



# INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

---

## **TITULACIÓN:**

TESIS PROFESIONAL

“Diseño de un modelo de optimización de la cadena de suministros de la producción de naranja, en el municipio de Álamo Temapache aplicando programación línea”.

## **PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

Ingeniero industrial

## **PRESENTA**

Edgar Eduardo Portilla Franco

## **DIRECTOR DE TESIS**

Miguel Ángel López Velázquez

## **CODIRECTORA DE TESIS**

Alicia del Carmen Álvarez Salas

## **DEDICATORIA**

A mis padres: Nancy Franco García & Joel Godínez Cortes, por las atenciones, el apoyo moral en todo momento, su disposición y el brindarme la oportunidad de una educación sin importar las adversidades y toda tesitura desfavorable de opulencia material o económica.

Por último, a mis padrinos: William Gustavo Franco García & Karla Berenice Hernández Rivera quienes también formaron parte con su apoyo, enseñanzas, consejos.

Gracias por creer en mí y ayudarme a lograr este paso a la vida profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

En primer instancia y sustancial relevancia doy gracias a dios por su magnanimidad y prestarme vida para poder realizar y acrecentar la idónea preparación en función a mi carrera e integración en el ámbito laboral, por darme unos padres responsables y un paradigma en cuestión de principios y valores.

Agradezco por el encauzamiento de mis asesores, las correcciones, el tiempo y paciencia ante toda duda inopinado en la realización a lo largo del desarrollo y concreción concomitante a la investigación y detalles del presente.

Así mismo agradezco al instituto, personal administrativo, docente y departamentos por las atenciones, aclaraciones prestadas y un inherente carácter transigente ante todo cuestionamiento aun siendo este palmario.

Es grato de reconocer la oportunidad de quien lea el presente, dando la oportunidad de conceder a la experiencia y conocimientos sea parte de sus recursos mentales en la comprensión y análisis de esta tesis.

## RESUMEN

El análisis parte en función al esclarecimiento de las diversas tesis de la cadena de suministros del mercado cítrico, cuyos productos a destacar son la naranja, toronja y limón, por tanto, un modelo que abarque las variables y restricciones de la cadena es relevante debido a que los acuerdos del mercado cítrico están limitados por factores biológicos, patógenos, climáticos, económicos, ya sea por olor, tamaño y calidad de producto como el interés en este (AMC, 2019).

Los recursos existentes pueden emplearse de forma conveniente y las prácticas de mantenimiento y su recurrencia donde se ha de medir con forme al margen, para no sobrepasar el beneficio de este, por ej., en el riego de naranja el tipo de riego más eficiente en función de evitar el estrés hídrico es el método por goteo, pero para su correcta implementación es de precisar en la adquisición de maquinaria, mangueras y sustancias especiales para dicho sistema (Iagua, 2022).

Es ideal todo el uso de equipamiento especializado pero inasequible e inviable por su costo, aunado al inconveniente del bajo valor de venta por cuestiones de mercado, la temporada de lluvias, además de ser un producto perecedero. No se puede controlar en su totalidad cada caso, mientras los recursos como el fertilizante, pesticida y en especial el agua, un recurso limitado, el cual para complacer la exigencia de la naranja es necesario 8000 y 11000  $m^3$  por hectárea (Irritec, 2023).

Sin embargo, el modelo toma en consideración una diversidad de variables razonable con relación según la sección de la cadena de suministros *per sé*, su complejidad inherente, su función es visualizar los aspectos de mejora como la trazabilidad, tiempos, almacenamiento, cuidado al transportar, costos directos o indirectos y relacionados que no permiten el progreso de esta actividad, resultando en el problema que impele su desinterés con respecto a la rentabilidad de mismo.

Las fórmulas propuestas son en medida de lo posible la representación matemática de la realidad.

## ABSTRACT

The analysis is based on the clarification of the various situations of the supply chain of the citrus market, whose products to highlight are orange, grapefruit and lemon, therefore, a model that encompasses the variables and restrictions of the chain is relevant due to that the agreements of the citrus market are limited by biological, pathogenic, climatic, economic factors, whether by smell, size and quality of the product as well as the interest in this (AMC, 2019).

Existing resources can be used conveniently and maintenance practices and their recurrence must be measured separately, so as not to exceed the benefit of this, for example, in orange irrigation the most efficient type of irrigation in The function of avoiding water stress is the drip method, but for its correct implementation it is necessary to purchase machinery, hoses and special substances for said system (iagua , 2022).

The use of specialized equipment is ideal but is unaffordable and unfeasible due to its cost, coupled with the disadvantage of low sales value due to market reasons, the rainy season, in addition to being a perishable product. Each case cannot be controlled in its entirety, while resources such as fertilizer, pesticide and especially water, a limited resource, which to satisfy the demand of the orange, 8000 and 11000  $m^3$  per hectare are necessary (Irritec, 2023).

However, the model takes into consideration a reasonable diversity of variables in relation to the section of the supply chain per se, its inherent complexity, its function is to visualize aspects of improvement such as traceability, times, storage, care when transporting, direct or indirect and related costs that do not allow the progress of this activity, resulting in the problem that drives their disinterest with respect to its profitability.

The proposed formulas are, as far as possible, the mathematical representation of reality.

# ÍNDICE

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO .....	ii
RESUMEN .....	iii
ABSTRACT.....	iv
CAPITULO I. PREMISA .....	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	3
1.3 Justificación .....	5
1.4 Hipótesis .....	6
1.5 Objetivos.....	6
1.5.1 Objetivo general.....	6
1.5.2 Objetivos específicos.....	6
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO .....	7
2.1 Tesituras y antecedentes.....	7
CAPITULO III. METODOLOGÍA .....	21
3.1 Análisis de los elementos de la cadena de suministros de la producción de Naranja.....	21
3.1.1 Función objetivo .....	21
3.1.2 Proceso de producción de la naranja en Álamo Temapache.....	21
3.1.3 Proceso de comercialización de la naranja en Álamo Temapache.....	21
3.2 Definición de variables involucradas en la cadena de suministros de la producción de naranja.....	22
3.2.1. Variables en el proceso de producción y comercialización de la naranja en Álamo Temapache .....	22
3.3 Definición de la función objetivo del modelo de programación lineal.....	25
Ejemplificaciones.....	30
3.4 Transporte y satisfacción de demanda .....	32
CAPITULO 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	37
Generalidad de la cadena .....	41
Producción del cultivo (Maximización) .....	42
Temporadas de lluvia y riego.....	43
Representación.....	44

Desambiguación de corte, mantenimiento y riego.....	44
Mantenimiento por medio de fertilización en función a x, y, z .....	46
Actividades de cultivo .....	46
Llenado de estantes, almacenes, contenedores en el empaqueo de enceradoras y jugos en caja .....	47
Capacidad de respuesta.....	49
Consumo de combustible.....	52
CAPITULO 6. CONCLUSIONES .....	56
REFERENCIA BIBLIOGRAFICA .....	57

### INDICE DE ILUSTRACIONES Y TABLAS

Figura 1. Problemática de oferta y demanda .....	8
Figura 2. Estacionalidad de cítricos.....	8
Figura 3. Estructura global de interacción.....	9
Figura 4. Comparación ante adversidad en plantas .....	13
Figura 5. Modelo basado en agentes.....	14
Figura 6. Cadena de suministros: jugos de naranja .....	16
Figura 7. Proceso de jugueras y exportación .....	17
Figura 8. Distribución de agroindustria .....	18
Figura 9. Ganancias Totales por hectárea .....	19
Figura 10. Síntesis de la cadena de suministros.....	20
Figura 11. Fragmentación relevante.....	23
Figura 12. Cadena de suministros simple .....	30
Figura 13. Análisis del área de cultivo.....	31
Figura 14. Representación de flujo .....	33
Figura 15. Cadena de suministros de Álamo Temapache .....	35
Figura 16. Área de cultivo Ejido.....	35
Figura 17. Cadena de suministros Martínez de la Torre .....	35
Figura 18. Cadena de suministros 1 .....	37
Figura 19. Cadena de suministros 2.....	41
Tabla 1. Producción de cítricos en Veracruz.....	17
Tabla 2. Empacadoras y Procesadoras municipales.....	18

# CAPITULO I. PREMISA

## 1.1 Introducción

Pese a su sucinta información sobre un modelo definitivo para determinada naturaleza de esta cadena de suministros en el estado y debido a que se puede variar en métodos o aplicación según el lugar, aclarando sin perder su interpretación básica de su estructura, es viable recurrir a la heurística, definida por algo a encontrar, inventar, descubrir, facilitar o un mero hallazgo impremeditado, donde el problema presenta una cantidad exigua de formas de ultimarlos (Eduardo Maldonado, 2005).

Hay que definir pues la cadena de suministros, la cual suele confundirse con logística, pero la primera mencionada se puede definir la integración de un conjunto de negocios (productores, distribuidores, minoristas, etc.), los cuales trabajan en conjunto para la adquisición de materias primas o insumos y convertir dichos en un producto accesible para el cliente final a el cual está destinado (Campoverde, Naula, & Borestein, 2017).

La cadena de suministros se caracteriza por la relación y dependencia con los demás eslabones, desde el origen del producto al mismo tiempo el facilitar la llegada al cliente, por medio de la organización entre dichos eslabones sus recursos materiales y humanos (Manrique & otros, 2019).

Una cadena de suministros es el conjunto de empresas diferentes las cuales tiene el objetivo de explotar un mercado de enfoque y lograr el satisfacer la demanda del cliente por medio de la coordinación y evidente colaboración en función a mejorar la cadena de suministros al reducir todo tipo de contratiempos o incidentes entre dichos eslabones: proveedores, fabricantes, distribuidores, minoristas y el cliente, la unión de todos para un fin específico.

Una analogía de la cadena de suministros puede ser la de una orquesta sinfónica la cual está enfocada al disfrute de tal obra para el espectador (el producto), donde para su idónea fruición se requiere la coordinación de cada parte que compone esta (eslabones), la secuencia, tiempos adecuados, la unión, evitar interferencias, excesos o escasez



(coordinación), aunado a que su existencia depende de la gratificación moral y económica por su participación (beneficio del mercado de enfoque).

La logística es parte de la cadena de suministros ya que actúa en función a satisfacer las necesidades del cliente en tiempo, calidad y en costo, por medio de las decisiones sobre su gestión interna e influyen en la cadena de suministros, por tanto, la logística abarca las actividades de gestión internas de una empresa donde se busca la eficiencia y eficacia en el aprovisionamiento de materia primas con otras empresas, almacén, procesos, creación del producto, embalaje y su distribución (Mauleón Torres & Prado Larburu, 2021).

La eficiencia y eficacia es sustancial e ideal en cualquier proceso para maximizar producción y de ser un producto establecido, se traduce en ingresos, donde la eficiencia se centra en la utilización de los recursos existentes y entrantes para su transformación, mientras que la eficacia se enfoca el resultado que el cliente desea, en términos más simples la eficiencia es realizar el producto con la cantidad justa de recursos (aprovechamiento), y la eficacia es el cumplir con el prospecto del producto y la respectiva exultación del cliente, como su posterior recomendación a clientes potenciales (Pinheiro & otros, 2016).

La búsqueda de los mejores resultados en el redito de toda organización, empresas o negocio inexorablemente a la optimización continua y para esto se ha de tomar decisiones en la gestión de todo recurso, la programación lineal permite la solución a problemas complejos, tendiendo alternativas eficientes y mayor competitividad. El método busca el maximizar los ingresos y minimizar los egresos de una empresa, negocio, etc., en función a un recurso limitado como el tiempo, materiales o en su defecto el propio presupuesto (Ortega, 2023).

La programación lineal es la búsqueda de un objetivo a mejorar o reducir y mediante las limitantes de una determinada circunstancia y representada mayormente por una inequación, adhiriendo a estas una condición de no negatividad, se distingue el punto o conjunto de valores de solución en obtención del objetivo postulado (UNIR, 2022)

## 1.2 Planteamiento del problema

La cadena de suministros depende de sus partes y estas dependen de las otras partes para el desarrollo de la misma en abarcar y cumplir la exigencia del mercado, algo ineludible a esta aserción es la variabilidad interna y métodos empleados, además de que el entorno y medios afectan el desempeño en cualquier parte del eslabón.

Existe una fuente de problemas relacionadas con la cadena de suministros, una de ellas son las enfermedades de los cítricos como en San Luis Potosí que lidia con el Virus de la Tristeza de los Cítricos (VTC). Su repercusión es de millones de árboles en el mundo y pérdida total de industrias en Asia, Brasil, Argentina y África, causa el decaimiento o muerte de árboles de naranja, mandarina, toronja y limón mexicano en el patrón de naranjo agrio (SAGARPA, 2022).

El 90% de la citricultura usan el patrón naranjo agrio de susceptibilidad alta al VTC y el patrón citrange Carrizo (*Poncirus trifoliata* X *Citrus sinensis*), funge de alternativa fetén en suelos que no superen el 8.5% de calcio activo (limitante), pero oportuno a injertos de naranja, mandarina, toronja y limón mexicano, pero requiere de cuidados especiales, viveros y medidas para la plantación de secciones además del costo y tiempo que requiere (Díaz, y otros, 2007).

Por tal motivo el uso de pesticidas no puede reducirse, y menos el costo o tiempo de mantenimiento de cultivo, este abarca la poda del árbol, limpieza de la base del tallo, aplicación de fertilizante y el mencionado pesticida, incluso se puede injertar por plancha otra especie en un patrón (ej., naranja a mandarina), con una recomendación del proceso en mayo para su desarrollo pero en ese tiempo este no producirá (inconveniente), pero con la debida aplicación de conceptos de dominancia apical, sombra y protección a quemaduras de sol se pueden obtener 3 frutos distinto en un mismo patrón (Martínez Andrés, 2022).

Entre otros problemas es la sobre oferta del producto y al no existir suficiente demanda se traduce en la caída súbita de los precios de venta, inestables aunado al intermediarismo que existe en su mayoría entre el productor y las ultimas partes de la cadena, con una fácil percepción de costo adquisitivo a la suma de los beneficios de cada eslabón anterior (Rivas & otros, 2017).

La capacidad económica y herramientas o equipo con fines específicos está al alcance de pocos, en los casos de innovación propia con recursos existentes se fabrican alternativas regulares, pero no ideales para determinado trabajo, en cuestiones básicas el conjunto de todos los inconvenientes y soluciones con su respectivo costo o empleados desinados para su solución nos lleva al precio natural inherente de un comercio con libertad competitiva, sin regulación y en relación a la autopreservación de quienes se involucran en la producción (cientos de jornaleros) de forma idónea y postergando su actividad indefinidamente.

La regulación del mercado y precios solo puede darse por acuerdos (coordinación), entre los eslabones, donde el movimiento del mercado es dictaminado por la cantidad traída al mercado y esta se ajusta a sí misma, a su demanda efectiva, denotando el superávit (exceso), y si inevitable caída de valor o un déficit (escasez), resultando en el incremento de este, por eso la expresión: “hacia donde los precios gravitan constantemente”, pero donde el precio natural es central, punto medio y no una razón de tendencia al declive del precio del mercado (Andrews, 2014).

Para concluir el llevar tal producto al lugar en cantidad y en el tiempo que este sea necesitado pone en cuestionamiento la cadena de suministros de los productos cítricos, además de ser un beneficio la adhesión de más productores con otras partes de la cadena para no verse afectados por el intermediarismo y toda tesitura desfavorable en cuestión de ingresos, como también lo es el tiempo y la distancia de entrega si este es el caso.

### **1.3 Justificación**

Una de las formas para desarrollar la economía regional en el norte de Veracruz, es a través de una mejor organización comercial de los productos agrícolas producidos en la región, mediante el análisis de las diferentes variables que intervienen el proceso de la cadena de suministro se pueden determinar áreas de oportunidad que ayuden a mejorar la distribución de dichos productos, y en general se puede optimizar la cadena de suministros de los mismos.

Además, el desarrollo económico nacional depende de las regiones estratégicas en las cuales destaca el estado de Veracruz en la región 15 en producción de naranja como parte de una región potencial (históricamente productores), además de contar con hectáreas de alto potencial productivo, de igual forma en el caso del limón, asignados a la región 19 además de una producción estimada a 2030 de toronja de 625.63 mil toneladas, por lo cual la citricultura de la región es relevante (SAGARPA, 2016)

La formulación de un modelo matemático para la mejora y la aplicación de la cadena de suministros, así como el seguimiento dan lugar a la disminución de la variabilidad implícita en los precios de adquisición en los establecimientos, en restaurantes en sus platillos o bebidas que estén procesados o hechos por emprendimiento propio sean más accesibles para poder así facilitar el flujo de efectivo.

Cabe destacar que en la región norte del estado de Veracruz se destaca el cultivo de naranja orgánica mediante la agroecología, método que transforma el saber empírico y tradicional en metodológicos sustentados con dirección sostenible en los estados de Tlaxiahuatlán, Álamo, Tuxpan, Cazonas, etc. (SAGARPA, 2021).

Es importante la optimización de la cadena de suministros agroalimentaria por su mera cuestión económica. También es relevante Martínez de la Torre el cual su principal producción es de toronja y poniendo al estado de Veracruz como el mayor productor de toronja seguido de Michoacán y Tamaulipas (SAGARPA, 2023)

## **1.4 Hipótesis**

La cadena de suministros de la producción agrícola, analizada mediante el proceso de producción y sus formas de comercialización, permiten definir parámetros aplicables para optimizar y desarrollar la economía regional de productos que son la base económica de zonas rurales.

Por lo tanto, el desarrollo de modelos que describan el proceso de la cadena de suministros de la producción de naranja en Álamo Temapache, puede conducir a la definición y optimización de variables que están involucradas en el proceso de la producción y comercialización.

## **1.5 Objetivos**

### 1.5.1 Objetivo general.

Desarrollar un modelo matemático para el análisis de la cadena de suministro de diferentes clases de productos cítricos en el norte de Veracruz.

### 1.5.2 Objetivos específicos.

1. Analizar los elementos involucrados en la cadena de suministros de la producción de naranja en Álamo Temapache y zonas aledañas.
2. Definir las principales variables y las restricciones que intervienen en la distribución de la producción de naranja de la región de Álamo Temapache y zonas aledañas.
3. Establecer un modelo que describa la cadena de suministro de la producción de naranja en Álamo Temapache y zonas aledañas.

## CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Tesituras y antecedentes

La cadena de suministros de limón persa se ve afectada en una baja productividad y una intervención excesiva entre el productor y la exportación del producto, además de métodos y utensilios no idóneos en procesos de embalaje, aunado a esto, el problema de la oferta y demanda relacionada a su oferta y demanda son presentes, con el tiempo la oferta excesiva produjo precios inestables del producto y subproductos.

En el 2013, Veracruz represento a nivel nacional la producción del 80%, 52% y 60% de naranja agria, valencia y limón persa, además del fruto también se destacan concentrados, aceite esencial, y coproductos de relevancia de farmacéuticas y refresqueras. La agroindustria cuenta cuanto menos por 90 empacadoras de limón persa para distribución o exportación, 8 extractoras, 6 gajeras y en todo caso 80 enceradoras.

Los efectos adversos de la cadena de suministros se ven en el eslabón primario (Productor), definido por escasa organización, visión empresarial, clima no favorable, bajo rendimiento por hectárea, escaso fertilizante.

Se destaca como la zona citrícola representativa al distrito 003 de Martínez de la Torre y municipio de alcance de Álamo Temapache y Cuitláhuac, y en los cuales se logra identificar 3 eslabones: el primero conformado por el huerto productor, el segundo por las procesadora y el ultimo definido como comercialización/distribución.

Los productores de limón persa pueden ser pequeños, mediano o grandes, no obstante, la cantidad y calidad, así como producción dependerá del poder adquisitivo del agricultor, como en el caso de la alternativa temporal o riego durante las fases de floración, brote y fruto, aunado al mantenimiento, limpia, poda, fertilización, abono y fungicida.

Oferta y demanda desfasados en periodos y ejemplificación de la regulación y teoría del valor.

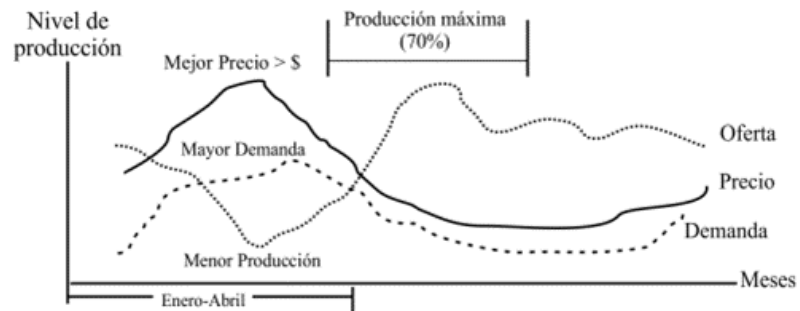


Figura 1. Problemática de oferta y demanda

Fuente: (Fernández y otros, 2015)

Al comparar el limón y la naranja, se observa que el limón extiende mayormente su producción en 7 meses, de junio a diciembre. La naranja se concentra en 4 meses, de enero y abril; y la toronja (pomelo) en 4 meses, de septiembre a diciembre.

Ilustración 6. Estacionalidad del limón y la naranja, Veracruz y México.

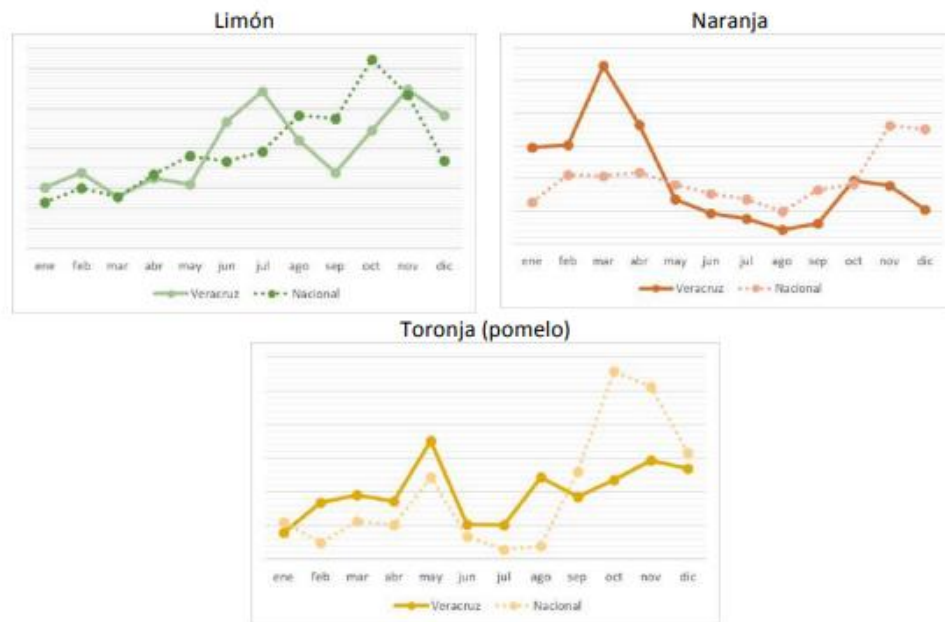


Figura 2. Estacionalidad de cítricos

Fuente: (Díaz Reyes, y otros, 2021)

La partición de destino del huerto se divide hacia centros comerciales, subasta, acopio en comunidad, exportadora, coyote de huerto, procesadoras como las extractoras conocidas como jugueras y enceradora para el fruto de anaquel, etc.

El recurrente en destacar es la falta de productividad por la carencia de tecnología de riego, atención fitosanitaria denotando desconfianza al momento de contar con un proveedor para la exportación teniendo que contar con cultivos propios que abastecen en un 23 -36%, atención a embalajes, la falta de organización del primer y segundo eslabón, incertidumbre climática, de mercado, opciones y exactitud de forma global.



Figura 3. Estructura global de interacción

Fuente: (Fernández y otros, 2015)

La cadena de suministros agroalimentaria “Agrid-Food Supply Chain”, o por su acrónimo AFSC derivado del inglés, donde los márgenes son desde la granja hasta la mesa, englobando el cultivo de la tierra, la distribución de productos y el cliente final. La cual no presentan ser eficientes debido a la sensibilidad de los productos y falta de apoyo gubernamental.

El análisis es de enfoque cuantitativo de metodología descriptiva-correlacional, estadística por medio de una encuesta y con ayuda del software SPSS-25, teniendo como resultado el estadístico alfa de Cronbach un valor de 0.789, connotación baril, haciendo factible un modelo de colaboración optimizado por medio del modelado basado en agentes (MBA), fragmentado en escenario base, saturación de mercado y teoría de juegos colaborativos con un monto de \$10,165.75 USD recuperables en un periodo de 5 años.



Su modelo conceptual es escueto pero preciso y está definido por Productor (P) – Transporte (L) – Centro de distribución / Procesamiento (A) – Transporte (L) – Cliente (C), donde la relación entre agentes es dado por la sumatoria de P más la sumatoria de L es igual al valor de A y la sumatoria de A mas la sumatoria de L es igual al valor de C, por su relación Productor – transporte desde P hasta el centro de distribución A y en la posterior fórmula de este más un transporte distinto L hacia el cliente final representado con la letra C.

Intervención de conceptos como VAN (Valor Anual Neto), TIR (Tasa interna de Retorno), PRt (Periodo de recuperación. Existe una ganancia para el productor del 30% mientras el intermediario de la cadena percibe del 50% al 60%, el cual el cliente adquiere a otro costo, ej., si el costo del productor es de 16k el del producto final es de 45k.

1. Agentes / Variables de agentes: (#)
2. Productor (P)
3. Camiones (L)
4. Intermediario o centro de acopio (ac)
5. Cliente (C)
6. Ganancia de los agentes (G)

Transporte productor es igual a la expresión:  $p = s + m + n + a$ , donde s (semillas), m (mano de obra), n (insumos), y a (agua), son sumados para dar el costo de su cosecha, mientras que para el transporte dado por:  $L = o + i + x$ , con L (camiones), implica la suma de costo de operario (o), de combustible (i), y distancia recorrida (x)

El producto intermediario se obtiene por medio de:  $cp = p + (0.3 * p) + L$  &  $ac = cp + f$ , donde f es el costo de almacenamiento

La compra cliente es:  $C = ac + L$ , por otro lado O representa la existencia de cooperación de agentes:  $cp < cP$  ;  $gf < C$ .

El intermediario es menor al nuevo precio puesto por el productor, el nuevo precio de adquisición del cliente es menor al final y el n beneficio a la adquisición y ganancias de todos y los resultados de intervención son:

$$cP = p + (0.6 * p) - L \text{ \& } gf = cP + L$$

Se elimina al intermediario (cooperación cliente-productor), donde el productor adquiere mayor beneficio y el cliente tiene el producto a menor costo. El modelado representa la claridad suficiente para observar el intermediarismo y el valor monetario acumulado que paga el cliente final por todo aquel que se halle en los eslabones anteriores, es una forma global concisa para no complicar el entendimiento de esta (Menéndez Zurama, 2023).

Para la solución del problema se pueden recurrir a un sin número de formas; lineal, entera, mixta, por metas, simplex, método de asignación húngara, esquina noreste, método Vogel, de los mencionados todos tienen un énfasis o su especialización dependiendo del caso del cual se trate e incluso en cada caso algunos métodos son mejores que otros y varía su complejidad y extensión.

Los modelos para definir la configuración óptima permiten decidir desde los proveedores de los materiales hasta la incorporación de posibles centros de distribución al cliente donde el modelo representa la ventaja de generar una configuración que reduce las emisiones de carbono manteniendo los costos totales de operación cercanos a los valores óptimos, como en su respectivo estudio, la implementación de una programación entera mixta y posterior solución con programación por metas resultó ideal para el caso.

Es importante destacar que la meta es la reducción de emisiones por el traslado consumo y relativa exigencia de producto, contribuir a mitigar el cambio climático mediante la reducción de la huella de carbono de la cadena de suministros, el modelo resulta de gran utilidad tanto para empresas como para responsables de establecer políticas para el medio ambiente (Obando, 2017).

En definitiva, la programación lineal por metas demostró resultados positivos significantes, además cabe destacar que esta optimización ayuda contra el cambio climático, acciones como reducción del uso de medios de transporte y la cosecha en temporadas reduce la huella de carbono a la vez de contribuir a climas mejores para las mismas cosechas, considerando que México produce 5.94 ton de CO<sub>2</sub>.

Un ahorro en los costos de las cosechas puede verse en el uso de abono ecológico en lugar de usar fertilizantes además de no rebajar la capacidad de capturar carbono de la tierra por explotarlo intensivamente e incluso ayudando en un 0.5 la huella de carbono al no incurrir

en gastos de transporte del fertilizante siempre y cuando esta alternativa esté disponible, sea económicamente factible y su rendimiento por metro cuadrado sea mayor (Crespo, 2020).

El cambio climático puede perturbar las temporadas de lluvias así que el tomar en cuenta los efectos desfavorables para las plantas, la causa de la muerte de estos organismos es debido al estrés hídrico, causada donde la transpiración de la planta sobrepasa el nivel de agua absorbida por las raíces, el ejemplo de su relevancia se denota sobre pruebas llevadas a cabo en 2011 en 4 plántulas; con estrés inducido (CEI), y sin estrés inducido (SEI).

El inexorable resultado es un axioma ostensible, el muestreo del precepto (CEI), mostrando síntomas de marchitez, en un 20% más negativo de las plantas (SEI), menos evapotranspiración y contenido relativo de agua en las plántulas. Las variables por consiguiente ilación son: el estado hídrico ( $\Psi$ ), contenido relativo de agua en el suelo, hojas, tallo, evapotranspiración, dimensiones de la planta como su altura, medida de la raíz, área foliar, biomasa de tallo, hojas y raíz), además de la eficiencia de uso del agua en la productividad (EUAp), en tres especies de arbóreas caducifolias (desprendimiento de hojas estacional y posterior a la floración, como caída de fruto maduro).

Es substancial la dependencia del agua para toda forma de vida, en especial para el crecimiento y producción de frutos, su parva presencia en el suelo puede incurrir en una transpiración demasía a la absorción del agua por las raíces, a la fecha el estimador de medida de este parámetro es el potencial hídrico ( $\Psi$ ).

Las temporadas de lluvia y lapsos de ausencia variables en el tiempo mengua la adaptación por estrés hídrico, donde en el estado de plántula este efecto es más perjudicial debido a un sistema radicular subdesarrollado, insuficiente en profundidad y extensión. La experimentación de las plántulas de entre 3-4 meses de edad y posterior colocación en masetas con evidente aclimatación de 2 meses con riego semanal, al terminar este, el discernimiento de (CEI), y (SEI), se llevó a cabo por el corte y continuación de este según lo preceptos.

El contenido relativo de agua en el suelo (CRAs), puede darse por la ecuación de CRAs:  $[(Pf-Ps) / Ps] \times 100$ , donde pf es la muestra fresca y Ps la muestra seca de suelo y la

evapotranspiración diaria (ET) se definió por la diferencia entre su peso posterior riego y sin este entre los días transcurridos, con diferencia minucia para ahincó inherente dado en:

$ET = (PM \text{ max} - PM \text{ min}) / d$ , y por último a considerar la eficiencia de uso del agua en la productividad (EUAp), se calculó del cociente de E.T., acumulado a partir de su suspensión hasta el día de muestreo, y donde Bac es la biomasa al inicio y final entre los días transcurridos por medio de  $EUAp = ETac / Bac$ .

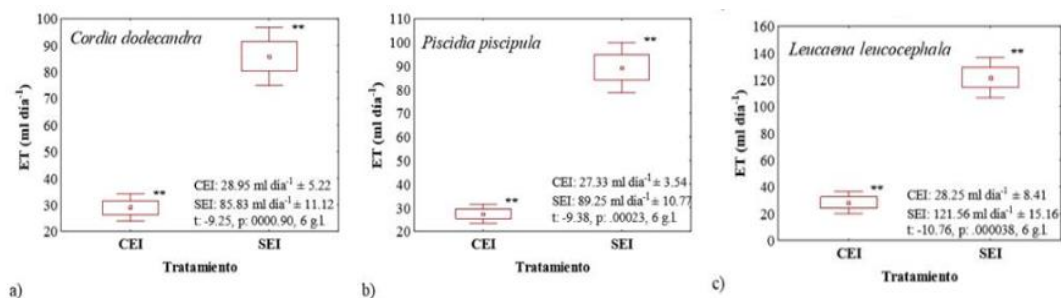


Figura 4. Comparación ante adversidad en plantas

Fuente: (Luna y otros, 2012)

Es relevante la influencia de un tratamiento de nitrógeno y riego, las plantas dependen de un suministro de nitrógeno para formar aminoácidos, proteínas y ácidos nucleicos para su desarrollo (altura, diámetro del tallo, concentración de clorofila, número de hojas, área foliar, prolina y biomasa), tales características son variables destacables en función al discernimiento en su ausencia y respectiva adhesión.

Aportación de Nitrógeno y estrés hídrico: Se redujeron las concentraciones de Nitrógeno total en 21.73% y N-NO<sub>3</sub> en un 61.84% y el área foliar en 53.4% y diámetro de tallo en 36.5%, incrementándose la prolina en 39.41%.

Aportación con riego y ausencia de Nitrógeno: Reducción de clorofila en 20% y biomasa del tallo en un 58.34%, mientras el Contenido Relativo de Agua (CRA) de tallo se redujo en 61.54% y en la raíz en 60.17% (Quezada y otros, 2011)

El problema de una cadena de suministros puede presentar un carácter de incertidumbre al factor humano o cambios de ruta por accidentes o mantenimiento, volviéndose un sistema complejo y variable, en torno a otro ámbito como las construcciones son un sistema complejo de diversos agentes que sufren cambios a lo largo del tiempo, así como situaciones emergentes que otros métodos no gestionan, caracterizado por el comportamiento emergente o probabilidad y tendencia en función a el área, personal, orden de actividades y las limitantes existentes inmanente al área definida.

La modelación basada en agentes predispone a la formulación en cuestión de elementos individuales (agentes), de comportamiento individual, con el mismo medio de interacción (agentes en un mismo sistema), esa heterogeneidad e interacción en el entorno es sistémico y el proceder emergente son distintivas del MBA. Su objetivo no es la optimización de un sistema complejo, sino el entendimiento del resultado por cada proceso.

En la cadena de suministro se vio su aplicación en la gestión de los residuos de la construcción y que su aplicación es más adaptable en una cadena de suministros dinámica (uso de tecnología para manejo de datos, optimización y acción).

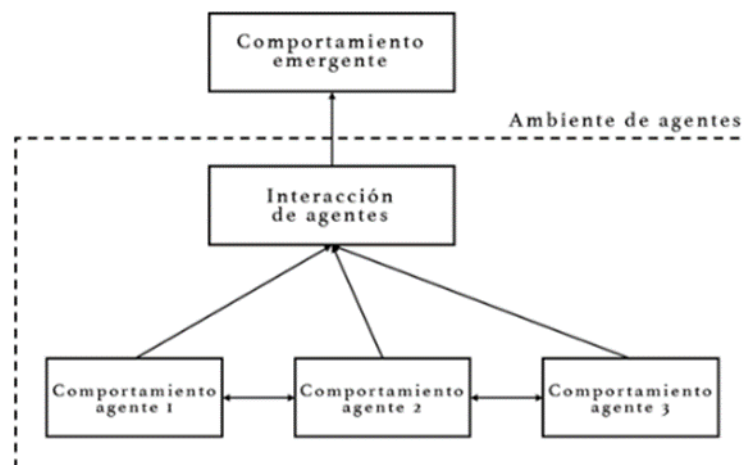


Figura 5. Modelo basado en agentes

Fuente: (Araya, 2020)

Se conoce como tal debido imple a la creación de mundos artificiales, por tanto, su concepción escrita, formal matemática y programación. La formulación del modelo basado por agentes (MBA), refiere el gestionar el modelo desde la heurística enlazada al contexto

del problema (ideas, variables, limitantes, hipótesis y datos), donde es inherente la legibilidad clara y satisfactoria para poder ser replicado, garantizando su explicación y descripción de formulación.

Existe un protocolo estándar de modelación basada en agentes es “Overview, Design concepts, and Details”, (ODD), que significa: Descripción general, los conceptos de diseño y los detalles. El modelo NetLogo de Schelling responde a la incógnita de un proceso con un objetivo en un determinado periodo de tiempo al cual es definido, tomando en cuenta su inicio y final con respecto a una condición de propagación dentro del espacio definido o al llegar a un lugar definido, encontrar o la exclusión de un camino o sitio por condiciones definidas por medio de código (Aguilera Ontiveros & Posada Calvo, 2018).

Independientemente de la utilidad el uso de tal es complejo y extenso por tanto se ha de ser poco viable por cuestión de tiempo al comprender este, además presenta más comandos por código a diferencia de otros programas con interfaz amigable donde este código es ejecutado sin siquiera escurrirlo sino solo usar su nombre.

Las cadenas de suministros parten de un punto general como idea para el esclarecimiento y su consiguiente representación donde es recurrente el proveedor, productor, puntos de distribución, vendedores y el cliente, esto puede variar, pero es válido, pero la integridad de la cadena de suministros es el curso de procesos y flujos internos de cada parte de la cadena llegando al alcance de los procesos y flujos de múltiples colaboradores para el desempeño del mercado al cual se es parte.

Un ejemplo de la cadena de jugos de naranja de exportación de Veracruz, México, procesa varios tipos de producto derivados de la naranja: jugo concentrado congelado, jugo fresco, jugo fresco aséptico, jugo concentrado congelado orgánico y jugo fresco orgánico como se presenta.

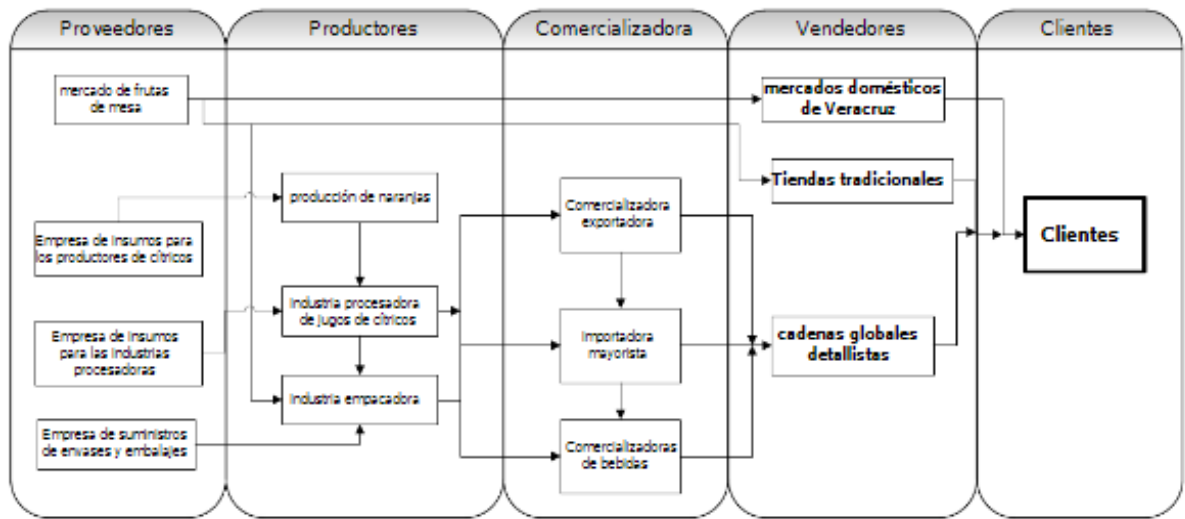


Figura 6. Cadena de suministros: jugos de naranja

Fuente: (Sablón & otros, 2017)

Las jugueras extraen el jugo, lo enfrían y lo entregan a pipas que lo trasladan a las terminales marítimas especializadas. Esta esteriliza y almacena en frío el jugo para entregarlo a tanques ubicados dentro de barcos y se exporta a Estados Unidos, diversos países de Europa.

En cuanto a la materia prima que tienen disponible para sus inventarios, dependen de la estacionalidad de la cosecha de la fruta. La citricultura de naranja requiere una integración de la cadena productiva y comercial al incluir al eslabón de la producción primaria y el de la transformación (plantas jugueras) en el proceso. La cadena de distribución parte de transporte en camión de redilas a granel de las huertas (centros de gravedad de clúster de huertas) a pocas jugueras participantes.

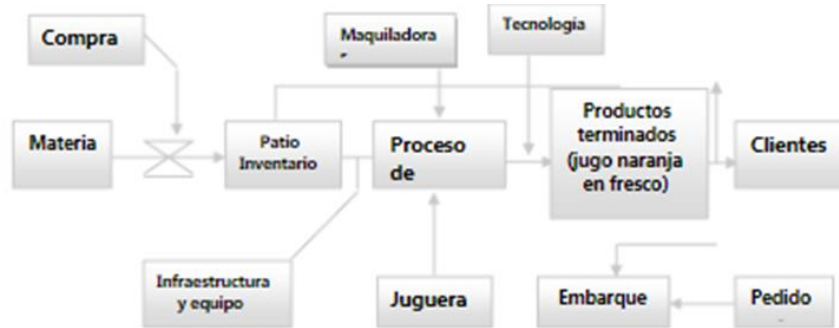


Figura 7. Proceso de jugueras y exportación

Fuente: (Sablón Cossío, y otros, 2017)

La existencia de empresas dedicadas al proceso de jugo concentrado, aceite esencial, cascara deshidratada e incluso pectina son: Citrofrut S.A. de C.V; Procitrus S.A. de C.V.; Citromax S.A. de C.V., y Danisco Mexicana S.A. de C.V., de las cuales las mas consolidadas, implementaciones de normas y un estándar nacional e internacional por el uso de tecnologías se destacan: 1. Internacional Química de Cobre S.A. de C.V., División Cítricos, 2. Citrofrut S.A. de C.V., Planta Álamo Temapache, 3. Procitrus S.A. de C.V., Planta Álamo Temapache, 4. Citromax S.A. de C.V. , Planta Álamo Temapache & 5. Danisco Mexicana S.A. de C.V. Planta Álamo Temapache

Las mencionadas presentan estrategias empresariales definidas y la frecuencia de ser estas establecidas en Álamo Temapache es por el nivel de producción de cítricos de y su importancia para el estado de Veracruz, como se muestra en la tabla:

Tabla 1. Producción de cítricos en Veracruz

	Municipio	Producción (Ton.)	Valor producción (pesos)
1	Álamo Temapache	813,343.50	\$ 822,896,320.00
2	Martínez de la Torre	443,656.00	488,774,060.00
3	Tihuatlán	234,682.00	189,237,400.00
4	Tuxpan	128,525.00	122,547,400.00

Fuente: (Bada & otros, 2012)

A su vez, existen un numero de empacadoras y procesadoras ubicadas en el estado de Veracruz en función a la producción de cítricos.



Tabla 2. Empacadoras y Procesadoras municipales

Producto	Empacadoras	Procesadoras	Principales municipios
Naranja	12	5	Álamo Temapache
Limón persa	72	8	Martínez de la Torre
Plátano	11	4	Otatitlán y Tlapacoyan
Piña	3	8	Cd. Isla y Veracruz

Fuente: (Bada Carbajal, Rivas Tovar, 2010)

La especialización económica da fe de la geografía contrastante, aunada a una importante herencia. Durante los noventa, el sector agrícola combina el ganado y las grandes plantaciones con la agricultura de subsistencia, la industria concentrada en las áreas urbanas aporta cerca de la quinta parte del producto estatal y ocupa alrededor de la quinta parte de la población económicamente activa (PEA), ya que los servicios y el comercio son sin duda las actividades más importantes desde el punto de vista del producto, ya que aportan casi la mitad en el empleo, debido a que concentran casi 60% de la PEA (INEGI, 2009).

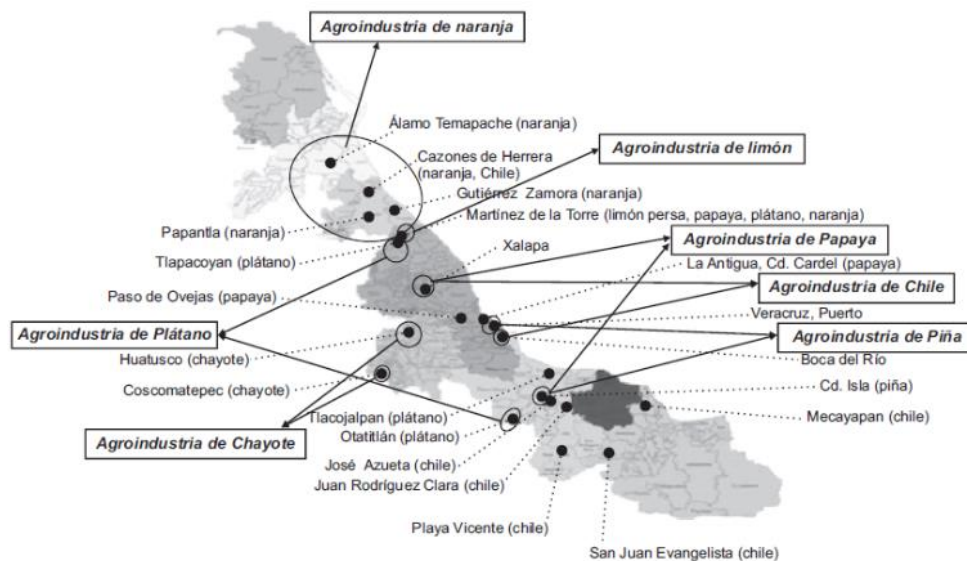


Figura 8. Distribución de agroindustria

Fuente: (Bada Carbajal, Rivas Tovar, 2010)

Generalizando el comercio de productos cítricos, su impacto económico, consumo en particular doméstico, con respecto a las importaciones son ínfimas a las exportaciones por la alta oferta y disponibilidad a excepciones puntuales en meses como enero o abril donde la

demanda supera la oferta y la dependencia de la citricultura engloba 69 mil familias con una demanda de 16 millones de jornaleros inherentes de 696 mil empleos directos e indirectos.

El incremento de territorio para simbra del 2010 al 2021 fue del 13% nacionalmente, una tendencia del 1.2% anual y un 25% en producción, un 2.3% anual. La participación en superficie de producción de Veracruz se establece en la mayor del año 2022 con 48.60% de naranja, toronja en un 37.49%, mandarina 63.62% y en segundo puesto el limón con 24.13% solo por detrás del estado de Michoacán.

En producción 49.43% en naranja, 27.24% de limón, toronja en un 56.33% y en segundo lugar con 14.37% de mandarina en la cuales Las ganancias totales (VAN) a valor presente de una hectárea de limón, naranja y toronja, de acuerdo a su régimen de humedad (riego y temporal), proyectadas en un periodo de análisis de 36 años, que equivale al ciclo productivo de los cítricos, y simuladas en cada escenario propuesto: libre de Cancro de los cítricos; erradicación al 100% con y sin programa; y erradicación en 579 m2 de una hectárea, con y sin programa.

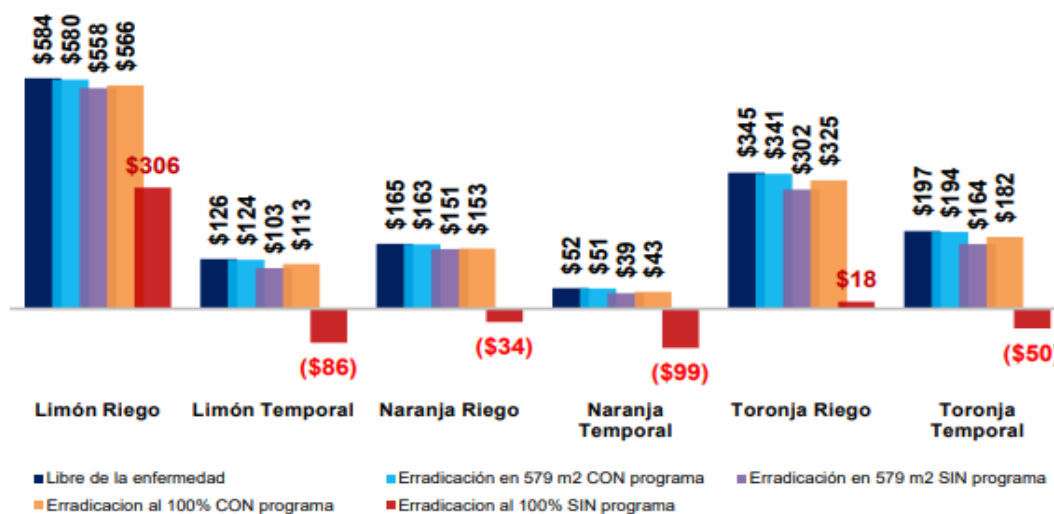


Figura 9. Ganancias Totales por hectárea

Fuente: (SENASICA, 2021)

Se sustenta que la inversión en función del cuidado del cultivo es relevante, la anterior ilustración demuestra valores en miles de pesos, un programa (subvención), es ideal para la producción además de la diferenciación evidente de cítricos por temporal y riego.

Las micro empresas la forman principalmente las procesadoras de jugo simple y las empacadoras, en el caso de las procesadoras de jugo simple realizan ventas sólo al menudeo y llevan procesos rudimentarios para la transformación de materia prima.

En lo que se refiere a las empacadoras, éstas realizan procesos de lavado, cepillado, encerado y empaçado; sus productos son comercializados al mayoreo, y se venden por tonelada. Se destinan al mercado nacional, principalmente a cadenas de supermercados, y al mercado internacional de Estados Unidos.

Las pequeñas y medianas empresas están formadas por las empresas procesadoras de jugo concentrado, aceite esencial, cáscara deshidratada, que realizan sus procesos de transformación con maquinaria sofisticada, sus productos son vendidos a otras industrias, principalmente farmacéuticas y alimentarias nacionales e internacionales en grandes cantidades, debido a reprocesados para convertirse en productos finales.



Figura 10. Síntesis de la cadena de suministros

Fuente: (Bada Carbajal, 2010)

## **CAPITULO III. METODOLOGÍA**

### **3.1 Análisis de los elementos de la cadena de suministros de la producción de Naranja**

Como parte fundamental del estudio, se considera el análisis de la cadena de suministros de la producción de naranja desde su proceso de producción y hasta su comercialización, tomando en cuenta parámetros y variables que permiten la valoración y optimización del proceso de la cadena de suministros. Destacando como metodología principal la programación lineal, en la que se define una función objetivo junto con sus restricciones, para que después de establecer estas variables y funciones se pueda aplicar para obtener parámetros de optimización del proceso. Para este caso en particular el número de variables involucradas obligan la búsqueda de formas de procesamiento de los resultados fuera de lo comunes que se aplican en el salón de clase

#### **3.1.1 Función objetivo**

Corresponde a la función objetivo determinar la razón principal de aplicación del modelo de programación lineal, para el caso de la cadena de suministros de la producción de naranja, se parametrizan las variables económicas principales que permitan obtener el mejor rendimiento económico de todo el proceso de producción y de la comercialización durante la cadena de suministros.

#### **3.1.2 Proceso de producción de la naranja en Álamo Temapache**

Referente a la producción de la naranja, este proceso se determina como el conjunto de actividades preferentes a la parcela, suministros agrícolas, hasta la adecuación y posterior preparación del producto antes de la entrega al mercado para la comercialización.

#### **3.1.3 Proceso de comercialización de la naranja en Álamo Temapache**

Para la comercialización de naranja se contempla revisar las formas de presentación del producto considerando que la calidad del producto obliga a buscar maneras distintas para su colocación en el mercado.

### **3.2 Definición de variables involucradas en la cadena de suministros de la producción de naranja.**

La cadena de suministros desde la perspectiva agrícola tiene formas muy específicas de operar, dentro de las condiciones principales se encuentran las vías de acceso a los puntos de comercialización, teniendo en cuenta que como son productos agrícolas dependen de formas de pesaje (basculas) que están ubicadas estratégicamente en la región agrícola y estos factores deben ser parametrizados en el modelo de análisis y optimización. Y así existen un sin número de variables que pueden medir las formas y características de la cadena de suministros.

#### **3.2.1. Variables en el proceso de producción y comercialización de la naranja en Álamo Temapache**

El análisis debe corresponder a la ubicación de los diversos puntos de la cadena de suministro la cual es el conjunto de instalaciones y medios de distribución necesarios para llevar a cabo el proceso. El análisis debe corresponder a la ubicación de los diversos puntos de la cadena de suministro la cual es el conjunto de instalaciones y medios de distribución necesarios para llevar a cabo el proceso de venta de un producto en su totalidad.

El desarrollo de tal comienza en comprender la totalidad de las implicaciones y cosas que intervienen en el proceso, así como toda tesitura relevante y los costos que se definan como relevantes de primera mano, como se muestra a continuación.

Simbolo	Variable
Pv	Producción total de productos agrícolas (TON/ Kg /etc)
W1,W2,W3...Wn	Tipos de productos
Valores economicos	
S	Beneficio total (ingreso por ventas TON/ Kg /etc)
I	Inversión (egresos por cuidado por cada TON/ Kg /etc)
F	Inversión (egreso no relacionados al cuidado del campo )
R	Rendimiento (Beneficio total / Inversión)
Ct	Costo de transporte (consumo/mtto/tiempo)
Co	Costo de mano de obra (cuidado de cultivo)
Cm	Costo de mantenimiento de cultivo (abono/pesticidas)
Ce	Costo de embalaje o contención para transporte
X	Costos extras (egreso sin especificar anteriormente)
Vr	Valor de venta por TON/ Kg /etc)
Nivel de transporte y destino	
Gd	Grado de distribución del producto factible (Flujo)
U	Almacenes
M	Centros de comercializacin/Extractoras/Fábricas/Etc.
J	Ruta de transporte idela
K	Ruta alternativa
C	Tiempo de ruta alternativa
L	Tiempo promedio de ruta Ideal (dias/horas/ minutos)
Z	Exigencia de teimpo al destino (dias/horas/minutos)
Anexos	
D	Demanda
A	Mercado interno (exigencia dentro de la región)
B	Mercado externo (exigencia fuera de la región)
H	Oportunidad para producción (conveniencia)
Ns	Número de Productores

Figura 11. Fragmentación relevante

Su clasificación funge como método de reconocimiento y organización, además de los propósitos de las fórmulas básicas se deben considerar los valores respectivos (tiempo-tiempo, kg-kg). La correspondencia entre la producción total y la demanda de la misma se puede expresar para el mercado interno A como se muestra de forma:

$$HA = \left( \frac{Ns \cdot PvWA}{DWA} \right)$$

Transcripción: La oportunidad de la inversión para el mercado interno “A”, es igual a la cantidad de productores por la producción total del tipo de mercancía designada para el sector interno entre la demanda del tipo de producto. Así mismo se puede realizar para el mercado externo “B”.

$$HB = \left( \frac{Ns \cdot PvWB}{DWB} \right)$$

Con respecto a los beneficios del cultivo se verá como lo obtenido por cada unidad de medida del tipo de mercancía menos el costo para su producción, cuidado, cosecha y mantenimiento mientras costos de transporte, embalaje, carga y descarga se verán aparte.

$$X = S \cdot PvWA - IWA$$

$$S = Vr - \left[ \sum_{i=1}^n CoWA i + CmWA i \right]$$

Transcripción: Los beneficios globales del cultivo para el productor serán igual a el beneficio de la producción (valor de venta por producto – costo para el cuidado del producto), por la producción total del tipo de mercancía asignado para el mercado interno menos los costos sin relación al cuidado del cultivo del tipo de mercancía asignado al mercado interno.

La inversión F es la sumatoria de los costos asignados:

$$F = \sum_{i=1}^n CtA i + CeA i + XA i$$

Si se desea sacar el valor de conveniencia las dos fórmulas anteriores ser dividirán y valores mayores a 1 son los ideales.

$$X = S \cdot PvWA - IWA$$

---


$$F = \sum_{i=1}^n CtWA i + CeWA i + XWA i$$

Del mismo modo puede aplicarse al mercado externo.

$$X = S \cdot PvWB - IWB$$

$$S = Vr - \left[ \sum_{i=1}^n CoWB i + CmWB i \right]$$

$$F = \sum_{i=1}^n CtWB i + CeWB i + XWB i$$

$$X = S \cdot PvWB - IWB$$


---


$$F = \sum_{i=1}^n CtWB i + CeWB i + XWB i$$

### 3.3 Definición de la función objetivo del modelo de programación lineal

Realizada la organización o contextualización de factores relevantes se tienen que responder las siguientes preguntas:

- I. ¿Qué se quiere realizar?
- II. ¿Cómo deseas realizarlo?
- III. ¿Cuáles son las limitantes para esto?

El asignar las metas a cumplir, es importante para poder tener un objetivo el cual alcanzar con el sustento teórico supuesto, lo que es de obtener siempre se reduce a un número finito de intereses como lo son:

- 1.- Maximizar la eficiencia en el cumplimiento de demanda.
- 2.- Maximizar los beneficios (\$), reduciendo los costos.
- 3.- Maximizar la eficiencia ruta-tiempo de entrega.

Variables de decisión para el estudio: 1.- limón / 2.- Toronja / 3.- Naranja

Metas a alcanzar expresadas de forma matemática aplicables de mercado interno y externo:

$$MAX_1 = \sum_{i=1}^3 \left[ \left( \frac{P_i}{D_i} \right) 100 \right]$$



$$MAX_1 = \sum_{i=1}^3 \left[ \left( \frac{P_1}{D_1} \right) 100 \right] + \left[ \left( \frac{P_2}{D_2} \right) 100 \right] + \left[ \left( \frac{P_3}{D_3} \right) 100 \right]$$

Donde:

P = Producción total del silvicultor.

D = Demanda del mercado con respecto a tipo de producto (1,2,3).

Se debe cumplir la demanda sin exceder esta o al menos no en mayor medida de repercutir negativamente en esta.

Maximizar los beneficios requiere de un análisis de los egresos e ingresos definiendo la ganancia resultante de la cosecha, esto se muestra en la siguiente ecuación:

$$MAX_2 = \sum_{i=1}^N (Fx - Axi) + (Fy - Ayi) + (Fz - Azi)$$

Donde:

Fx = Valor de venta de limón.

Fy = Valor de venta de toronja.

Fz = Valor de venta de naranja.

Ax = Suma de los costos totales para la producción de limón.

Ay = Suma de los costos totales para la producción de toronja.

Az = Suma de los costos totales para la producción de naranja.

La suma de los costos totales para la producción de los cítricos (1.- limón, 2.- Toronja, 3.- Naranja), será por el resultado de la suma de la inversión empleada a los cultivos y la inversión y costos no relacionados a los cuidados del tipo del cultivo.

$$Ax = IW_1 + FW_1$$

$$Ax = \left[ \sum_{i=1}^n Co_i + Cm_i \right] + \left[ \sum_{i=1}^n Ct_i + Ce_i + Xi \right]$$

Origen:

$$X = S \cdot PvWB - IW$$

$$I = \sum_{i=1}^n Co i + Cm i$$

$$X = S \cdot PvWB - IWB$$

$$F = \sum_{i=1}^n CtWB i + CeWB i + XWB i$$

$$F = \sum_{i=1}^n Ct i + Ce i + X i$$

Aplicación a faltantes:

$$Ay = IW_2 + FW_2$$

$$Ay = \left[ \sum_{i=1}^n Co i + Cm i \right] + \left[ \sum_{i=1}^n Ct i + Ce i + X i \right]$$

$$Az = IW_3 + FW_3$$

$$Az = \left[ \sum_{i=1}^n Co i + Cm i \right] + \left[ \sum_{i=1}^n Ct i + Ce i + X i \right]$$

El beneficio económico está relacionado a la relación de oferta y demanda.

Por último, para la tercera optimización se requiere de la mejora de los tiempos de transporte y que se mueva la mayor cantidad de volumen para garantizar el menor costo de transporte por la menor cantidad de viajes realizados para la satisfacción de los requerimientos de cada comprador de la materia prima (1,2,3).

Por tanto, lo primero a considerar son la relación tiempo y plazo para la entrega, independientemente de que este exista, lo mejor siempre es el menor tiempo ya que si este se disminuye en la elección de una ruta el costo de transporte se reduce y hay mayor beneficio al productor.

A continuación, se muestra la ecuación para la selección de la ruta ideal para cumplir con la optimización respectiva:

$$MAX_3 = \sum_{i=1}^N \left[ \left( \frac{R \cdot T}{L_i} \right) 100 \right]$$

$$MAX_3 = \sum_{i=1}^N \left[ \left( \frac{T}{L_1} \right) 100 \right] + \left[ \left( \frac{T}{L_2} \right) 100 \right] + \dots + \left[ \left( \frac{T}{L_n} \right) 100 \right]$$

Donde:

T = Tiempo de recorrido por ruta ideal.

L = Plazo máximo de tiempo de entrega por empresa o comprador.

La ruta ideal se obtiene mediante operaciones con matrices donde  $[a] \cdot [b]$  del cual el resultado “c”, será restado al plazo, es decir,  $[d] - [e]$ .

$$R = [r_1 \ r_2 \ \dots \ r_n] \cdot \begin{bmatrix} t_1 \\ t_2 \\ \dots \\ t_n \end{bmatrix} = [r_1 \ r_2 \ \dots \ r_n] - [z]$$

Con respecto a los destinos y sus necesidades solo se busca la alternativa que satisfaga el requerimiento.

$$Cv = DW - \left[ \sum_{i=1}^n Ek_i \right]$$

Cv = Cumplimiento de volumen de puntos de exigencia

DW = Disponibilidad del tipo de producto (1,2,3)

Ek = Puntos de exigencia (Jugueras, industria refresquera, enceradora, mercados, etc.).

No se tiene que olvidar la disponibilidad del cultivo el cual puede verse expresado de tal forma:

$$D_f W = \left[ \left( \frac{TW}{KW} \right) \cdot \left( \frac{Ps - Pz}{2} \right) \right] - SW$$

Dónde:

DfW= disponibilidad del tipo de cultivo (1,2,3).

TW= Área total disponible para la plantación de un tipo de cítrico (1,2,3).

KW = Área necesaria para cada arbol del determinado cítrico.

PS = Cantidad máxima de colecta por arbol del determinado cítrico.

Pz = Cantidad mínima de colecta por arbol del determinado cítrico

SW = Inconveniente sobre la cantidad en fruto (kg o piezas afectadas o caídas antes de tiempo)

Restricciones:

$$A \leq Z_f \quad \& \quad A = J + K$$

Dónde:

A = Área disponible para cultivo.

Zf = Área máxima disponible dentro de las limitaciones del propietario.

J = Área actual de cultivo

K = Área nueva o extensión para la planta del determinado cítrico.

Mientras tanto el flujo de materiales se generalizaría como:

$$FW_f = \frac{D_f W}{A + B + C + \dots + N}$$

FWf = Flujo de un determinado cítrico con respecto al Estado o productor.

DfW = Disponibilidad de un determinado cítrico con respecto a el estado o productor.

A/B/C/N = Puntos de consumo antes de cliente (juguetes, industrias refresqueras, encendedoras, mercados).

## Ejemplificaciones

Se puede suponer de manera simplista de la forma en la que son distribuidos los cítricos en la región norte de forma lineal para empezar por secciones, donde están los productores (H), destinos como las jugueras (J), enceradoras (E), de existir, los cedís (R), u otro tipo de comercio como los minoristas (C), los almacenes de cuales parten centros o acopios pequeños para vendedores locales en la sección Sn, para posteriormente llegar a manos del cliente final:

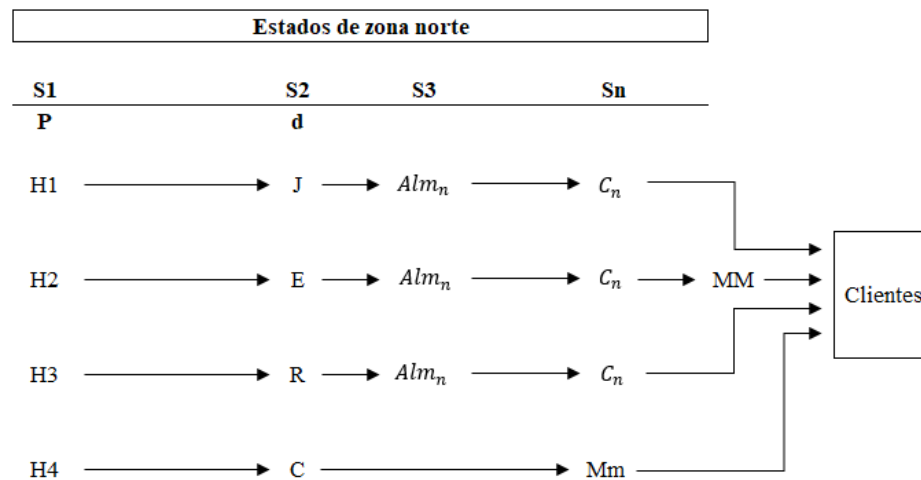


Figura 12. Cadena de suministros simple

Para poder ejemplificar la cadena de suministros se necesita visualizar el territorio de cada municipio y el uso de las tierras, así como la localización de cada uno de los puntos estratégicos de la misma cadena de suministros.

Para el primer ejemplo se realizará con el primer municipio con mayor producción de productos cítricos de Veracruz, el cual es Álamo Temapache.

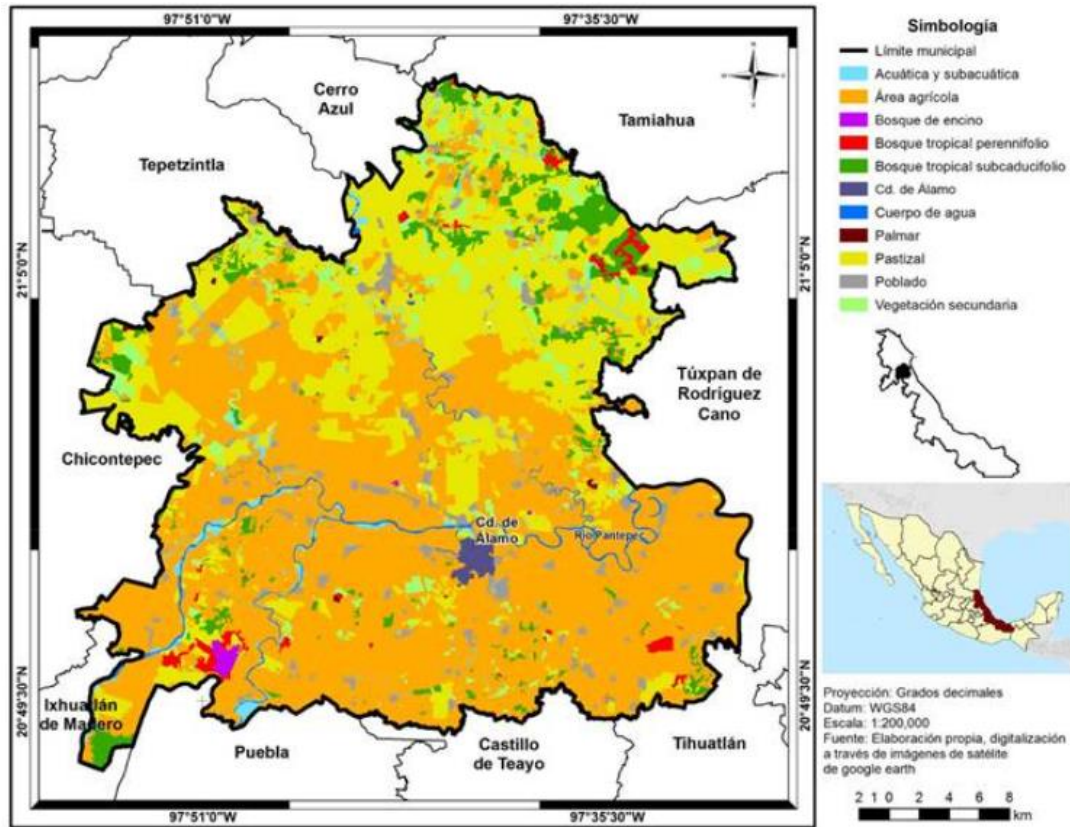


Figura 13. Análisis del área de cultivo

Fuente: (Cruz, 2016)

La visualización del área de cultivo es un factor a considerar para el análisis de disponibilidad expresada de la siguiente forma:

Disponibilidad de materia prima (MP)

$$MP_{x,i} = A_{x,i} \cdot R_{x,i} \quad R_{x,i} = [(f \cdot n) - \varepsilon]$$

Restricciones

$$A_{x,i} \leq A_{x,i}^{max}$$

$$A_{x,i} = A_{x,i}^{act} + A_{x,i}^{new}$$

$$R \cdot A_{x,i}^{act} = R \cdot A_{x,i}^{new}$$

$$R > 0$$

$$R < 0 \Rightarrow R \neq$$

Donde:

A = Área disponible para producción (Hectáreas).

R = Rendimiento (Tn/ha cultivo).

x = Sitio de siembra.

i = Tipo de cultivo (limón, naranja y toronja).

f = Frutos rechazados (Tn/ha cultivo).

n = Numero de árboles.

E = Cosecha total (Ton/ha cultivo).

Síntesis: La producción de un área de cultivo actual debe ser igual a la de una expansión o área nueva de siembra para que sea factible donde el rendimiento negativo es una pérdida de dinero, tiempo y recursos.

Recomendación de rendimiento: Debida al estrés hídrico la estación de invierno (enero-marzo), la producción (kg-árbol), es baja mientras en primavera provee de entre 64% – 81% de rendimiento anual comparado al estañada de entre 15% y 20% (Curti Díaz, Hernández Guerra, & Loredó Salazar, 2012)

### 3.4 Transporte y satisfacción de demanda

El flujo del material desde el huerto es relevante para la satisfacción de los diversos sitios de procesamiento o exigencia para su posterior comercialización. La relación entre la oferta y demanda deben ser iguales para garantizar beneficios y no generar costos de almacenamiento o exceso de inventario. Por tanto:

$$\sum_{y=1}^n P_{yz} - \sum_{z=i}^n R_{zy}$$

Donde:

P = Flujo de producción u oferta de la materia prima o producto en base a este según sea el caso.

R = Flujo de requerimiento o demanda de exigido por parte de la cadena de suministros con respecto a la fuente.

y = Punto de partida según su sección.

z = Punto de llegada de materia prima o producto según la sección.

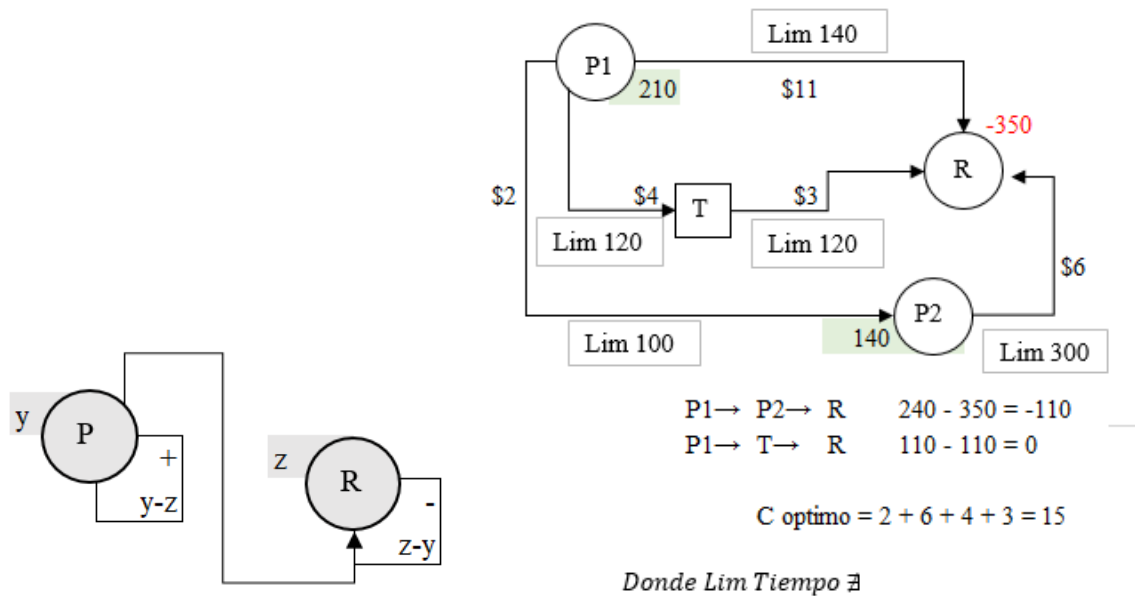


Figura 14. Representación de flujo

Restricciones.

$$\sum_{i=1}^n B_i$$

$$B_i > 0 = S$$

$$B_i < 0 = E$$

$$B_i = 0 \Rightarrow \in T$$

$$0 \leq X_{yz} \leq C_{yz}$$

Donde:

B = Flujo neto de materia prima o productos según su sección (oferta +/-demanda -).

S = Salida de materia prima o productos a otro sitio (nodo).

E = Entrada de materia prima o productos desde un lugar de cosecha o producción.

T = Almacén o centro de distribución.

C = Capacidad total de un lugar a otro.



La programación debe contar con el considerar cada uno de los sitios y su satisfacción de la demanda, de no ser así la coordinación de más ofertantes para el aprovechamiento del mercado (Carreño Solís A. 2020).

La coordinación y el flujo de información den la cadena de suministros influye en la solución de mejores alternativas de solución.

Siempre tomando en cuenta la restricción:

$$\sum_{i=1}^n CT_{yz} < CT_{yz}$$

La sumatoria de los costos totales de “y” a “z”, deben ser menores de este valor total y la información total del flujo es relevante para la satisfacción de los diversos sitios de proceso o distribución, por tanto, se requieren de las siguientes expresiones:

$$MP_{x,i} = \sum_d FMP_{x,i,d}$$

$$FMD_{i,d}^{Total} = \sum_x FMP_{x,i,d}$$

$$FMD_{i,d}^{Total} = \sum_r Tmp_{d,i,r}^{ruta}$$

Donde:

x = Sitio de cultivo (estado).

i = Tipo de cultivo.

d = Destino para proceso o dispersión.

r = Ruta.

FMP = Flujo de materia prima por sitio a destino de proceso o dispersión.

FMD = Flujo de materia prima por el tipo de cultivo desde sitio.

Tmp = Flujo de materia prima por ruta.

Teniendo en cuenta los detalles de la cadena de suministros la realización del diagrama de la correspondiente cadena de suministros, localización de las unas empresas procesadoras y destinos con la demanda respectiva de naranja y toronja.

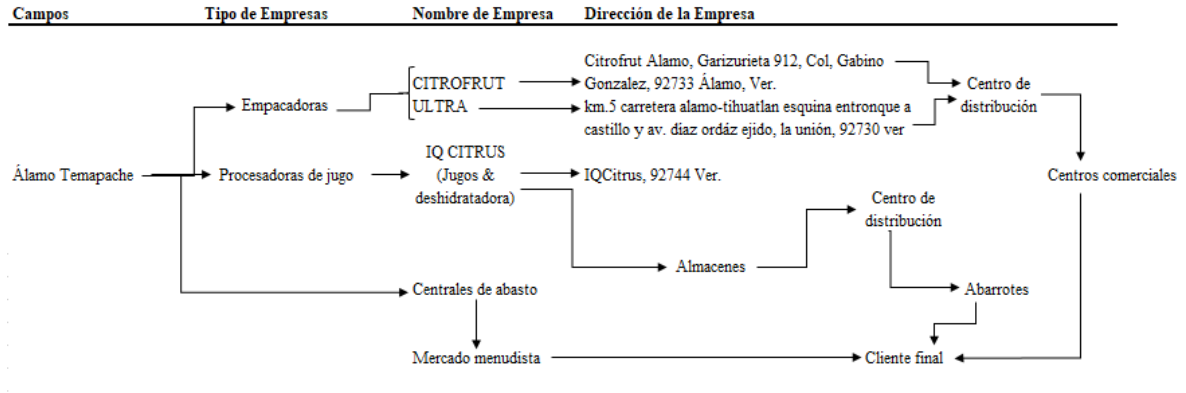


Figura 15. Cadena de suministros de Álamo Temapache

De igual forma se localizó el área de cultivo de Martínez de la Torre y la aplicación de la medida respectiva.



Figura 16. Área de cultivo Ejido

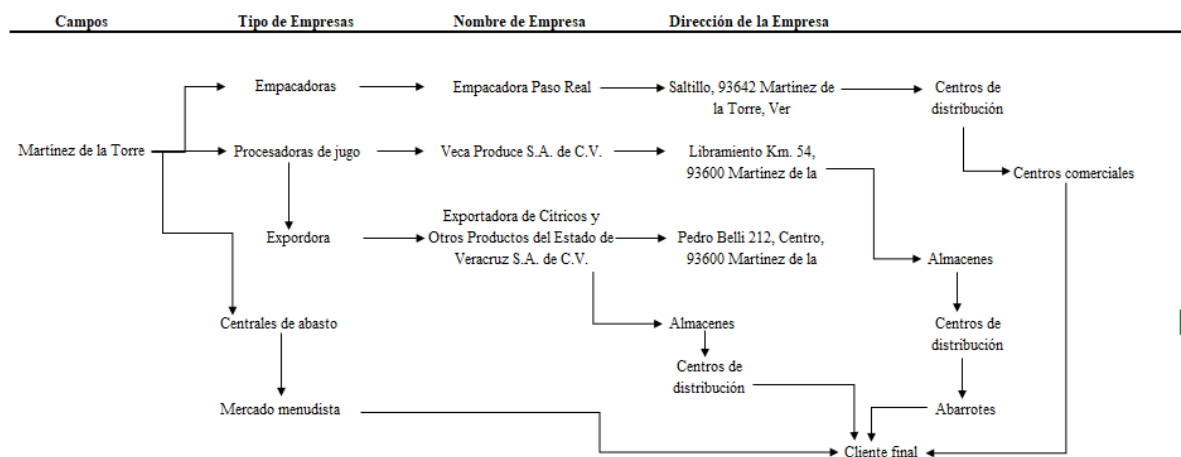


Figura 17. Cadena de suministros Martínez de la Torre

El modelo matemático apoya la toma de decisiones con respecto a la configuración de la cadena de suministros de cítricos, es respectivo analizar el conjunto definido de proveedores, considerando el hecho de que las empresas suelen adquirir materias primas de proveedores aprobados por sus características de calidad y precio o en su defecto al mejor postor.

En cuanto a las instalaciones de empresas, así como los centros de distribución, se considera distinta, pues se requieren determinar cuáles poner en operación, además del volumen de producción o almacenamiento.

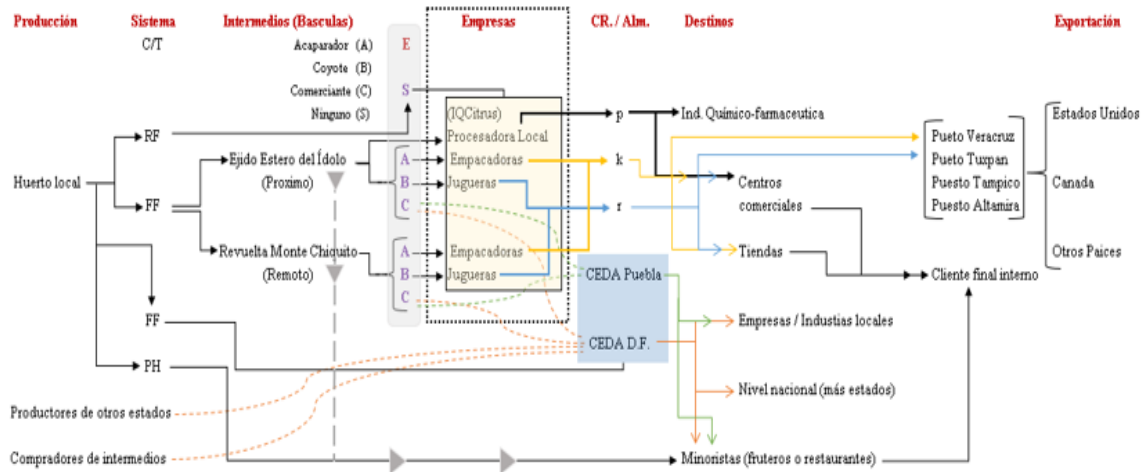
Para la consideración del modelo se tiene que considerar algunos datos con respecto a la infraestructura y movilización del cargamento de materias primas, subproductos o productos derivados de la materia prima y para los traslados se identificó el tipo de combustible utilizado con respecto a la carga o volumen necesario para satisfacer la demanda de los diferentes puntos de la cadena de suministros para el aprovechamiento del mercado de cítricos del estado de Veracruz.

La ideal sería minimizar el consumo de combustible por unidad de transporte del punto  $i$  al  $j$  ( $S_i - Q_j$ ) y maximizar el volumen de carga de cada medio de transporte de materia prima, productos o subproductos para satisfacer la demanda de todos los puntos de la cadena de suministros.

$$MIN = \sum_{i=1}^n S_i + \sum_{j=1}^n Q_j$$
$$MAX = \sum_{i=1}^n V_i + \sum_{j=1}^n W_j$$

## CAPITULO 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Unir todo lo que se sabe y comparar en base a demás estudios es complejo por el grado y pensar del autor, así como en el ámbito que resulte resaltar. La sinterización de información de una cadena de suministros de esta índole puede ser visto de la siguiente forma:



### Fruta Fresca:

El productor costea cultivo, corte y transporte desde el huerto hasta la báscula y jugueras.

### Venta a Pie de Huerta:

Se toma en cuenta la calidad del fruto existente y se paga.

### Recolección de Fruta:

Grandes y medianas empresas costean el cultivo, el corte y el transporte.

FF =	Fruta fresca
PH =	Pie de huerto
RF =	Recolección de fruta

Figura 18. Cadena de suministros 1

Como puede observarse tiende a complicar la interpretación de la misma, pero contiene lo que representa de manera global la respectiva cadena considerando diferentes y las representadas de los lugares como Álamo o Martínez de la Torre. Además, considerando en esta la existencia de los tres tipos de productores por lugar, donde en la mayoría de casos solo hay productores pequeños y medianos, de no serlo nos dejaría expresiones tales como:

$$FPR = \begin{cases} P_a = \sum_{a=1}^n [0.18PG_a + 0.50Pm_a + 0.32Pp_a] - (FF_a + \quad + \quad) \\ H_a = \sum_{a=1}^n [0.18PG_a + 0.50Pm_a + 0.32Pp_a] - (\quad + PH_a + \quad) \\ W_a = \sum_{a=1}^n [0.18PG_a + 0.50Pm_a + 0.32Pp_a] - (\quad + \quad + RF_a) \end{cases}$$

FPR = Tipo de venta o acuerdo con el productor y su consumo a los productores

Wa = Consumo del distinto tipo de sistema

PG = Productores grande

Pm = Productor mediano

Pp = Productor pequeño

FF = Fruta fresca

PH = Pie de huerto

RF = Recolección de fruta

Restricciones

Pa-FF $\geq$ 0

Ha-PH $\geq$ 0

Wa-RF $\geq$ 0

La oferta y la demanda de los productos cítricos de i árbol designados por método de compra.

$$\sum_{i=1}^3 [P_i + H_i + W_i] = Ept$$

i = Tipo de árbol cítrico

P = Consumo o exigencia a los 3 tipos de empresa en método de venta FF

H = Consumo o exigencia a los 3 tipos de empresa en método de venta PH

W = Consumo o exigencia a los 3 tipos de empresa en método de venta RF

Ept = Exigencia productiva total.

Síntesis de lo escrito.

$$B_{cs} = \sum_{i=1}^n F_g \cdot I_g \leq A + \sum_{i=1}^n CT_t + \sum_{i=1}^n C_x$$

Bcs = Beneficio de la cadena de suministros.

Fg = Producción total de los productores

Ig = Ingresos de los productores con respecto al tipo de venta global

A = Costos aunados a el cultivo

CTt = Costo total de transporte sumatorio por ruta y consumo de combustible

Cx = Costo total sumatorio de diversos gastos (maquinaria, adquisición de herramienta, mantenimiento de sistemas de riego y vehículos, permisos, embalaje, etc).

$$\forall x \in R^+ : x > 0$$

Teniendo los antecedentes y ecuaciones para tal y en uso de información como los tiempos de lluvia, cosechas de temporada etc., se puede reajustar de forma tal forma que de forma más amena la función objetivo sea el beneficio total y los costos de cada parte sumados de forma:

$$\text{FO: } \overbrace{\sum_{i=1}^n H_i + \sum_{i=1}^n M_i + \sum_{i=1}^n E_i + \sum_{i=1}^n X_i + \sum_{i=1}^n A_i}^W \leq \sum_{i=1}^n G_i$$

$C < A < B$

A: Suma de los costos asociados al Huerto.

B: Suma de los costos asociados a la movilización naranja e intermediarios.

C: Suma de los costos asociados a operaciones en las diversas procesadoras.

D: Suma de los costos asociados a la preparación y exportación de naranja encerada, jugos u concentrados.

E: Suma de los costos asociados a los almacenes o bodegas para mantener naranja, producto o subproducto para próxima distribución.

F: Ganancias globales correspondientes a la cadena de suministros como aprovechamiento del mercado citrícola.

$$\forall x = (A, B, C, D, E, F) \in FO \Rightarrow A \neq B \neq C \neq D \neq E \neq F$$

Los valores de cada sumatoria perteneciente a la función objetivo no son incluyentes entre si.

$$P \cdot RH \leq D1 + D2$$

P: Numero de productores.

RH: Rendimiento por hectárea.

D1: Demanda del municipio y dentro del país.

D2: Demanda externa acordada a exportar.

$$Vo \leq CM$$

Vo: Volumen de materia prima o producto.

CM: Capacidad máxima de instalaciones.

$$AC = AM$$

AC: Área cosechada.

AM: Área acondicionada.

$$Mc \leq TC$$

Mc: Carga máxima del camión (ton).

TC: Peso total de la carga.

$$(W < F) \neq 0$$

W: Sumatoria de todos los costos de la cadena de suministros.

F: Ganancia de la cadena de suministros.

$$V \neq 0$$

Posteriormente se re ordena y considera para el fin establecido:

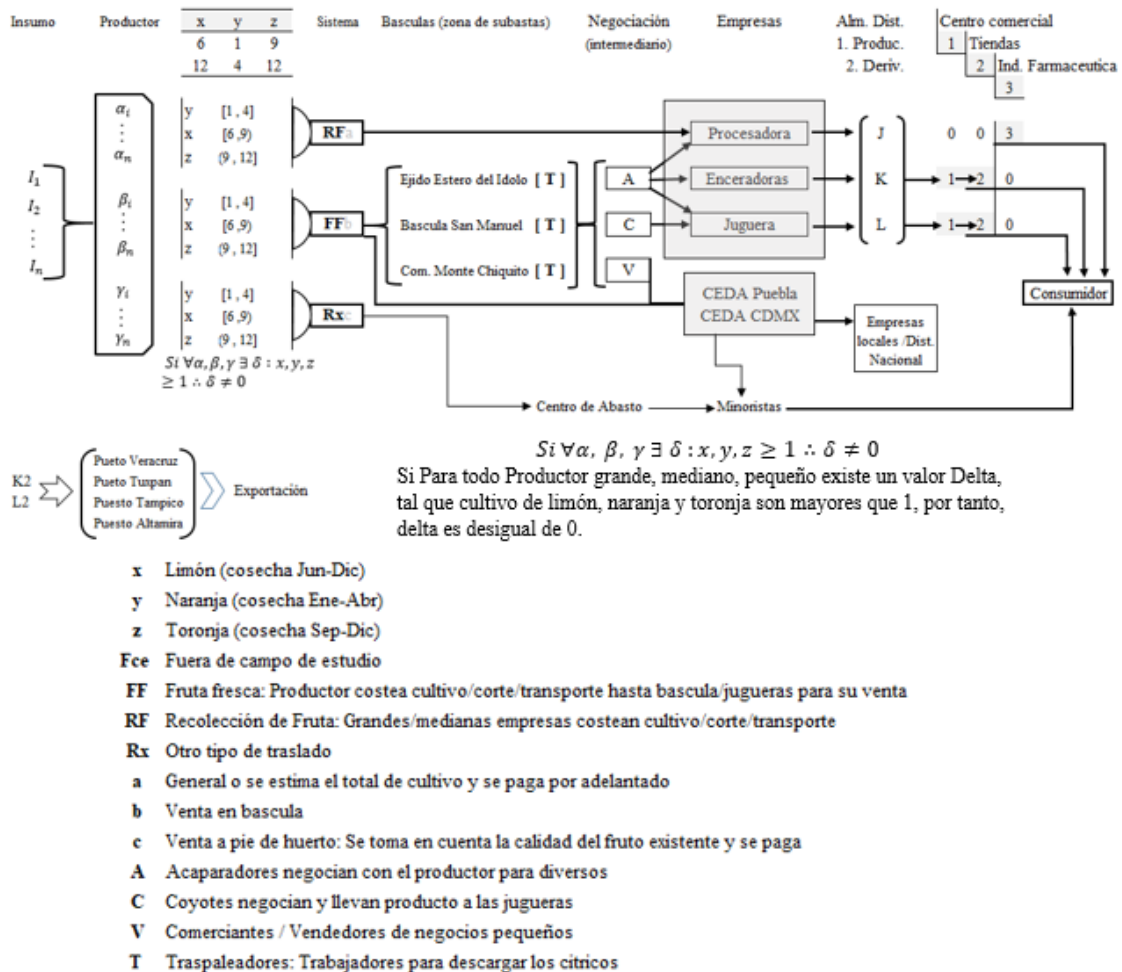


Figura 19. Cadena de suministros 2

Generalidad de la cadena

Materia prima → Intermediación → Procesador → Almacenes → Distribución → Consumidor

A considerar:

$$\sum_{k=1}^n \Delta p_k + \Delta p_2 + \dots + \Delta p_n = C_t A$$



Donde el Aumento desmedido de cada parte de la cadena de suministros se reflejará en el costo total de adquisición por el cliente del producto fresco, procesado, derivado o subproducto.

#### Producción del cultivo (Maximización)

La capacidad del árbol de producir frutos depende de la cantidad de luz y agua que esta reciba, para el análisis de un buen índice lumínico el cual puede saberse al calcular el IAF dentro del parámetro 0.9 en el valor más bajo e  $IAF > 3$  como el valor de la intercepción de la luz optima del árbol de cítrico, es decir, un intervalo **[0.9 , 3)**.

Por tanto, estimar la capacidad fotosintética de las plantas y ayuda a entender la relación entre acumulación de biomasa y rendimiento bajo condiciones ambientales recurrentes en la región. Así que por tal modo la ecuación del Índice de Área Foliar es:

$$IAF = \frac{A_{fm} \cdot DP}{A}$$

Es igual a:

$$MAX IAF = \frac{\left[ \frac{(Ap_1 \cdot Lp_1)(0.75) + (Ap_2 \cdot Lp_2)(0.75)}{2} \right] \cdot (DP)}{A}$$

#### Sujeto a:

$$DP \leq A$$

$$A \leq A^{max}$$

$$A^{max} = A + A^{ds}$$

$$A_{fm}, DP, A, Ap, Lp > 0$$

$$0.9 < IAF < 3$$

De no obtener un buen resultado, se tomará la poda de formación considerando dejar espacios entre estos y evitar residuos alrededor de 100 cm en el tronco del árbol.

De igual forma la poda del copete del árbol consiste en eliminar el follaje de la parte superior del árbol limitando el crecimiento del mismo a una altura determinada, La poda de copete se aplica de manera regular no dejando pasar un año.

Se aumenta el costo de operación de mantenimiento a mayor tiempo sin poda e igual forma estimular el crecimiento y emisión de

flujos vegetativos internos. Parámetro de ejecución:

$$\forall Lr_i \in A : \Delta Lr_i \rightarrow GR \rightarrow \Delta cp + (T * Jt)$$

Para toda longitud de la rama perteneciente al árbol tal que el aumento de esta distancia implica una mayor superficie de superficie y peso tendiendo al aumento el cuidado al podar más el costo del trabajador por hora o jornada laboral remunerada.

Temporadas de lluvia y riego

La temporada de lluvias y riego son cruciales para el rendimiento y producción, sin embargo, de ser el ideal, las posibilidades de un sistema de aspersores o en su defecto limita a esperar las temporadas de lluvia o el usar aspersores manuales generando costos de mano de obra. Por tal eventualidad

Sea temporada de lluvia de junio – octubre normalmente, para el año 1 & 2, donde sea los intervalos el valor x de la función en fin de obtener el valor numérico de ausencia de lluvia, siendo:

$$Ra1 = f(x) \quad Ra2 = g(x) \quad Ra3 = h(x)$$

$$f(x) = Vmp - \left[ Cvi_{(a_1, b_1)} + \left( -V_{\max(b_1, a_2)} + (V_{\max(b_1, a_2)} - 1) \right) + Cvi_{(a_2, b_2)} \right]$$

$$g(x) = Vmp - \left[ Cvi_{(a_1, b_1)} + \left( -V_{\max(b_1, a_2)} + (V_{\max(b_1, a_2)} - 1) \right) + Cvi_{(a_2, b_2)} \right]$$

$$h(x) = Vmp - \left[ Cvi_{(a_1, b_1)} + \left( -V_{\max(b_1, a_2)} + (V_{\max(b_1, a_2)} - 1) \right) + Cvi_{(a_2, b_2)} \right]$$

Aplicable a dos periodos con límite contable y reinicio acabado el periodo, para cualquier  $N^+$ , donde existe D, de no existir,  $D = 0$ .

Donde D es igual a:

$$D = \left| -V_{\max(b_1, a_2)} + (V_{\max(b_1, a_2)} - 1) \right|$$

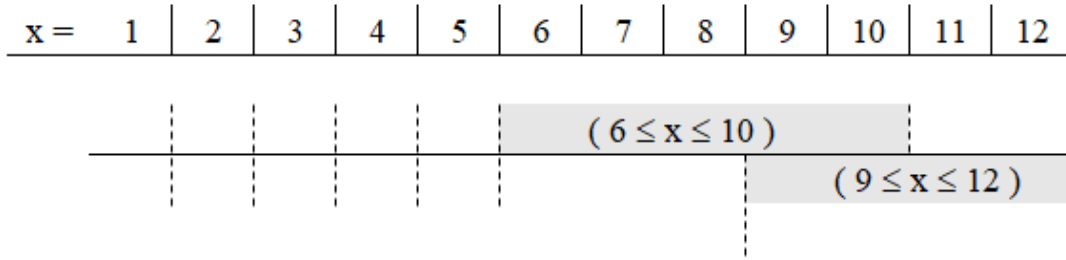
Año 1

$$D = (-10 + 8) \quad D = -2 \quad |D| = \text{Restante del nuevo ciclo} \quad |D| = 2$$

$$12 - (5 - 2 - 4)$$

$$12 - 7 = 5$$

Representación



$$f[6, 10] + [9, 12] = [6, 10) + (9, 12] \quad \& \text{ Restante del cíclico: } + 2$$

$$f[6, 10] + \{[9, 12), (12, 2]\}$$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Σ	D						
y =	4													4														8				
x =					7												7												14			
z =									4												4								4			
L =					5													5													10	
Ra1 =	×	×	×	×	×					4				2	×	×	×					4								10	8	
Ra2 =	4				×					×	×	4				×							×	×					8	6		
Ra3 =	×	×	×	×					×	×	×	×					×	×	×	×			×	×					8	6		

Desambiguación de corte, mantenimiento y riego

Lo recomendable donde este depende también del tipo de suelo y este se asignará en metros cubico mínimo por hectárea según sea el caso.

Al llegar al máximo IAF (valor máximo con respecto a la etapa de crecimiento de un árbol determinado), es el momento de producción por lo que se debe llegar a todas partes del árbol el agua dispersada y la poda es más requerida.

$$\forall \text{ Etapa de Max IAF} \rightarrow P_p = TR_p - x$$

Donde:

$P_p$  = Poda optima de rama primaria.

$TR_p$  = Medida total de la rama primaria.

$X$  = Recomendación de despunte del árbol de 10 cm.

$$P_s = \frac{TR_p}{y}$$

$P_s$  = Poda optima de la rama secundaria.

$TR_p$  = Medida total de la rama primaria.

$Y$  = Parámetro de tolerancia para separación entre ramas secundarias de 4 a 8 cm.

$$P_{TRS} = TR_s - z$$

$P_{TRS}$  = Poda optima de la medida total de la rama secundaria.

$TR_s$  = Medida total de la rama secundaria.

$Z$  = 5 cm de despunte de cada rama.

$$\sum (P_p + P_s + P_{TRS}) < Vi$$

Donde la sumatoria de la poda realizada debe ser menos al volumen foliar inicial  $Vi$ .

Consumo de agua por método de menor consumo Goteo / Manual aspersor.

$$C = \frac{0.623 \cdot Ar \cdot i \cdot Epd}{E} \quad \boxed{CTa = C *}$$

$CTa$  = Costo total de agua

$Ca$  = Costo por Unidad de agua adquirida con determinada unidad monetaria

$C$  = Constante de consumo de agua por árbol al día en galones (7.48 gal/pie<sup>2</sup>), igual a 40.74 L/m<sup>2</sup>

$Ar$  = Área de la zona de raíz

$i$  = Tipo de árbol

$Epd$  = Evapotranspiración potencial por día en unidades diarias

$E$  = Constante de eficiencia del sistema de goteo (**0.85 – 0.95**)

$$ZR_i = D_i \cdot (\pi)$$

$ZR_i$  = Zona de raíz de cada tipo de árbol

$D_i$  = Diámetro de la zona de raíz del árbol ( $r^2$ )

$$\Pi = 3.1416$$

Mantenimiento por medio de fertilización en función a x, y, z

Concentración de fertilizantes CF.

$$CF = \sum_{i=1}^3 (0.46N_{ui} + 0.335N_{ni} + 0.20N_{si}) + (0.18F_{SAi} + 0.46F_{STi}) \\ + (0.60K_{ci} + 0.50K_{si} + 0.44K_{ci}) + S_{oi} + IN_i$$

Nitrogenados (N)

*urea* ≤ 46%

*nitrato de amonio* ≤ 33.5%

*sulfato de amonio* ≤ 20%

Fosfóricos (F)

*superfosfatos de calcio* ≤ 18%

*superfosfato triple* ≤ 46%

Potásicos (K)

*cloruro de potasio* ≤ 60%

*sulfato de potasio* ≤ 33.5%

*nitrato de potasio* ≤ 33.5%

Fungicidas (S)

*oxicloruro de cobre* ≤ 50%

*Insecticidas* ≤ 50%

Actividades de cultivo

$$NA = \sum_{i=1} (Af_i + Al_i + As_i + Mq_i + Tn_i + CR_i)$$

NA = Numero de actividades realizadas por los empleados

Afi = Actividades de fertilización de i árbol

Ali = Limpieza (levantar basura, cortar maleza, ramas secas, mantenimiento del árbol), de i árbol.

Asi = Aplicación de fungicidas a i árbol

Tni = Traslado de insumos para mantenimiento de i árbol

CRi = Cosecha y recolección de i árbol

$$CM = \left[ \frac{NA}{J} \right] \cdot R_j$$

CM = Costo de mano de obra

NA = Numero de actividades realizadas por los empleados

J = Tiempo de la jornada laboral

Rj = Remuneración de la jornada laboral

Llenado de estantes, almacenes, contenedores en el empaqueo de enceradoras y jugos en caja

$$\forall k \in \mathbf{CS} \exists k : k = S \rightarrow OT \& Cn$$

Para todo valor k perteneciente a la Cadena de Suministros, existe un valor k tal que k: sea igual a suministros que impliquen una operación/Transformación y distribución de un consumible.

Determinado por FO:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n (V_{ik}) X_{ik}$$

Sujeta a:

$$\sum_{l=1}^n (A_l) X_{lk} \geq D_i ; \forall i \in \text{Ambito}_j$$

Variables de decisión:

Vik= Número de contenedores tipo k para el tipo de artículo i, sean L o pzs.

V= Volumen o unidades colocadas

Limites:

$V_{ik}$  = Volumen del contenedor tipo  $k$  para guardar el consumible

$D_i$  = Demanda de lotes del ámbito (Números de producto por orden)

$A_i$  = Cantidad máxima de componentes  $i$  en el contenedor tipo  $k$

Restricciones:

$$\sum_{i=1}^3 (a_i) X_{iks} \leq b_i, \forall_i = 1,2,3, \forall_k = 1,2,3, \forall_s = 1, 2, 3, \dots n$$

$a_i$  = Volumen de los productos dentro del empaque en ubicación  $x, y, z$ .

$b_i$  = Volumen total del contenedor/caja/arpilla tipo  $k$  no se vea sobrepasado por las unidades ubicadas en  $x, y, z$ .

$r$  = Dimensión del consumible

$k$  = Tipo de contenedor según sea el caso para su distribución

$s$  = Cantidad de anaqueles, contenedor o pallets.

Tomando en cuenta la aclaración, se busca el número entero máximo de cada tipo de artículo  $i$  quepa en la caja/contenedor/arpilla.

$$X_{iks} \geq 0 : \in N \leq \forall_i = 1,2,3, \forall_k = 1,2,3, \forall_s = 1, 2, 3, \dots n$$

Definiendo el interés de acomodar el mayor número de artículos “ $i$ ” en empaquetado tipo “ $k$ ” en un espacio de pallet/contenedor/anaquel tipo “ $s$ ”.

$$MAX \sum_{i=1}^3 \sum_{k=1}^3 \sum_{s=1}^n X_{iks}$$

$i$  = Dirección del consumible dentro de la tara/caja/Arpilla en posición  $x, y, z$ .

$k$  = Dirección de la caja sobre el anaquel/pallet en posición  $x, y, z$ .

$s$  = Dirección del anaquel/pallet dentro de un almacén/contenedor de carga seca/camión/etc., en posición  $x, y, z$ .

Capacidad de respuesta

Debe existir una capacidad de respuesta (R), en contra de la exigencia del mercado/clientes/socios (e), y un grado de eficiencia (L).

Por tanto, se puede obtener el índice de rotación del Producto mediante:

$$IR = \frac{Cbp}{Cip}$$

IR= Índice de rotación.

Cbp= Costo de los bienes en un periodo n.

Cip= Costo de inventario promedio en periodo n.

Donde un  $IR \geq 1$  indica menor inventario y mayor volumen de ventas.

En índice de retorno toma el balance del periodo y el inventario medio es el costo de los costos de inventario inicial y final para el año.

$$\text{Días en inventario} = \frac{360}{IR}$$

Es decir:

$$\left(\frac{S + s}{2}\right) = Ix \rightarrow \left(\frac{Cb}{Ix}\right) = IR \rightarrow \left(\frac{365}{IR}\right) = dI$$

Cb= Costos de bienes vendidos en el periodo.

S= Inventario total del año actual.

s= Inventario total del año siguiente.

Ix= Inventario promedio

IR= Índice de rotación.

dI= Días de inventario

Importante tomar en cuenta que el 90% de producción de cítricos se ubica en la zona norte donde se puede definir lo siguiente:

$$\alpha = \text{Productor Grande}, \beta = \text{Productor mediano}, \gamma = \text{Productor pequeño}$$



Tiempos promedios de transporte por viaje:

64% = [15 , 40] Min

36% = [45 , 120] Min

Donde [a , b] =  $x \in a \leq x \leq b$

Hectáreas de cosecha:

29% [7 , 17)

71% [1 , 6]

Donde [a , b) =  $x \in a \leq x < b$

Donde [a , b] =  $x \in a \leq x \leq b$

Costo de combustible por viaje:

38% [150 , 200] Mxm

62% [250 , 500) Mxm

Donde [a , b] =  $x \in a \leq x \leq b$

Donde [a , b) =  $x \in a \leq x < b$

Productores de terreno propio y rentado:

Toronja por estado:

93% Propio

07% Renta

Rendimiento promedio Limón / Naranja /

Puebla: 10.98 /12.47/14.10

CDMX: 7.48/7.31

Veracruz: 12.94/12.15/30.79

Producción anual (recolección por año):

36% 1 Cosecha

57% 2 Cosechas

07% 3 Cosechas

Testimonio (Les afecta la distancia al entregar su mercancía):

57% Si le afecta

43% No le afecta

Por tanto, se puede asegurar que una el aumento de la distancia por el coste del combustible y esfuerzo o variación en el camino es mayor o igual al beneficio o precio de venta que cubra los gastos del cultivo/mano de obra/mantenimiento/etc., (Ortíz Contreras, 2018)

$$\Delta D * (A, B) \leq [B - C_{(1,2,3,\dots,n)}]$$

En definitiva, el flujo del material no debe exceder las capacidades de l subsecuente punto de la cadena de suministros y debe ser el más asequible.

$$\sum_{y=1}^n P_{yz} - \sum_{z=i}^n R_{zy}$$

P = Flujo de producción u oferta de la materia prima o producto en base a este según sea el caso.

R = Flujo de requerimiento o demanda de exigido por parte de la cadena de suministros con respecto a la fuente.

y = Punto de partida según su sección.

z = Punto de llegada de materia prima o producto según la sección.

$$\sum_{i=1}^n B_i$$

$$B_i > 0 = S$$

$$B_i < 0 = E$$

$$B_i = 0 \Rightarrow \in T$$

$$0 \leq X_{yz} \leq C_{yz}$$

B = Flujo neto de materia prima o productos según su sección (oferta +/-demanda -).

S = Salida de materia prima o productos a otro sitio (nodo).

E = Entrada de materia prima o productos desde un lugar de cosecha o producción.

T = Almacén o centro de distribución.

C = Capacidad total de un lugar a otro.

Restricción.

$$CTt = \sum_{i=1}^n yz < Pdt \leftrightarrow \left[ \left( \frac{G \cdot Nv}{R} \right) \cdot Z \right] \begin{cases} MP_{x,i} = \sum_d FMP_{x,i,d} \\ FMD_{i,d}^{Total} = \sum_x FMD_{x,i,s} \\ FMD_{i,d}^{Total} = \sum_r Tmp_{d,i,r}^{ruta} \end{cases}$$

CTt = Costo total de transporte

y = Inicio dentro de la cadena de suministros

z = Destino dentro de la cadena de suministros

Pdt = Asignación monetaria a los transportes

Z = Casetas de la ruta

G = Consumo de combustible

Nv = Numero de vehículos

R = Ruta

x = Sitio de cultivo (estado).

i = Tipo de cultivo.

d = Destino para proceso o dispersión.

r = Ruta.

FMP = Flujo de materia prima por sitio a destino de proceso o dispersión.

FMD = Flujo de materia prima por el tipo de cultivo desde sitio.

Tmp = Flujo de materia prima por ruta.

Consumo de combustible

Teniendo 2 Vectores uno el tiempo y el consumo de combustible según sea el aumento de velocidad o inclinación del trayecto desde el punto (a – b). Teniendo en cuenta que el consumo al manejo de aumentar el consume con respecto de una velocidad constante en un 10% más del consumo usual, por tanto:

$$\sum_{k=1}^n \{\Delta V a_k - V i b_k\}$$

Donde delta es el aumento de velocidad o velocidad constante y k es la ruta o punto de intersección en los cuales se quiere dividir el trayecto total, mientras la i representa la cantidad de combustible con la que inicio el vehículo. Surge un problema con respecto a si existe una variedad de vehículos, la reserva de su tanque de combustible y la distancia junto al volumen de carga respectivo, debido a esto:

De existir una unidad asignada a una ruta más corta definida con la letra phi ( $\Phi$ ), se define la matriz  $h^0$  como un conjunto único  $\{h^0\}$

Si es el mismo tipo de unidad (camioneta o camión), se puede expresar así:

$$\sum_{x=1}^n \left\{ (2 \cdot \phi_x) \cdot \left( \frac{h^0}{\frac{1}{\psi}} \right) \right\} - R$$

Por medio de esta se obtiene el consumo de un vehículo iniciado o asignado al destino “1” el cual es la ruta más corta por su elección posterior.

Al quererse el costo del vehículo, solo se multiplica todo por el costo de combustible.

$$\sum_{x=1}^n \left[ \left\{ (2 \cdot \phi_x) \cdot \left( \frac{h^0}{\frac{1}{\psi}} \right) \right\} - R \right] \cdot C$$

El 2 indica el viaje de ida y vuelta,  $\phi$  indica la distancia al destino (no su retorno),  $\psi$  indica el rendimiento del vehículo dado en  $\frac{l}{km}$ , mientras R son el combustible existente en el vehículo, las unidades quedan así:

$$\left( \cancel{km} \cdot \frac{l}{\cancel{km}} \right) - l = l$$

$$\left[ \left( \cancel{km} \cdot \frac{l}{\cancel{km}} \right) - l \right] \cdot \frac{\$}{\cancel{l}} = \$$$

Cuando las unidades son mayores a “1”, la matriz se expande conforme a su extensión y se debe respetar su forma para la correcta aplicación.

$$\begin{pmatrix} h_1^0 & \cdots & h_{n-\frac{n}{2}}^0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{n-\frac{n}{2}}^0 & \cdots & h_n^0 \end{pmatrix}$$

De igual forma se resuelve por medio de una multiplicación y resta de la matriz de fuera.

$$\sum_{x=1}^n \left\{ (2 \cdot \phi_x) \cdot \begin{bmatrix} \frac{h_1^0}{\frac{1}{\psi}} & \dots & \frac{h_{n-\frac{n}{2}}^0}{\frac{1}{\psi}} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{h_{n-\frac{n}{2}}^0}{\frac{1}{\psi}} & \dots & \frac{h_n^0}{\frac{1}{\psi}} \end{bmatrix} \right\} - \begin{bmatrix} R_1^0 & \dots & R_{n-\frac{n}{2}}^0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ R_{n-\frac{n}{2}}^0 & \dots & R_n^0 \end{bmatrix}$$

Como la ejemplificación anterior esto solo dará el resultado de cuantos litros de combustible necesita cada unidad sea camión o camioneta si estas unidades van al primer destino y de igual forma el costo de cada unidad solo es una mera operación matricial.

$$\left[ \sum_{x=1}^n \left\{ (2 \cdot \phi_x) \cdot \begin{bmatrix} \frac{h_1^0}{\frac{1}{\psi}} & \dots & \frac{h_{n-\frac{n}{2}}^0}{\frac{1}{\psi}} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{h_{n-\frac{n}{2}}^0}{\frac{1}{\psi}} & \dots & \frac{h_n^0}{\frac{1}{\psi}} \end{bmatrix} \right\} - \begin{bmatrix} R_1^0 & \dots & R_{n-\frac{n}{2}}^0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ R_{n-\frac{n}{2}}^0 & \dots & R_n^0 \end{bmatrix} \right] \cdot \begin{bmatrix} C_1^0 & \dots & C_{n-\frac{n}{2}}^0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ C_{n-\frac{n}{2}}^0 & \dots & C_n^0 \end{bmatrix}$$

O puede verse combinada para distintas rutas y cantidad de vehículos para cada una de estas.

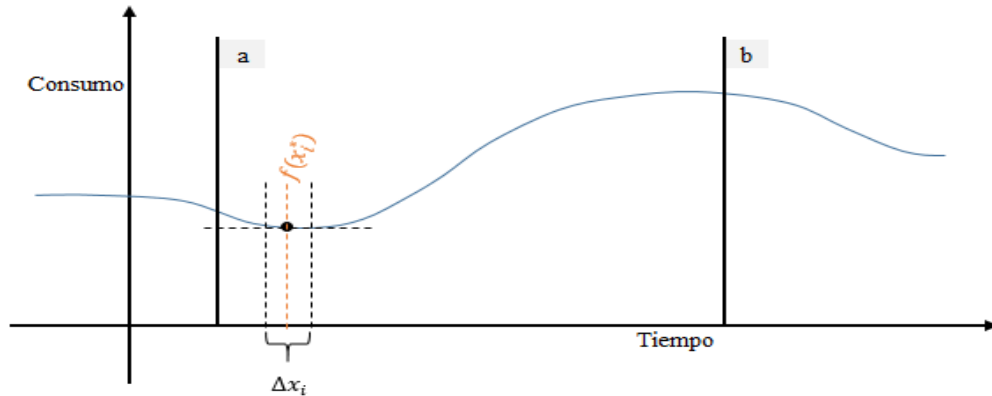
$$\sum_{x=1}^2 \left[ \left\{ (2 \cdot \phi_1) \cdot \left( \frac{h^o}{\frac{1}{\psi}} \right) \right\} - R \right] + \left[ (2 \cdot \phi_2) \cdot \begin{bmatrix} \frac{h_1^0}{\frac{1}{\psi}} & \dots & \frac{h_{n-\frac{n}{2}}^0}{\frac{1}{\psi}} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{h_{n-\frac{n}{2}}^0}{\frac{1}{\psi}} & \dots & \frac{h_n^0}{\frac{1}{\psi}} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} R_1^0 & \dots & R_{n-\frac{n}{2}}^0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ R_{n-\frac{n}{2}}^0 & \dots & R_n^0 \end{bmatrix} \right]$$

Mientras la definición para el cálculo total del punto a al punto b, siendo este 1 trayecto a sea; Bascula; Central de abasto, Almacén, etc., de cualquier parte de la cadena de suministros.

Está definido por:

$$\int_a^b f(x) dx = \lim_{\text{Max } \Delta x_i \rightarrow 0} \sum_{i=1}^n f(x_i^*) \Delta x_i$$

Es decir, b x h o tiempo por consumo y su variación a través de trayecto (t x c), el cual se puede multiplicar por el costo de combustible según sea el caso dependiendo del cilindraje, por tanto, la representación del área dentro de la curva es:



Donde el aumento de  $\Delta x_i$  Tiende a cero para garantizar mayor exactitud en cuestión de consumo de combustible y la variación del consumo también está dado por la resistencia de los materiales al avance del vehículo contando con la carga tal como:

$$F_t = (F_{av} + R_r + R_p + R_a) R_c$$

$F_t$ = Fuerza de tracción

$F_{av}$ = Resistencia al avance

$R_r$ = Resistencia a la rodada

$R_p$ = Resistencia a superar la pendiente

$R_c$ = Resistencia a la aceleración.

$R_a$ = Resistencia a la aerodinámica

## CAPITULO 6. CONCLUSIONES

La extensión del análisis y modelado es compleja, no obstante, no se exige de que puedan surgir una mayor cantidad de factores y variables que extiendan la inmensidad de la consideración básica para su análisis, el procesamiento de esta cantidad de datos y consideraciones hacen que se recurran a programas especializados para su solución, debido la practicidad del desarrollo de estos cálculos de forma manual, incluso tan solo al ser 3 variables o más el recurrir al método SIMPLEX denota tiempo y probabilidad de errores.

Las interpretaciones de cada autor y su forma de abordar el tema varían, la tendencia general del uso de estadísticas y datos ayuda en cierta medida, pero extiende el tiempo requerido para evitar sesgos por un estudio de muestra sucinta, así mismo se podrá estimar con cierta efectividad la tendencia a futuro, pero como todo mercado, este se define por su intrínseco cambio a lo largo del tiempo haciendo que un modelo general para la solución de cualquier problema sea viable.

La variabilidad de un modelo matemático en función a la solución de los presentes problemas en la cadena de suministros se limita al contexto de dicho lugar y zonas aledañas, por tanto, su modificación para adecuarse a otro lugar, implementación o mejora es determinada por quien y el lugar definido de aplicación, así como la disponibilidad de tiempo, recursos e interés del sector a el cual está dirigida dicha optimización.

En puntos concretos llegan a existen tantas limitantes que el considerar sus valores definidos dentro de un cálculo de ya de inicio es tedioso para el conocedor del tema, de igual forma el objetivo principal será el obvio beneficio, pero para tal se olvida de lo más básico, como el cuidado de cada proceso en las secciones de la cadena de suministros, así pues, las costumbres de orden, limpieza, iluminación, adecuación de maquinaria y vehículos, las acciones de aparente nimiedad son de utilidad, para esto se puede optar por herramientas de *Lean Manufacturing*.

El uso de diagramas para análisis (ej., Ishikawa), métodos de análisis de fallas (ej., AMEF), o de rendimiento (ej., OEE), son ideales en su sección de especialización.

## REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- Aguilera Ontiveros, A., & Posada Calvo, M. (2018). *Introducción al modelado basado en agentes una aproximación desde NetLogo* (Primera ed.). San Luis Potosí, México: Colsan.
- AMC. (2019). *Control biológico de organismos fitopatógenos: un reto multidisciplinario*. Obtenido de Revista Ciencia :  
[https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=81:control-biologico-de-organismos-fitopatogenos-un-reto-multidisciplinario&catid=36](https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=81:control-biologico-de-organismos-fitopatogenos-un-reto-multidisciplinario&catid=36)
- Andrews, D. (Septiembre de 2014). *Los precios naturales de Adam Smith, la*. Obtenido de UNAM:  
<https://biblat.unam.mx/hevila/DebateeconomicoMexicoDF/2014/vol3/no9/6.pdf>
- Araya, F. (25 de Julio de 2020). *Modelación basada en agentes: ¿una herramienta para la ingeniería y gestión de la construcción?* Obtenido de SciELO:  
[https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-50732020000200111](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732020000200111)
- Bada Carbajal, L. M. (10 de noviembre de 2010). *MIPYMES agroindustriales al norte del estado de Veracruz*. Obtenido de DSpace Tesis IPN:  
<https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/9844>
- Bada Carbajal, L. M., & Rivas Tovar, L. A. (Julio de 2010). *Los clusters agroindustriales en el estado de Veracruz*. Obtenido de SciELO:  
[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2448-76782010000100073#B15](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-76782010000100073#B15)
- Bada Carbajal, L. M., Ramírez Hernández, Z., & López Velázquez, M. Á. (22 de Noviembre de 2012). *Competitividad de las pequeñas y medianas empresas (PYMES) agroindustriales en cítricos de Álamo, Veracruz*. Obtenido de SciELO:  
[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2448-76782013000100066#B25](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-76782013000100066#B25)
- Campoverde, J., Naula, F., & Borestein, D. (15 de Agosto de 2017). *Aplicación de un modelo heurístico en el diseño estratégico de la cadena de suministro: sector neumático Ecuador*. Obtenido de UIDE:  
<https://revistas.uide.edu.ec/index.php/innova/article/view/500/422>
- Crespo, J. L. (9 de junio de 2020). 26 formas de luchar contra el cambio climático. Youtube. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=wNQ5wvGmnEk>
- Cruz, A. F.-d. (9 de junio de 2016). *SciELO*. Obtenido de Flora y vegetación del municipio Álamo Temapache, Veracruz, México:



[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-71512017000400083](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-71512017000400083)

- Curti Díaz, S. A., Hernández Guerra, C., & Loredó Salazar, R. X. (1 de Junio de 2012). *Productividad del limón 'Persa' injertado en cuatro portainjertos en una huerta comercial de Veracruz, México*. Obtenido de SciElo : [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1027-152X2012000300003](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-152X2012000300003)
- Díaz Reyes, P., Fernández Morales, O. J., Guillermo Vera, F., Mendoza Domínguez, R., Rivera Domínguez, F. J., & Rivera Sánchez, J. C. (24 de Noviembre de 2021). *Programa para elevar la sostenibilidad de la cadena de valor cítrica del estado de Veracruz*. Obtenido de SAGARPA: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/683370/Elevar\\_la\\_sostenibilidad\\_cadena\\_valor\\_C\\_tricos\\_Veracruz\\_2020\\_compressed.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/683370/Elevar_la_sostenibilidad_cadena_valor_C_tricos_Veracruz_2020_compressed.pdf)
- Díaz, M. E., Fernández, M., Miranda, I., Gómez, J., Rodríguez, C., Pérez, J., & García, H. (12 de julio de 2007). *Distribución espacial de Phyllocnistis citrella Stainton sobre patrones de cítricos en el vivero de las Islas de la Juventud*. Recuperado el 16 de noviembre de 2023, de SciELO: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1010-27522007000100003&script=sci\\_arttext&tlng=en#t1](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1010-27522007000100003&script=sci_arttext&tlng=en#t1)
- Eduardo Maldonado, C. (2005). *Heurística y producción de conocimiento nuevo en la perspectiva CTS*. Obtenido de Research Gate : [https://www.researchgate.net/profile/Carlos-Maldonado-13/publication/228353101\\_Heuristica\\_y\\_produccion\\_de\\_conocimiento\\_nuevo\\_en\\_la\\_perspectiva\\_CTS/links/0c96051e3f085aab33000000/Heuristica-y-produccion-de-conocimiento-nuevo-en-la-perspectiva-CTS.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Carlos-Maldonado-13/publication/228353101_Heuristica_y_produccion_de_conocimiento_nuevo_en_la_perspectiva_CTS/links/0c96051e3f085aab33000000/Heuristica-y-produccion-de-conocimiento-nuevo-en-la-perspectiva-CTS.pdf)
- Fernández Lambert, G., Aguilar Lasserre, A. A., Martínez Catellanos, G., Ruvalcaba Sánchez, M. L., Correa Medina, J. G., & Martínez Flores, J. L. (31 de Diciembre de 2015). *Contexto y caracterización de la cadena de suministro del Limón Persa*. Recuperado el 2023 de Noviembre de 20, de Dialnet: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6410976>
- iagua . (21 de Abril de 2022). *Riego de los cítricos: ¿Qué sistema de riego es el ideal?* Obtenido de iagua: <https://www.iagua.es/noticias/regaber/riego-citricos-que-sistema-regadio-es-ideal#:~:text=Para%20lograr%20que%20los%20suelos,regad%C3%ADo%20y%20de%20los%20fertilizantes.>
- INEGI. (14 de septiembre de 2009). *Censos nacionales de población y vivienda*. Obtenido de INEGI: <http://www.inegi.gob.mx>
- Irritec. (2023). *Riego por goteo naranja*. Obtenido de IRRITEC: <https://www.irritec.es/cultivos/riego-por-goteo-en->



- Quezada, G. A., Ojeda Barrios, D. L., Hernández Rodríguez, O. A., Sánchez Chávez, E., & Martínez Tellez, J. (18 de Febrero de 2011). *Biomasa, prolina y parámetros nitrogenados en plántulas de nogal bajo estrés hídrico y fertilización nitrogenada*. Recuperado el 17 de Noviembre de 2023, de SciElo: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1027-152X2011000400003#:~:text=La%20prolina%20es%20un%20amino%20ácido,la%20planta%20de%20la%20deshidrataci%C3%B3n](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-152X2011000400003#:~:text=La%20prolina%20es%20un%20amino%20ácido,la%20planta%20de%20la%20deshidrataci%C3%B3n).
- Rivas Infante, C., Graza Bueno, L., & Mejía Hernández, J. (1 de Mayo de 2017). *Una experiencia de productores sobre retención de riqueza y su contribución para reducir el intermediarismo*. Obtenido de SciElo: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-54722018000300379#:~:text=El%20t%C3%A9rmino%20de%20intermediarismo%20forma,en%20las%20unidades%20de%20producci%C3%B3n](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-54722018000300379#:~:text=El%20t%C3%A9rmino%20de%20intermediarismo%20forma,en%20las%20unidades%20de%20producci%C3%B3n).
- Sablón Cossío, N., Hernández Nariño, A., Urquiaga Rodríguez, A. J., Acevedo Suárez, J. A., Bautista Santos, H., & Acevedo Urquiaga, A. J. (Diciembre de 2017). *Matriz de selección de estrategias de integración en las cadenas de suministro*. Obtenido de Research Gate: [https://www.researchgate.net/publication/320432650\\_Matriz\\_de\\_seleccion\\_de\\_estrategias\\_de\\_integracion\\_en\\_las\\_cadenas\\_de\\_suministro](https://www.researchgate.net/publication/320432650_Matriz_de_seleccion_de_estrategias_de_integracion_en_las_cadenas_de_suministro)
- SAGARPA. (1 de Enero de 2016). *Planeación Agrícola Nacional 2016 – 2030: Cítricos Mexicanos*. Obtenido de Gobierno de Mexico : [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257073/Potencial-C\\_tricos-parte\\_uno.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257073/Potencial-C_tricos-parte_uno.pdf)
- SAGARPA. (25 de Marzo de 2021). *Naranja orgánica: una dulce oportunidad*. Obtenido de Gobierno de México: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/una-agricultura-comercial-y-sustentable-es-posible?idiom=es#:~:text=Veracruz%20es%20hist%C3%B3ricamente%20el%20principal,2%20millones%20487%20mil%20toneladas>
- SAGARPA. (02 de Noviembre de 2022). *El virus de la tristeza de los cítricos (VTC) en la huasteca potosina*. Recuperado el 17 de Noviembre de 23, de INIFAP: <http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/71.pdf>
- SAGARPA. (6 de Mayo de 2023). *Un cítrico muy joven: toronja*. Obtenido de Gobierno de México: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/un-citrico-muy-joven-toronja?idiom=es#:~:text=Su%20producci%C3%B3n%20depende%20principalmente%20del,aporta%2039%20mil%20565%20toneladas>.
- SENASICA. (22 de Marzo de 2021). *Análisis del impacto económico ante posible establecimiento y dispersión de cancro de los cítricos en México en áreas comerciales*. Recuperado el 21 de Noviembre de 2023, de SENASICA: <https://dj.senasica.gob.mx/Contenido/files/2022/agosto/An%C3%A1lisisdeimpactoe>

con%3%B3micoanteunposibleestablecimientoydispersi%3%B3ndelCancrodelos  
c%3%ADtricosenM%3%A9xicoen%3%A1reascomerciales\_107e4f44-49be-  
4b9a-8058-df20da906b1a.pdf

UNIR. (12 de Enero de 2022). *Modelos de programaci' on lineal*. Obtenido de Univerisdad  
de la Rioja: <https://www.unirioja.es/cu/franpere/ModyOptfiles/Tema2.pdf>