Logística Internacional de TOMATE*. SAGARPA.
- Polak, E., & Wong, E. (1970). *Notes of a first course on linear systems*. New York: Van Nostrand, Reinhold Company.
- ProMéxico. (2013). *El Comercio y la exportación de productos mexicanos*. Recuperado el 1 de Septiembre de 2013, de El Comercio y la exportación de productos mexicanos: <http://www.promexico.gob.mx/productos-mexicanos/>
- Ramirez Echeverri, S. (2010). *Modelización de una cadena de abastecimiento (supply chain) para el sector textil-confección en el entorno colombiano*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Ravindran. (2004). *Manual de Ingeniería Industrial Volumen II*. Mexico, DF: EDITORIAL LIMUSA.
- Romero, C. (s.f.). *Programación por Metas: Pasado, Presente y Futuro*. Madrid: [http://www.uv.es/asepuma/recta/extraordinarios/Vol\\_01/04t.pdf](http://www.uv.es/asepuma/recta/extraordinarios/Vol_01/04t.pdf).
- SAGARPA. (4 de Septiembre de 2010). *La exportación de jitomate mexicano genera ingresos por 1,200 MDD anuales*. Recuperado el 1 de Septiembre de 2013, de SAGARPA: <http://sagarpa.gob.mx/saladeprensa/boletines2/Paginas/2010-B133.aspx>
- Shuman, J. .. (1976). *Mathematical model building and public policy: The games some bureaucrats play*. ELSEVIER.
- SIAP. (Noviembre de 2011). *Producción agrícola, cíclicos y perennes 2010, tomate rojo*. Recuperado el 1 de Septiembre de 2013, de Servicio de información agroalimentaria y pesquera: [siap.sagarpa.gob.mx](http://siap.sagarpa.gob.mx)