

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN ECONOMÍA
AGRÍCOLA Y DE LOS RECURSOS NATURALES
BALANCE OFERTA – DEMANDA DE MANGO EN
MÉXICO

TESIS

Que como requisito parcial
para obtener el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA Y DE
LOS RECURSOS NATURALES



DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

Presenta:

MIGUEL ANGEL RAMÍREZ LOYOLA

Bajo la supervisión de: MARCOS PORTILLO VÁZQUEZ, Dr.

TEXCOCO, MEXICO A 28 de julio 2017

Tesis realizada por **MIGUEL ANGEL RAMÍREZ LOYOLA** bajo la supervisión del comité asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA Y DE LOS RECURSOS NATURALES

DIRECTOR:



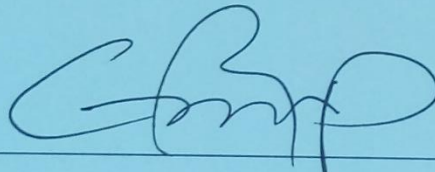
DR. MARCOS PORTILLO VÁZQUEZ

CODIRECTOR:



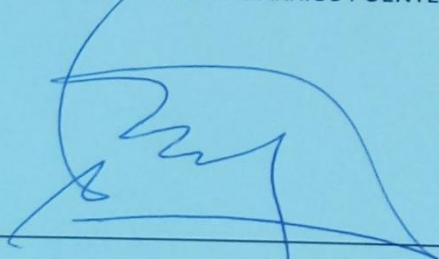
DR. SERGIO ERNESTO MEDINA CUÉLLAR

ASESOR:



DR. GERÓNIMO BARRIOS PUENTE

ASESOR:



DR. FRANCISCO PÉREZ SOTO

CONTENIDO

I INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Planteamiento del problema	2
1.2 Justificación	3
1.3. Objetivos	3
1.3.1 Objetivo General.....	3
1.3.1 Objetivos específicos.....	4
1.4 Hipótesis.....	4
II MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. Teoría Marginalista de la economía y sus principales principios.	4
2.2. Definición de Programación Lineal.....	6
2.3 Situaciones que pueden modelarse mediante Programación Lineal.....	7
2.4 Tipos básicos de Restricciones en Investigación de Operaciones.....	8
2.5 Limitaciones de la Programación Lineal.....	9
III. REVISION DE LITERATURA.....	10
IV CONSIDERACIONES GENERALES DEL PRODUCTO	11
4.1 Antecedentes	11
4.2 Importancia nacional	12
4.3 Situación mundial del mango	12
4.4 Clasificación taxonómica	13

4.5 Morfología y Biología	13
4.6 Variedades de mango que México produce	17
4.7 Sistema producto	23
4.7.1 Canales comerciales	26
4.8 Normas para la comercialización del mango en México	28
V. METODOLOGÍA.....	34
5.1 Componentes del modelo de programación lineal	34
5.1.1 La función objetivo	34
5.1.2 Las restricciones	35
5.1.3 Condiciones de no negatividad	35
5.2 Formas de plantear el modelo de programación lineal	36
5.2.1 Forma algebraica	36
5.2.2 Notación canónica	37
5.2.3 Notación matricial	37
5.3 Modelo de transporte	38
5.3.1 Modelo matemático para el modelo de transporte	39
5.4 Sistema de paquete computacional LINGO	41
5.5 Información estadística necesaria	49
5.6 Principales Estados productores de mango en México.....	50
5.7. Cálculo de la oferta y la demanda de mango en México.....	51

5.7.1 Excedente de mango de los centros productores.....	52
5.7.2 Demanda de mango de los centros consumidores.....	54
5.8 Costos de transporte.....	56
5.9 Formulación del Modelo	57
5.9.1 Función objetivo	57
5.9.2 Restricciones de la Oferta.....	58
5.9.3 Restricciones de la Demanda.....	59
5.9.4 Nomenclatura del modelo	60
5.9.5 Orígenes (regiones productoras de cada estado)	60
5.9.6 Destinos (centrales de abasto de los estados consumidores)	60
5.9.7 Variables del modelo	61
VI ANÁLISIS DE RESULTADOS	79
6.1 Valor de la función objetivo	79
6.2 Restricciones de oferta	82
6.3 Restricciones de demanda	83
6.4 Análisis de sensibilidad	84
6.4.1. Coeficiente de la función objetivo	84
6.4.2. Restricciones de oferta y demanda	85
VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	86
VIII. FUENTES CONSULTADAS.....	90

IX ANEXOS.....	92
ANEXO #1. Clasificación de estados en oferentes y demandantes	92
ANEXO #2. Centrales de abasto en México empleadas para la distribución del mango	93
ANEXO #3. Costos de transporte por tráiler de 48 toneladas	95
ANEXO #4. Formatos de cotización de costos de transporte	96
ANEXO #5. Hoja de salida del programa LINGO	96
LISTA DE CUADROS	
Cuadro #1: Principales Estados productores de mango en México	50
Cuadro #2: Clasificación de los estados como productores o consumidores de acuerdo a la oferta y demanda de mango	51
Cuadro #3: Estados productores con excedente de mango en México	53
Cuadro #4: Estados consumidores de mango con déficit en la producción	54
Cuadro #5: Costos de transporte de los centros productores a los centros consumidores (\$/Ton)	56
Cuadro #6: Distribución del producto (rutas activas) que generan el mínimo costo de transporte de mango (ton)	80
Lista de figuras y gráficas	
Figura #1: Ciclo económico del mango	27
Gráfica #1: Estados productores de mango con excedente en México	53
Gráfica #2: Estados consumidores de mango con déficit en la producción	55

DEDICATORIAS

A mi esposa: *Marybel Soto Gil*, por estar conmigo todo momento aun cuando el estudio o trabajo ocuparon todo mi tiempo y esfuerzo. Quien me brindó su apoyo incondicional y de quien he recibido amor, comprensión y felicidad y por ser quien me dio una razón para seguir adelante y ser mejor cada día, te amo.

A mi hija: *Ximena Anahí Ramírez Soto*, tal vez ahorita no entiendas lo que te digo con mis palabras, pero llegado el momento, quiero que sepas lo mucho que significas para mí. Eres la razón de que me levante cada día a dar todo de mi hoy y siempre, eres mi principal motivación, me has dado una razón para seguir adelante y ser mejor cada día.

A mis padres: *Ángel Ramírez Vega y Josefina Loyola Vera*, por haberme forjado como una persona con valores y convicciones, por haberme enseñado que se puede hacer todo lo que se desea si se le pone esfuerzo y disciplina, gracias con confiar en mí y apoyarme siempre en todas mis ideas algunas no tan buenas, pero siempre han estado ahí.

A mis hermanos: *Imelda, Claudia y Roberto*, quienes me han dado grandes momentos de felicidad y orgullo y que siempre me han apoyado sin importar nada, por motivarme a hacer cosas que ni yo mismo estaba seguro de poder hacerlas y un honor ser su hermano gracias, los amo.

A mis amigos: *Ramiro y Raúl Ramos*, por sus consejos y palabras de aliento en momentos difíciles y por enseñarme que la vida es una y no hay que dejarla pasar sin dejar huella.

Por último, a mis suegros: *José Soto y Lucila Gil*, por su apoyo en esta etapa de mi vida y por permitirme ser parte de su familia.

Sinceramente: Miguel Angel

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo, por ser mi Alma Mater, y en especial a la División de Ciencias Económico – Administrativas por brindarme las facilidades y recursos académicos para realizar mis estudios profesionales.

Al Dr. Marcos Portillo Vázquez, por su colaboración y participación en la dirección del presente trabajo y por las valiosas aportaciones en el desarrollo del presente trabajo.

A todos los miembros del jurado, por su participación y colaboración desinteresada en la revisión del documento final del presente trabajo de investigación.

A CONACYT, por su apoyo e importantísima labor que realizan día a día al brindar las becas de manutención para que muchos jóvenes podamos continuar preparándonos para ser mejores profesionistas y mejor capacitados para aportar y contribuir con el crecimiento y desarrollo de México. Sin su ayuda no hubiese sido posible realizar la maestría y con ello el presente trabajo.

DATOS BIOGRÁFICOS



Datos personales

Nombre: Miguel Angel Ramírez Loyola

Fecha de nacimiento: 27 de noviembre de 1985.

Curp : RALM851127HJCMYG08

Profesión: Economista

Cédula profesional: 10145467

Desarrollo académico

Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 127, Tomatlán, Jalisco

Licenciatura en Economía, en la Universidad Autónoma Chapingo, Edo. México

Maestría en Ciencias en Economía Agrícola y de los Recursos Naturales, en Universidad Autónoma Chapingo, Edo. De México.

RESUMEN GENERAL

BALANCE OFERTA – DEMANDA DE MANGO (*Mangifera indica*) EN MÉXICO

**“Tesis de Maestría en Ciencias en Economía Agrícola y de los Recursos Naturales,
Universidad Autónoma Chapingo”**

Miguel Ángel Ramírez Loyola¹, Marcos Portillo Vázquez²

Uno de los principales problemas a los que se enfrentan los productores de mango, es la distribución del producto, provocando un intermediarismo que se apropia de una porción considerable del valor final de éste, lo que ocasiona una serie de irregularidades en el precio al consumidor final. Empleando los costos de transporte de los centros productores a los centros consumidores con la utilización de un modelo de costo mínimo se determinó las posibles rutas óptimas para la distribución del mango en México. El modelo arrojó que se abastece en su totalidad la demanda de mango y que se tiene un excedente el cual es exportado.

También se determinó de acuerdo con los costos de transporte que el centro productor mejor ubicado es el de Campeche y el centro productor más mal situado es Nayarit.

Palabras clave: Modelo, costo mínimo, centros productores, centros consumidores, distribución.

1 Tesista

2 Director

GENERAL ABSTRACT

MANGO (*Mangifera indica*) SUPPLY-DEMAND BALANCE IN MEXICO
"Maestría en Ciencias en Economía Agrícola y de los Recursos Naturales,
Universidad Autónoma Chapingo"
Miguel Ángel Ramírez Loyola¹, Marcos Portillo Vázquez²

One of the main problems faced by mango producers is the distribution of their product, which leads to the emergence of intermediaries that appropriate a considerable portion of its final value, resulting in a series of irregularities in the final consumer price. Using the transportation costs from the producing centers to the consumer centers with the use of a minimum cost model, the best possible routes for the distribution of mango in Mexico were determined. The model found that the demand for mango is supplied in its entirety and that the resulting surplus is exported. It was also determined according to the transportation costs that the best located producing center is that of Campeche and the worst-off one is Nayarit.

Keywords: Model, minimum cost, producing centers, consumer centers, distribution.

- 1 Student
- 2 Director

I. INTRODUCCIÓN:

Los mangos son los frutos del árbol también llamado mango (*Mangifera indica*) un árbol de hoja perenne que puede llegar a alcanzar los 20 metros de altura, aunque normalmente mide la mitad, especialmente cuando es cultivado fuera de su lugar de origen. Pertenece a la familia de las anacardiáceas. Los mangos poseen troncos erectos de crecimiento muy rápido cuando las condiciones climáticas son favorables. Hojas duras, lanceoladas, de hasta 30 cm de longitud, haz verde brillante más oscuro que el envés, pecioladas y enteras; flores muy pequeñas, de color amarillento o rojizo reunidas en panículas muy numerosas de entre 400 y 4,000 flores. La procedencia de esta fruta se sitúa en el sudeste asiático, concretamente en el norte de Birmania y el noroeste de la India, en donde hoy en día todavía existen especies silvestres. Los primeros textos donde se menciona este árbol y su fruto están escritos en sánscrito y fueron encontrados en la India hace 6 mil años. Como cultivo, el mango se remonta a la antigüedad existiendo una gran documentación en Oriente sobre la importancia que desempeña en estas culturas; actualmente esta fruta tiene una gran aceptación a nivel mundial, considerándose como tropical – exótica en algunos países de Europa (Finlandia, Suecia, Países Bajos, Alemania) y de América (Canadá y Estados Unidos) así como en Japón donde el clima no permite la producción de esta fruta.

Por otro lado, una de las propiedades poco conocidas en términos de difusión de los beneficios de esta fruta, a parte de su sabor característico, es la riqueza en ácidos (málico, palmítico, p-cumárico y mirístico), vitamina C y, especialmente, por su alto contenido en vitamina A, el mango constituye una buena fruta antioxidante, capaz de neutralizar los radicales libres y dotar al organismo de un poder defensivo en contra de la degradación de las células. Los mangos ejercen una función anticancerígena muy efectiva otorgada tanto por estas vitaminas como por su riqueza en flavonoides, entre los que destaca la quercetina y el camferol.

De acuerdo con el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) la producción total de este fruto en México fue de un millón y medio de toneladas, con un consumo per cápita de 11 kilogramos por persona al año.

Entre los principales países consumidores de mango mexicano se encuentran Estados Unidos, Canadá, Japón, Reino Unido y Países Bajos, seguidos por Guatemala, Austria, Suiza, Australia, Costa Rica, Israel, Italia, Luxemburgo, Nueva Zelanda, Brasil, Corea del Sur, Colombia y Suecia.

La superficie sembrada en México de los diferentes cultivos en el país es el resultado de decisiones individuales de los productores de dichos cultivos.

Los resultados de esta actividad no planeada son cantidades de producto que difieren de los volúmenes demandados por los consumidores.

Se genera por lo tanto excedentes o déficit que provocan problemas de mercado que tienen que atenderse para ajustar las cantidades a un equilibrio de mercado oferta igual a la demanda.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Uno de los principales problemas de los productos agrícolas en México es la ineficiente distribución y comercialización de dichos productos.

Para el caso del mango, en México los productores agrícolas en su venta siguen rutas complicadas para llegar a los consumidores y en algunos casos se realizan recorridos innecesarios, además de que como en muchos casos sucede, la participación de intermediarios, hace que ellos obtengan la mayor parte de las utilidades al llevar el producto al consumidor a un alto precio.

Como se puede apreciar el principal problema son los costos y rutas de transporte además de los intermediarios, es por ello que es necesario realizar una adecuada planeación sobre los problemas de distribución y comercialización del mango en México.

Otro importante rubro es que el mango es un cultivo perecedero por lo que debe tener rutas de transporte más cortas y económicas para poder llegar en buenas condiciones a los consumidores y con la calidad que se requiere para su consumo.

1.2. JUSTIFICACIÓN

La realización del presente trabajo tiene como finalidad apoyar a los productores y consumidores a tener un mayor beneficio puesto que al disminuir los costos de transporte con la ayuda de un modelo de transporte de costo mínimo, se puede determinar las mejores opciones de rutas para lograrlo, así como determinar los centros productores y consumidores de mango en México y así apoyar la economía tanto de los productores como de los consumidores de mango en México.

También en áreas en donde hay déficit se podría determinar cuál es el centro de origen más adecuado para cubrir esa demanda considerando las distancias que existen entre los diferentes centros.

El modelo sólo considera llevar el producto de un lugar a otro, y cabe mencionar que el costo no sólo depende de las distancias, sino también por los sistemas de transporte como lo son: aéreo, marítimo y terrestre.

La elaboración del modelo permitirá generar las mejores alternativas de

Distribución

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Identificar las rutas óptimas de transporte de los centros de producción a los centros de consumo con la ayuda de un modelo de transporte de costo mínimo para mango en México utilizando la programación lineal

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificación de las áreas productoras y consumidoras de mango
- Estimar los consumos locales (estatales) y calificar el área como oferente o demandante dependiendo si consume más o menos de lo que produce.
- Identificar las posibles rutas de comercialización o distribución y sus respectivos costos.
- Identificar en cuales áreas productoras se debería promover la producción del cultivo en caso de déficit o reconversión del cultivo en caso de superávit.

1.4. HIPOTESIS

- Es posible identificar cada entidad federativa como deficitario o superavitario en el consumo local del mango
- Identificación de las principales rutas de comercialización (origen – destino) y sus costos de transporte del mango.
- Mediante procedimientos de programación lineal es posible identificar las áreas donde es conveniente producir más o menos mango dependiendo del superávit o déficit del mismo.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Teoría Marginalista de la economía y sus principales principios.

La teoría marginalista de la economía es el eje central de la economía neoclásica que se basa principalmente en el análisis económico del valor marginal o valor en el margen (ingresos, costes, utilidad, rendimientos).

El marginalismo sólo fue revolucionario en Gran Bretaña, donde Jevons se enfrentó abiertamente con la teoría del valor de los clásicos desde la tradición utilitaria. Formado como meteorólogo y químico, en su Teoría de la economía política (1871) planteó dos ideas innovadoras en aquel momento: el método

apropiado de la economía debe ser matemático y la teoría clásica del valor es errónea porque “el valor depende completamente del grado final de utilidad” (lo que hoy denominamos utilidad marginal), esto es, del beneficio que un consumidor recibe de la última cantidad consumida.

“Partiendo del supuesto de que las mercancías son escasas, Jevons introdujo así tres avances fundamentales en el cálculo hedonista de Bentham: la distinción clara entre utilidad total y utilidad marginal, el establecimiento del principio de equimarginalidad y el método gráfico-matemático, que se convirtió en la marca distintiva de los marginalistas. Jevons trató de aclarar las ambigüedades del término valor partiendo de la paradoja del agua y los diamantes de Smith: el valor de uso tiene que ver con la utilidad total, concepto que Jevons define no como una cualidad intrínseca de las cosas sino como una relación entre recursos por definición escasos y necesidades humanas diferentes para cada individuo de aquí viene el nombre de teoría subjetiva del valor que se le da a este enfoque.

El utilitarismo se utiliza así para explicar el comportamiento de individuos que maximizan su utilidad en la asignación de un stock de bienes entre diferentes usos, en intercambios con otros individuos y en el trabajo para producir bienes de la explotación.

La ley de utilidad se expresa como una función $u = f(x)$, donde u es la utilidad total derivada de consumir una cantidad adicional x de la mercancía llamada X .

Entonces $\Delta u/\Delta x$ es la utilidad marginal derivada del consumo de esa cantidad adicional de la mercancía X .

Como normalmente las mercancías tienen usos alternativos (se pueden consumir o se pueden intercambiar) y deben ser escasas para que alguien las pueda valorar, Jevons construyó su teoría del intercambio con el objetivo de mostrar cómo se llega a una asignación óptima de recursos, cuyas cantidades se consideran fijas, si los individuos maximizan sus utilidades en relación a la distribución original de los mismos, que se considera dada, junto con otros supuestos adicionales muy restrictivos: mercados perfectamente competitivos;

mercancías infinitamente divisibles y uniformes, de calidad homogénea; y preferencias iguales de los distintos individuos.

2.2 Definiciones de la Programación Lineal.

- ❖ La programación lineal no tiene contenido económico inherente, es simplemente una técnica matemática que ayuda a la resolución de problemas. Por si sola, jamás podrá decirnos algo acerca del funcionamiento de la economía, solo puede ayudarnos a producir respuestas basadas en información obtenida y en los supuestos necesarios (Baumol, 2000).
- ❖ El descubrimiento de la programación lineal ha repercutido en la teoría económica. El análisis marginal constituyó, hasta hace poco, el método por excelencia para el tratamiento teórico de la empresa, hoy, la programación lineal ha introducido conceptos nuevos, tales como: “procesos” y “programa”, que sustituye algunas categorías del marginalismo y, sobre todo, dan lugar a un enfoque realista de la empresa (Espinosa, 1982).
- ❖ Es un método de planificación que es a menudo muy útil para tomar decisiones que requieren una elección entre un gran número de alternativas (Beneke, 1984).
- ❖ La programación matemática es un método que incluye la programación lineal y la programación no lineal. La programación matemática difiere de la optimización clásica en que procura abordar problemas en los que el optimizador se enfrenta a restricciones de desigualdad-restricciones de la forma de, digamos, () en lugar de () . Además, provoca el desarrollo de nuevos métodos de solución, ya que las restricciones de desigualdades no pueden manejarse por la técnica de cálculo clásicas (Chiang, 1984).
- ❖ La programación lineal es un instrumento usado para tratar el problema de la asignación de recursos escasos entre actividades competitivas entre sí, aunque también se puede usar para problemas que tengan

planteamientos matemáticos similares y estos pueden ser: la planeación de las actividades en las fincas, determinación de niveles óptimos de producción, balancear dietas, así como resolver el problema de transporte (César, 1986).

- ❖ La programación lineal es una metodología que se utiliza en la solución de problemas en los que se desea maximizar o minimizar una función lineal de una o más variables, llamadas función objetivo, sujeta a ciertas limitaciones que son las restricciones y que se pueden representar como desigualdades o igualdades de funciones lineales de las variables (Bueno, 1987).
- ❖ La programación lineal es un procedimiento o algoritmo matemático mediante el cual se resuelve un problema indeterminado, formulado a través de ecuaciones lineales, optimizando la función objetivo, también lineal (Tony, 2011).
- ❖ “La programación lineal (PL) es una técnica de modelado matemático, diseñada para optimizar el empleo de recursos limitados. La programación lineal se aplica exitosamente en el ejército, la agricultura, la industria, la transportación, la economía, los sistemas de salud e incluso en las ciencias sociales. La utilidad de la técnica se incrementa mediante la disponibilidad de programas de computadoras eficientes”. (Hamdy A. Taha, 1997).

2.3 Situaciones que pueden modelarse mediante Programación Lineal

“La Programación Lineal, pese a sus restricciones evidentes por las características de las variables y las funciones, tiene una amplia variedad de aplicaciones.

Algunos de los problemas clásicos de Programación Lineal son:

- Blending (Mezcla). Este tipo de problemas considera las decisiones relativas a la mejor generación de uno o varios productos resultado de una

mezcla. Quizá el problema más antiguo se refiere a la generación de dietas, pero también en la industria de elaborados alimenticios o en la industria petrolera tiene aplicaciones.

- Product Mix (Catálogo de Productos). En su versión más básica pretende establecer la proporción de productos a fabricar dados unos recursos limitados y unos beneficios esperados.
- Decisión de Inversiones. Otro de los problemas clásicos consiste en seleccionar la mejor cartera de inversiones minimizando riesgos o maximizando beneficios dado un conjunto de limitaciones en los recursos.

Problema del Transporte. Consiste en definir, en una red de suministro, los centros que deben producir, la cantidad a producir y el destino de esta producción, teniendo en cuenta costes de transporte y/o de almacén, además de beneficios esperados y limitaciones en los recursos disponibles” (García J.Pedro, Maheut Julien 2012).

2.4 Tipos básicos de Restricciones en Dirección de Operaciones

Las restricciones son expresiones de relaciones entre variables. Dichas relaciones se representan mediante restricciones en la programación matemática, y tienen la formulación de una combinación lineal de variables limitada por un determinado valor.

Las restricciones se pueden clasificar en función de la realidad que pretenden representar, o en función de su relación con el resto del modelo matemático.

Según su relación con la realidad que pretenden representar se pueden encontrar las siguientes:

- Restricciones de capacidad. Se limita el consumo de capacidad productiva de un conjunto de recursos/productos/operaciones.

- Disponibilidad de Materia Prima. Se limita el consumo de un determinado conjunto de productos (y en consecuencia la producción de un conjunto de productos) según la cantidad de materia prima disponible en cada momento.
- Limitaciones en la demanda del mercado. Se limita la producción de un producto en función de la venta estimada de éste.
- Restricciones de Continuidad o Balance de Materiales o Energía. En programación multiperiodo, los productos que quedan al final de un periodo son las que hay al principio del siguiente. También si un producto se descompone en otras unidades la suma de las cantidades descompuestas es igual a la cantidad original (o con un factor de rendimiento). Son también restricciones de continuidad las que conectan los diferentes arcos que entran o salen de un nodo (por ejemplo, en problemas de distribución de energía).
- Estipulaciones de Calidad. Al planificar la producción de productos, se pueden establecer restricciones en función de las características de calidad de la mezcla y de las materias primas.
- Relaciones de tipo lógico. En ocasiones las restricciones tienen forma de expresión lógica si consumes más de 40kw, hay que activar un segundo generador.

2.5 Limitaciones de la Programación Lineal

La programación lineal es útil en una gran variedad de casos, sin embargo, es necesario tener presente que tiene limitaciones derivadas de los supuestos en que se basa al momento de aplicarla.

Se ha comprobado que la programación lineal es una técnica que ayuda a resolver problemas relacionados con diversas situaciones de la vida real. Algunas de las limitaciones de la programación lineal que se deben tomar en cuenta al momento de aplicarla son las siguientes:

1. La programación procede como si toda la producción y los precios fueran a ocurrir con la misma certeza de tal forma que no se diferencie entre actividades más o menos riesgosas.
2. Los precios de los insumos y productos son considerados constantes en el tiempo. (no ayuda a la formulación de precios, y un error en su estimación conduciría a una pobre planeación).
3. En ocasiones es difícil especificar las restricciones, algunos recursos son de fácil cuantificación, pero otros son móviles y lo que genera que la estimación no sea exacta (algunas ocasiones las restricciones no están relacionadas linealmente con las variables).
4. Los parámetros del modelo C_j , B_i , y A_{ij} , además de ser constantes, también son conocidos, cosa que en la realidad no siempre sucede. (Torres Ramiro, 2012).

III REVISIÓN DE LITERATURA

Scott y Hoffman, en el año de 1970 mencionan que en algunas ocasiones es necesario definir el costo de transporte más económico para distribuir un producto procedente de varios de orígenes a un mismo destino o de varios orígenes a varios destinos, dice que el modelo de transporte es el que se ha desarrollado para resolver este tipo de problemas.

Mora, en 1980, considera que posiblemente el problema de transporte, es el más importante de la Programación Lineal, ya que se trata de la necesidad de cubrir a un conjunto de puntos receptores que tienen una cierta demanda, a partir de puntos de abastecimientos que son los que tienen la capacidad de ofertar dicho producto ya sea porque lo producen o lo almacenan.

IV. CONSIDERACIONES GENERALES DEL PRODUCTO

4.1. Antecedentes

El mango, es un árbol frutal, aparentemente originario del noroeste de la India y el Norte de Burma en las laderas de los Himalayas (Candolle, 1904: Popenoe, 1920: Mukherjee, 1951), mientras otros autores dicen que es originario de Malasia o de la región Indobirmana (Candolle, 1904). Actualmente se encuentran bajo cultivo áreas importantes en la India, México, Pakistán, Brasil, Filipinas, Indonesia, Estados Unidos, Australia, Sudáfrica, entre otros países.

De acuerdo con Candolle el mango llegó a América, por dos vías: la primera fue la apertura de las rutas marítimas hacia el lejano oriente por los portugueses y el establecimiento del intercambio comercial extendieron el cultivo en Asia, lo llevaron al sur de África, y a la isla de los Barbados y más tarde a las costas de Brasil en el siglo XVI. La segunda, fue por medio de los españoles que lo introdujeron en la costa occidental de México en los siglos XV y XVI mediante el comercio que se estableció en Filipinas. De Barbados se introdujo a Jamaica, Cuba y la costa oriental de México.

Los conquistadores españoles introdujeron el cultivo del mango en México, en donde existen condiciones favorables para su explotación en gran escala. Sin embargo, la falta de comunicaciones y de la tecnología en esta área, junto con otras causas como las plagas del cultivo propio han provocado que no se explote al máximo el cultivo del mango aun así su crecimiento es uno de los más altos y sostenidos en el sector primario.

En los últimos años, la expansión del mercado interno, la apertura del mercado internacional sobre todo con el viejo continente, así como la introducción de nuevas variedades mejoradas de mango al país, han estimulado un incremento considerable del cultivo del mango a tal grado de colocar a México como el

principal exportador de mango en el mundo, con ello se ha creado la necesidad del conocimiento y aplicación de tecnologías con la finalidad de eficientizar la explotación racional del mango en México.

4.2. Importancia nacional

La superficie cultivada con mango en nuestro país, está en constante crecimiento, localizándose principalmente en los estados costeros, los que concentran el mayor número de huertas, sin embargo, hay estados con una mejor posición en cuanto a la productividad obtenida.

En las costas del pacifico, pueden distinguirse dos situaciones: en el sur, los estados Oaxaca y Chiapas, presenta plantaciones viejas con predominancia de genotipos propagados por semilla a los cuales se les llama tipos criollos, donde los principales problemas son la baja calidad de la fruta, la alternancia en la producción y las enfermedades del fruto. En el centro y norte, desde Guerrero hasta Sinaloa, sus plantaciones en su mayoría son relativamente nuevas, donde predominan cultivares monoembrionicos injertados introducidos de Florida. Los problemas que se presentan en estos estados son la alternancia de la producción y enfermedades. En la zona del golfo de México, el estado de Veracruz es uno de los estados con gran importancia en superficie cultivada y el único que se ubica en esa zona.

4.3. Situación mundial del mango

El mango es la fruta tropical más comercializada en el mundo, después del banano y la piña, aunque sólo se comercializa alrededor del 3% de la producción mundial. Los flujos de comercio internacional en el mercado de mango son: América del Sur y Central, abastecen al mercado de EEUU, Europa y Japón; Asia principalmente exporta a países dentro de su propia región y el Medio Oriente; mientras que África comercializa la mayor parte de su producción al mercado europeo. El comportamiento descendente de los precios promedio de

importación obedece a la expansión de la oferta exportable, lo cual ha provocado una mayor tendencia a realizar acuerdos en cuanto a volúmenes de comercialización y exigencias técnicas y de calidad como instrumentos para regular el mercado y reducir la volatilidad de los precios. Los principales países productores a nivel mundial son India, China, Tailandia, Indonesia, Pakistán, México y Brasil.

4.4. Clasificación taxonómica

Nombre común:	Mango
Reino:	Vegetal
Subreino:	Fanerogamas
División:	Spermatophyta
Subdivisión:	Angiospermas
Clase:	Dicotyledoneae
Subclase:	Archichlamydeae
Orden:	Telebinthales
Familia:	Anacardiaceae
Género:	Mangifera
Especie:	Indica

4.5. Morfología y Biología

De acuerdo con información de SAGARPA, el mango, es la especie mas importante de la familia de las anacardiáceas. Esta familia contribuye con otros frutales valiosos como el marañon (*anacardium occidentale*), la ciruela tropical (*spondias spp.*), el pistacho (*Pistacia vera*) y otras plantas útiles de las que es posible extraer ácido tánico, resinas, aceites y lacas, algunas ornamentales y

otras que son venenosas sólo por mencionar algunas de las cualidades de esta familia.

El género mangifera cuenta con 30 a 40 especies, de las cuales sólo unas cuantas producen frutas comestibles, sin embargo, varias de las especies restantes tienen importancia potencial en programas de mejoramiento genético, ya que poseen flores con cinco estambres fértiles, mientras que el mango comercial cuenta con uno o dos estambres fértiles por flor.

El árbol del mango es siempre verde, en general su porte es mediano, de 10 a 20 metros de altura en estado adulto, aun cuando algunos pueden alcanzar los 40 – 50 metros. Su forma depende de varios factores, entre ellos el tipo de propagación empleado. El árbol de semilla es erecto y alto, mientras que el injertado es más bajo de ramificación escasa y abierta.

El sistema radicular presenta un amplio desarrollo, las raíces penetran de 6 a 8 metros, mientras que las superficiales se extienden en un radio de hasta 10 metros del tronco, lo que le permite resistir hasta cierta medida condiciones de baja humedad.

El tronco es más o menos recto, cilíndrico de 75 – 100 centímetros de diámetro, cuya corteza es de color gris a café, posee además grietas longitudinales. La corona es densa y globular.

Las normas de crecimiento del árbol dependen de la variedad y de las condiciones ambientales. En general, ocurren de uno a tres periodos al año del desarrollo de los nuevos brotes.

Las hojas jóvenes son primeramente de color verde rojiza cambiando posteriormente a verde oscuro, son simples, alternas espaciadas y regularmente

a lo largo de las ramas de forma lanceolada y pecioladas, relativamente largas, de 10 a 40 centímetros y angostas de 2 a 10 centímetros

En la hoja, la vena central y los 15 a 30 pares de venas laterales son muy prominentes. El mayor desarrollo aparece en los meses de primavera y verano y solamente parte del árbol o unas pocas ramas inician nueva actividad en un periodo determinado.

Las flores se producen de octubre a mayo, pero la mayoría de las variedades lo hacen de diciembre a marzo. Si en la primavera no amarraron suficientes frutos, se produce una segunda y aun una tercera floración. Las floraciones muy tardías escasamente amarran fruto.

La inflorescencia es una panícula terminal en forma de pirámide de 40 a 60 centímetros de largo, muy ramificada, conteniendo flores estaminadas y hermafroditas, estas últimas dominan el número hacia las porciones terminales de las ramificaciones de la panícula. Sin embargo, se producen una mayoría de las estaminadas y una minoría de las hermafroditas.

Las flores tienen cinco sépalos pubescentes de color verde y cinco pétalos caídos de color anaranjado, rojos, amarillentos o verdosos. En las flores estaminadas (carecen de ovario) los estambres son sólo uno o dos funcionales o fértiles, con uno o más estaminodios.

En las flores hermafroditas el gineceo consta de un ovario conspicuo de una sola celda, globoso de color verde amarillento y con un diámetro de 0.15 a 0.2 centímetros de largo, un estilo lateral curvado hacia arriba y un estigma pequeño y terminal.

La polinización deficiente puede ser una de las causas de los bajos rendimientos, se concluye que ésta se realiza en un 3 a 35% de las flores, ya que puede ser afectada por factores ambientales.

El fruto, se produce sólo o en racimos. Botánicamente es una drupa de forma ovoide, de color exterior verde amarillento, con un peso promedio de 600 a 700 gramos. La superficie lisa, uniforme es interrumpida por pequeñas glándulas circulares en ocasiones prominentes llamadas lenticelas. La cáscara o epicarpio ocupa del 1 al 15% del peso total del fruto. El mesocarpio está formado por la parte carnosa comestible, la que es atravesada por las fibras que parten el endocarpio que representa del 65 al 85% de la fruta. El endocarpio es grueso, leñoso con una capa fibrosa externa.

El desarrollo fisiológico del fruto a partir de su amarre se lleva a cabo en aproximadamente 16 semanas (dependiendo de la variedad). En ese periodo se registra un continuo aumento en el peso y dimensiones, mismo que se reduce considerablemente entre la novena y catorceava semana, periodo en el cual se desarrolla el hueso.

La semilla es aplanada, constituida en su mayor parte por los cotiledones. Puede contar con un solo embrión resultado del proceso de unión entre el esperma y el hueso o bien 2 a 5 o más embriones, uno producido sexualmente y el resto originados en el tejido de la nucela.

Al fruto, se le clasifica como carnoso, jugoso de color amarillo, rico en azúcares y cromatóforos, sencillo que procede de un solo carpelo único o del gineceo sincárpico de una flor sencilla.

4.6. Variedades de mango que México produce

Las innumerables variedades, razas y clases de mango fueron divididos en dos grupos por Popenoe en 1920.

En México existe una gran diversidad de mangos que desde su introducción han sido reproducidos por semilla.

El primer grupo, es el manila o indochino. Este es el de mayor importancia, de hecho, la mayor parte de la superficie ocupada con mango pertenece a diversos tipos de manila.

Aun cuando sus características no son uniformes, en general la fruta es de pequeña a mediana (9 a 17 cm.) y 180 a 550 gramos de peso, de forma oblonga, color amarillo o anaranjado uniforme de mayor resistencia que los mangos monoembrionicos a la atracnosis, de pulpa dulce, sabor agradable, sin fibra o poca fibra.

Árbol muy vigoroso con mayor alternancia, mayor producción en número de frutas por árbol, pero menor en peso que variedades comerciales monombriónicas, donde la época de cosecha varia de abril a agosto.

Las mayores concentraciones de estos criollos de encuentran en los estados de Veracruz, Oaxaca y Guerrero, aun cuando últimamente se han llevado a varios estados de la república.

El segundo grupo, denominado criollos de origen Hindú. Contrario a los criollos de origen poliembrionico (grupo indochino), estos han experimentado grandes cambios, merced a su habilidad para cruzarse y autopolinizarse en forma natural.

En el grupo existen frutas con excelente presentación a diferentes tamaños, de colores brillantes y muy gustados en los mercados de exportación. Por lo tanto, son un material importante para trabajos de selección.

Las mayores concentraciones se presentan en los estados de Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero y Oaxaca. La variabilidad de los criollos además la proliferación de nombres, muchos de ellos repetidos en diferentes regiones como: petacón, bola, tranchete, etc.

En México, anteriormente se introdujeron variedades sin un control adecuado, que garantizara su legitimidad y sin una evaluación previa en huertos fenológicos que permitiera observar el grado de aceptación a las condiciones climáticas, y tratándose de un cultivo perenne, una mala elección puede resultar en grandes pérdidas para el fruticultor y el atraso regional o aun nacional de la agroindustria del mango, puesto que los resultados se pueden analizar sólo después de varios años de producción. Sin embargo, las variedades finas tienen mayor aceptación en el mercado nacional e internacional, las cuales son frecuentemente para consumo en fresco o industrializado, estas son: Haden, Kent, Irwin, Keitt, Sensation, Tommy Atkins, Adams, Fascell, Palmer, Ruby, Smith, entre otros.

Aunque existen las variedades criollas e híbridas, actualmente el cultivo, de las variedades de Florida han venido aumentando.

Se encuentran Kent, Keitt, Tommy Atkins, Haden, Ataulfo y Manila. La Sagarpa detalla que los principales destinos de exportación del mango son Estados Unidos, Canadá, Japón, Reino Unido y los Países Bajos. En los últimos años, la manufactura del fruto ha beneficiado a más de 44,000 productores que lo cosechan en más de 180,000 hectáreas en 10 estados del país, y gracias a un crecimiento en las exportaciones se ha percibido un alza significativa en sus ingresos, según datos de la Coordinadora Nacional de las Fundaciones Produce (Cofrupro).

Cabe mencionar que el tema de la Cadena de valor del mango está situado en la Costa Chica del Estado de Guerrero, por ser una de las principales zonas productoras de nuestro país, como ya lo hemos visto gráficamente, Guerrero es el principal estado productor de mango, por lo que analizaremos algunos de datos de nuestro interés.

Ataúlfo: Tiene un sabor dulce y una textura cremosa, es pequeño en comparación con las otras variedades, su semilla no es muy grande, lo que permite obtener más fruta. Su color es amarillo brillante y su forma aplanada y ovalada. El periodo de cosecha es de febrero a julio. Los Estados donde se produce son Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Colima, Nayarit, Sinaloa y Campeche. Su longitud va de 12,5 cm a 14 cm, con un ancho de 5,5 cm a 6 cm y un peso entre 180 gr y 260 gr. Es direccionado tanto al mercado nacional como al internacional, principalmente a EE UU, a donde llega en presentación de cajas que contienen entre 16 y 20 unidades. Se consume directamente como fruta fresca y es preferido para la elaboración en ensaladas, combinadas con otros ingredientes dulces, y en postres.



Tommy Atkins: Su sabor es ligeramente dulce, su textura es firme, la pulpa es jugosa y tiene un poco contenido de fibra. Su tamaño es de mediano a grande, es de forma ovalada y alargada. El color rojo oscuro cubre gran parte de la fruta pero va acompañado de verde, naranja y amarillo. La época de cosecha es de finales de febrero hasta agosto, se produce en Michoacán, Jalisco, Colima, Guerrero, Nayarit, Sinaloa y Campeche. El tamaño oscila entre 12 cm y 14,5 cm, con una anchura de 10 cm a 13 cm y un peso de 450 gr a 700 gr.

También se consume en su forma original, pero se destaca como acompañante de platos fuertes principales y parrillas. Es dirigido en gran parte al mercado internacional.



- **Haden:** Es rico en sabor, su textura es firme debido a las fibras finas que contiene. Su tamaño es de mediano a grande, de forma ovalada y alargada. El color es un rojo suave brillante mezclado con un amarillo verdoso. Entre febrero y agosto se recoge la cosecha de esta variedad, que se produce en los estados de Michoacán, Jalisco, Colima, Guerrero, Nayarit y Sinaloa. El tamaño oscila entre 10,5 cm y 14 cm, con un ancho de 9 cm a 10,5 cm y un peso de 510 gr a 680 gr. Se utiliza en recetas de pollo y de platos principales, también se consume en porciones directamente.



Kent: Es dulce y jugoso, su textura es tierna con pocas fibras, su forma es ovalada y es una fruta grande. El color es verde oscuro y tiene una pinta rojiza en alguna de sus puntas. La temporada de cosecha es de julio a agosto y se cultiva en Jalisco, Michoacán, Colima, Nayarit y Sinaloa. El tamaño está entre

12 cm a 14 cm de longitud, 9,5 cm a 11 cm de ancho y un peso entre 450 gr a 700 gr.



Manila: Su sabor es dulce, su pulpa es amarilla y su textura firme. Tiene bajo contenido de fibra, posee una forma elíptica con un tamaño mediano. El color es amarillo y tiene Inteligencia de Mercados – Informe sectorial de mangos en México Mayo 14 del 2014 Página 7 de 18 cáscara delgada. Se produce en la mayoría de las regiones de México y su peso está entre los 200 gr a 275 gr. Se destaca por su uso en la producción de jugos en el mercado interno, aunque una pequeña parte se exporta a EE UU, según el informe sectorial elaborado por Sagarpa.



Manzanillo Núñez: Como su nombre lo indica se produce en esta región y se cosecha entre junio y julio. Su pulpa no tiene fibra y la semilla es pequeña. Es de color verde oscuro y con chapeo rojo sobre amarillo y naranja. Es destinado al consumo nacional.



Diplomático: La pulpa es dulce con algo de fibra y su textura es firme, lo que lo hace resistente al manejo. El color es amarillo con rojo y su peso está entre los 280 gr y 320 gr.



Por otro lado, según datos de la OCDE, México es el principal país exportador de mango en el mundo, ya que sus exportaciones representaron el 21 por ciento del total mundial, seguido de India con el 15%; Brasil con el 14% y Filipinas con el 8%. Ello permite valorar la posición competitiva de México en el mercado internacional, el cual se manifiesta principalmente en el mercado estadounidense, donde México es el principal proveedor de mango para consumo.

4.7. Sistema producto

De la fruta de mango se pueden obtener varios productos industriales. Seguidamente se presenta un listado sobre estas posibilidades.

1. Pulpa de mango.
2. Jugo de mango.
3. Néctar de mango.
4. Salsas de frutas con mango como ingrediente.
5. Coctel de frutas con mango como ingrediente.
6. Mango deshidratado: rodajas, cuadritos, pulpa.
7. Vino de mango.
8. Líquido de cobertura.
9. Yogurt con mango como ingrediente.
10. Helados de mango.

El paso básico para la elaboración de la mayoría de los productos anteriormente señalados es la obtención de la pulpa de mango, cuyo proceso de elaboración se describe seguidamente; se incluyen diagramas de flujo, para la elaboración de diversos productos derivados del mango

1. Recepción y selección: La persona encargada de la inspección debe considerar las siguientes características:

- Fruta sana.
- Ausencia de ataques de insectos.
- Ausencia de daños mecánicos.
- Estado de madurez fisiológica.
- Color y textura uniformes y característicos del fruto.

- Valor mínimo de sólidos solubles (°Brix) de 13 grados.

- Valor de pH entre 3,5 y 4,0. El lugar donde se recibe en la planta debe ser limpio, ventilado, libre de insectos, animales, roedores o cualquier otro que pueda producir daño. No es recomendable dejar por mucho tiempo la fruta en la planta antes de procesarla, porque esto puede causar su deterioro.

2. Lavado: La pila de lavado debe contener agua clorada a un nivel de 15 ppm (43 ml de solución de hipoclorito de sodio al 3.5% -cloro líquido comercial- por cada 100 litros de agua), esto con el fin de reducir la carga microbiana, y de eliminar impurezas y suciedades del fruto. Después del lavado con agua clorada se procede a lavar con agua potable saliendo del tubo para eliminar cualquier residuo de cloro que pudiera haber quedado.

3. Escaldado: Esta operación tiene el propósito de producir los siguientes efectos: inactivar enzimas (compuestos químicos), sacar el aire ocluido en el interior de la fruta, reducir el número de microorganismos, remover aromas y sabores indeseables, ablanda la fruta para facilitar el despulpado y fijar el color.

Existen dos formas principales de efectuar el escaldado: inmersión en agua hirviendo, y aplicación de vapor de agua sobre la fruta. El escaldado se aplica al producto por un tiempo tal que la fruta alcance en su interior una temperatura mínima de 75 °C; en términos generales, el tiempo es de 10 minutos para el caso del uso de agua en ebullición. Con el uso de vapor el producto se expone por 6 minutos. La fruta debe prepararse para el escaldado. Así, el mango se escalda entero, sin ser pelado.

4. Pelado y troceado: Con esta operación se separa la pulpa de la semilla. Se realiza en forma manual utilizando cuchillos con filo de acero inoxidable, sobre una mesa de trabajo de acero inoxidable también. Los trozos de mango ya listos se colocan en baldes plásticos limpios, para luego ser llevados al despulpador.

5. Despulpado: Para obtener un puré fino, se aconseja refinar el puré pasándolo a través de un despulpador con una malla bien fina, que asegure la remoción de partes indeseables. En el despulpado la fruta se somete a un proceso de

reducción de tamaño, por lo que se obtiene una especie de puré. El tamaño de malla recomendado es de 0.5 mm. La materia que se separa de la pulpa mediante este proceso se recibe en baldes plásticos y se separa del proceso. La pulpa también se recibe en baldes y se coloca en la marmita.

6. Tratamiento térmico: En la marmita la pulpa recibe un tratamiento térmico adecuado para evitar su deterioro químico y microbiológico. Este tratamiento consiste en aplicar calor hasta que la parte central de la pulpa colocada en la marmita alcance los 95°C. Debe mantenerse a esta temperatura por 10 min. La agitación es muy importante durante todo este proceso.

7. Aditivos: La adición de aditivos es recomendable para prolongar su vida útil. Uno de estos aditivos es el ácido cítrico al 0.3% como acidulante para bajar el pH y evitar así el crecimiento de microorganismos. Además estas condiciones permiten la acción del preservante utilizado, que en la mayoría de los casos es el benzoato de sodio al 0.1%. También se recomienda la adición de ácido ascórbico al 0.1%, para que actúe como antioxidante y evite así el cambio de color del producto final (oscurecimiento). También ayuda a combatir los hongos y levaduras. Estos aditivos se adicionan un poco antes de que termine el tratamiento térmico, pueden ser cinco minutos.

8. Envasado: Este proceso se realiza en caliente en recipientes de material plástico. Inmediatamente después se procede a cerrar el envase y colocarlo en forma inversa para asegurar la higiene de la tapa al estar en contacto con el producto caliente. Los envases y las tapas deben estar totalmente limpios antes de ser utilizados para envasar.

9. Enfriamiento: Este enfriamiento se realiza con agua potable, lo más fría posible, y debe estar en constante circulación, para aumentar la eficiencia del proceso. Luego de enfriados los envases, los cierres deben revisarse para asegurarse que la tapa está bien colocada y que no se aflojó durante el enfriamiento. Por último se procede a limpiar bien los envases y etiquetarlos. Una vez listos se deben guardar en un lugar fresco y limpio (cnp.gob, 2016)

4.7.1. Canales comerciales

Por otro lado, los principales canales de comercialización se integran de la siguiente manera:

- ✓ **Productor-Exportación-Importación-Mayorista-Minorista-consumidor**

Este es el canal de distribución más largo para productos de importación. Se utiliza para minoristas que compran grandes cantidades.

- ✓ **Productor-intermediario-empaque-exportación -Minorista-consumidor.**

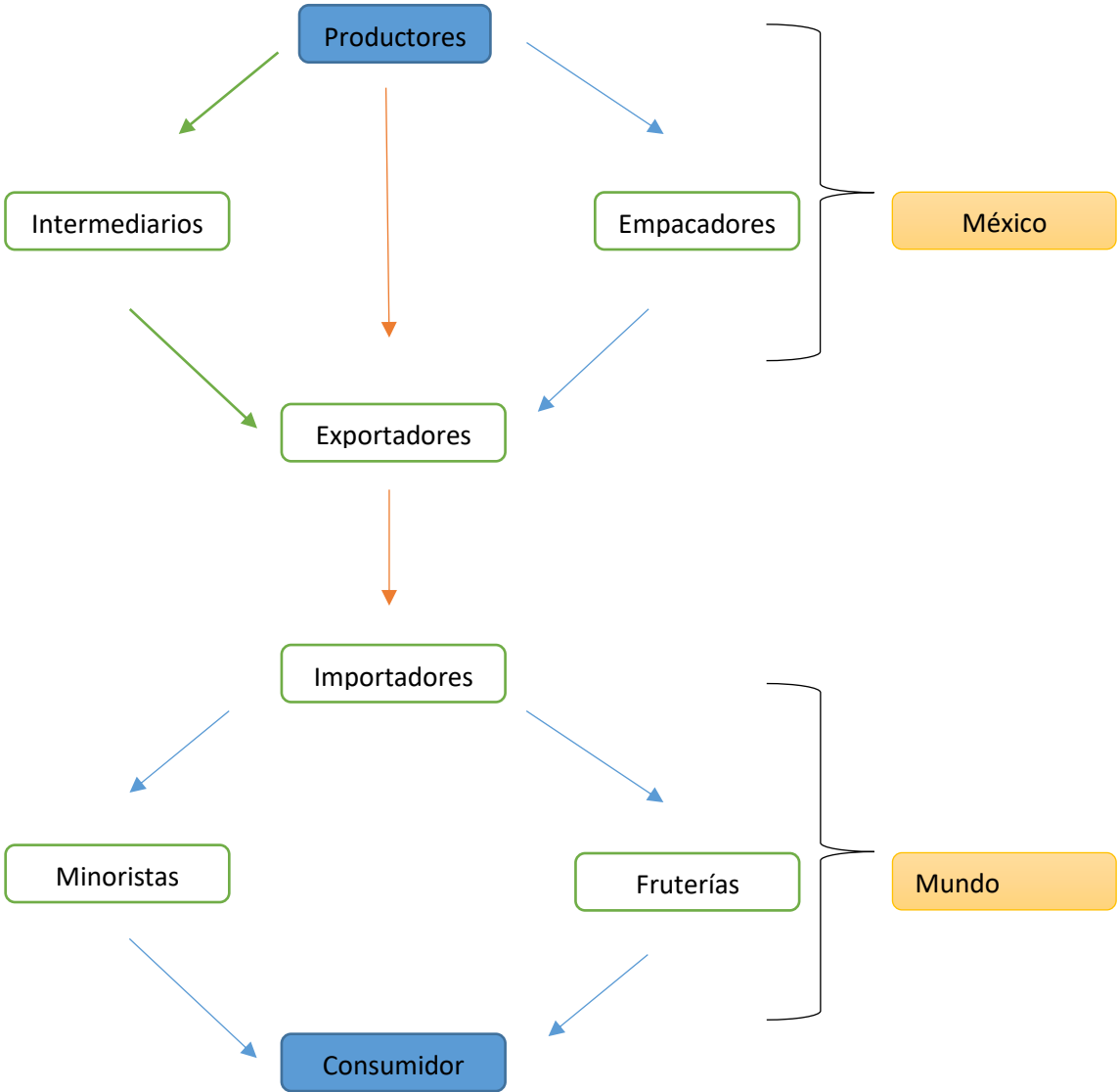
Este canal es similar al anterior, la diferencia es que aquí no participa el eslabón mayorista, aquí el minorista le compra directamente al importador, principalmente supermercados.

- ✓ **Productor-Empacadoras-Exportación-Importación-Consumidor:**

En este canal de comercialización el productor le envía la mercancía a las empacadoras para que le den el envasado y etiquetado correspondiente, después se los venden a los exportadores.

En resumen, en el proceso productivo y comercial de la cadena agroalimentaria del mango, se tiene la participación de tres tipos de actores o eslabones claramente identificados que son, productores, intermediarios y exportadores.

Figura 1: Ciclo económico del mango



Fuente: Elaboración propia

4.8. Normas para la comercialización del mango en México

NORMA DEL CODEX PARA EL MANGO (CODEX STAN 184-1993)

1. DEFINICIÓN DEL PRODUCTO Esta Norma se aplica a las variedades comerciales de mangos obtenidos de *Mangifera indica* L., de la familia Anacardiaceae, que habrán de suministrarse frescos al consumidor, después de su acondicionamiento y envasado. Se excluyen los mangos destinados a la elaboración industrial.

2. DISPOSICIONES RELATIVAS A LA CALIDAD

2.1 REQUISITOS MÍNIMOS En todas las categorías, a reserva de las disposiciones especiales para cada categoría y las tolerancias permitidas, los mangos deberán:

- Estar enteros
- Estar sanos, deberán excluirse los productos afectados por podredumbre o deterioro que hagan que no sean aptos para el consumo
- Estar limpios, y prácticamente exentos de cualquier materia extraña visible
- Estar prácticamente exentos de daños causados por plagas
- Estar exentos de humedad externa anormal, salvo la condensación consiguiente a su remoción de una cámara frigorífica
- Estar exentos de cualquier olor y/o sabor extraños
- Ser de consistencia firme
- Tener un aspecto fresco
- Estar exentos de daños causados por bajas temperaturas; - estar exentos de manchas necróticas negras ó estrías;
- Estar exentos de magulladuras marcadas;

- Estar suficientemente desarrollados y presentar un grado de madurez satisfactorio. Cuando tengan pedúnculo, su longitud no deberá ser superior a 1,0 cm.

2.1.1 El desarrollo y condición de los mangos deberán ser tales que les permitan:

- Asegurar la continuidad del proceso de maduración hasta que alcancen el grado de madurez adecuado, de conformidad con las características peculiares de la variedad

- Soportar el transporte y la manipulación

- Llegar en estado satisfactorio al lugar de destino. En relación con el proceso de maduración, el color puede diferir según la variedad.

2.2 CLASIFICACIÓN Los mangos se clasifican en tres categorías, según se definen a continuación:

2.2.1 Categoría “Extra” Los mangos de esta categoría deberán ser de calidad superior y característicos de la variedad. No deberán tener defectos, salvo defectos superficiales muy leves siempre y cuando no afecten al aspecto general del producto, su calidad, estado de conservación y presentación en el envase.

CODEX STAN 184 Página 2 de 4

2.2.2 Categoría I Los mangos de esta categoría deberán ser de buena calidad y característicos de la variedad. Podrán permitirse, sin embargo, los siguientes defectos leves, siempre y cuando no afecten al aspecto general del producto, su calidad, estado de conservación y presentación en el envase: - defectos leves de forma; - defectos leves de la cáscara debidos a rozaduras o quemaduras producidas por el sol, manchas suberizadas debidas a la exudación de resina (incluidas estrías alargadas) y magulladuras ya sanadas que no excedan de 3, 4 y 5 cm² para los grupos de calibres A, B y C, respectivamente.

2.2.3 Categoría II Esta categoría comprende los mangos que no pueden clasificarse en las categorías superiores, pero satisfacen los requisitos mínimos especificados en la Sección

2.1. Podrán permitirse, sin embargo, los siguientes defectos, siempre y cuando los mangos conserven sus características esenciales en lo que respecta a su calidad, estado de conservación y presentación: - defectos de forma; - defectos de la cáscara debidos a rozaduras o quemaduras producidas por el sol, manchas suberizadas debidas a la exudación de resina (incluidas estrías alargadas) y magulladuras ya sanadas que no excedan de 5, 6 y 7 cm² para los grupos de calibres A, B y C, respectivamente. En las categorías I y II se permite la presencia de lenticelas rojizas suberizadas esparcidas, así como el amarilleamiento de las variedades de color verde, debido a una exposición directa a la luz solar, pero sin que exceda del 40% de la superficie ni se observen señales de necrosis.

3. DISPOSICIONES RELATIVAS A LA CLASIFICACIÓN POR CALIBRES

El calibre se determina por el peso de la fruta, de acuerdo con el siguiente cuadro:
Código de calibre Peso (en gramos) A 200 - 350 B 351 - 550 C 551 - 800 La diferencia máxima de peso permisible entre las frutas contenidas en un mismo envase que pertenezcan a uno de los grupos de calibres mencionados anteriormente será de 75, 100 y 125 g respectivamente. El peso mínimo de los mangos no deberá ser inferior a 200 g.

4. DISPOSICIONES RELATIVAS A LAS TOLERANCIAS

En cada envase se permitirán tolerancias de calidad y calibre para los productos que no satisfagan los requisitos de la categoría indicada.

4.1 TOLERANCIAS DE CALIDAD

4.1.1 Categoría "Extra" El 5%, en número o en peso, de los mangos que no satisfagan los requisitos de esta categoría pero satisfagan los de la Categoría I o, excepcionalmente, que no superen las tolerancias establecidas para esta última.

4.1.2 Categoría I El 10%, en número o en peso, de los mangos que no satisfagan los requisitos de esta categoría, pero satisfagan los de la Categoría II o, excepcionalmente, que no superen las tolerancias establecidas para esta última.

CODEX STAN 184 Página 3 de 4.

4 4.1.3 Categoría II El 10%, en número o en peso, de los mangos que no satisfagan los requisitos de esta categoría ni los requisitos mínimos, con excepción de los productos afectados por podredumbre o cualquier otro tipo de deterioro que haga que no sean aptos para el consumo.

4.2 TOLERANCIAS DE CALIBRE Para todas las categorías se permite que, como máximo, el 10%, en número o en peso, de los mangos contenidos en cada envase no se ajuste a los límites de calibre del grupo en un 50% de la diferencia máxima permisible para el grupo. Para la categoría de menor calibre, la fruta no debe pesar menos de 180 g, y para la de mayor calibre se aplica un máximo de 925 g, según se indica a continuación: Grupo de calibre Límites normales Límites permisibles ($\leq 10\%$ de la fruta/envase fuera de los límites normales) Diferencia máxima permisible entre las frutas de cada envase A 200 - 350 180 - 425 112,5 B 351 - 550 251 - 650 150 C 551 - 800 426 - 925 187,5

5. DISPOSICIONES RELATIVAS A LA PRESENTACIÓN

5.1 HOMOGENEIDAD El contenido de cada envase deberá ser homogéneo y estar constituido únicamente por mangos del mismo origen, variedad, calidad y calibre. La parte visible del contenido del envase deberá ser representativa de todo el contenido.

5.2 ENVASADO Los mangos deberán envasarse de tal manera que el producto quede debidamente protegido. Los materiales utilizados en el interior del envase deberán ser nuevos, estar limpios y ser de calidad tal que evite cualquier daño externo o interno al producto. Se permite el uso de materiales, en particular papel o sellos, con indicaciones comerciales, siempre y cuando estén impresos o etiquetados con tinta o pegamento no tóxico. Los mangos deberán disponerse en envases que se ajusten al Código Internacional de Prácticas Recomendado para el Envasado y Transporte de Frutas y Hortalizas Frescas (CAC/RCP 44-1995).

5.2.1 Descripción de los Envases. Los envases deberán satisfacer las características de calidad, higiene, ventilación y resistencia necesarias para asegurar la manipulación, el transporte y la conservación apropiados de los mangos. Los envases (o lote, para productos presentados a granel) deberán estar exentos de cualquier materia y olor extraños.

6. MARCADO O ETIQUETADO

6.1 ENVASES DESTINADOS AL CONSUMIDOR. Además de los requisitos de la Norma General del Codex para el Etiquetado de Alimentos Preenvasados (CODEX STAN 1-1985), se aplicarán las siguientes disposiciones específicas:

6.1.1 Naturaleza del Producto. Si el producto no es visible desde el exterior, cada envase deberá etiquetarse con el nombre del producto y, facultativamente, con el de la variedad. 1 Para los fines de esta Norma, esto incluye el material recuperado de calidad alimentaria. CODEX STAN 184 Página 4 de 4

6.2 ENVASES NO DESTINADOS A LA VENTA AL POR MENOR Cada envase deberá llevar las siguientes indicaciones en letras agrupadas en el mismo lado, marcadas de forma legible e indeleble y visibles desde el exterior, o bien en los documentos que acompañan el envío. Para los productos transportados a granel, estas indicaciones deberán aparecer en el documento que acompaña a la mercancía.

6.2.1 Identificación Nombre y dirección del exportador, envasador y/o expedidor. Código de identificación (facultativo)

6.2.2 Naturaleza del Producto Nombre del producto si el contenido no es visible desde el exterior. Nombre de la variedad o tipo comercial (facultativo).

6.2.3 Origen del Producto País de origen y, facultativamente, nombre del lugar, distrito o región de producción. 6.2.4 Especificaciones Comerciales - Categoría; - Calibre (código de calibre o gama de pesos en gramos); - Número de unidades (facultativo); - Peso neto (facultativo).

6.2.5 Marca de Inspección Oficial (facultativa)

7. CONTAMINANTES

7.1 El producto al que se aplica las disposiciones de la presente Norma deberán cumplir con los niveles máximos de la Norma General del Codex para los Contaminantes y las Toxinas presentes en los Alimentos y Piensos (CODEX STAN 193-1995).

7.2 El producto al que se aplica las disposiciones de la presente Norma deberán cumplir con los límites máximos de residuos de plaguicidas establecidos por la Comisión del Codex Alimentarius.

8. HIGIENE

8.1 Se recomienda que el producto regulado por las disposiciones de la presente Norma se prepare y manipule de conformidad con las secciones apropiadas del Código Internacional Recomendado de Prácticas - Principios Generales de Higiene de los Alimentos (CAC/RCP 1-1969), Código de Prácticas de Higiene para Frutas y Hortalizas Frescas (CAC/RCP 53-2003) y otros textos pertinentes del Codex, tales como códigos de prácticas y códigos de prácticas de higiene.

8.2 El producto deberá ajustarse a los criterios microbiológicos establecidos de conformidad con los Principios para el Establecimiento y la Aplicación de Criterios Microbiológicos a los Alimentos (CAC/GL 21-1997) (codexalimentariós, 2016).

V. METODOLOGÍA

El problema básico de “Programación Lineal” consiste en minimizar una función objetivo lineal de variables lineales continuas, sujetas a restricciones lineales.

Se considera que una función es lineal si es una combinación lineal de las variables consideradas.

5.1 Componentes del modelo de programación lineal.

Los componentes principales de un modelo de programación lineal son: la función objetivo, un conjunto de restricciones y otro de condiciones de no negatividad (César, 1986).

5.1.1. La función objetivo.

Es la función matemática lineal del propósito deseado, el cual podría ser: maximizar el ingreso de una empresa, o bien, minimizar los costos de producción.

Los elementos que integran a una función objetivo son:

Actividades o variables de decisión: son las diversas opciones que tiene el productor de emplear sus recursos para alcanzar la meta deseada. Por cada actividad que sea incluida en el programa de optimización se asignara una variable diferente ($X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$), además que deberán medirse en unidades de actividad.

En este caso del modelo de transporte, las variables de decisión son las rutas de transporte que deben activarse para enviar el producto y minimizar el costo de transporte.

Precios netos: son los coeficientes de las variables (actividades) y en problemas de máximos indican el ingreso neto obtenido por una unidad de actividad realizada, en problemas de mínimos representan los costos en que se incurre por llevar a cabo una unidad de actividad.

5.1.2 Las restricciones.

Son el otro componente principal de un modelo de programación lineal, son un sistema de igualdades o desigualdades lineales que expresan las condiciones a que debe sujetarse la función objetivo, este sistema será tan grande como recursos escasos existan o mayor si se incluyen a otro tipo de restricciones (de mercado, por ejemplo).

Para problemas de máximos, las restricciones se expresan en desigualdades que especifican que no más de la cantidad fija de recursos disponibles puede ser usada en un plan de producción; podrán quedar recursos ociosos, pero no es posible que se exceda de las cantidades disponibles de los diferentes recursos escasos; y en problemas de mínimos las restricciones son también un sistema de desigualdades que, en este caso, especifican que para cumplir con las necesidades de optimización de la función objetivo deberán usarse no menos de ciertas cantidades fijadas de recursos, estos podrán ser usados en una cantidad mayor a la mínima, pero nunca por debajo de ciertas necesidades.

5.1.3 Condiciones de no negatividad.

Al anterior conjunto de restricciones hay que agregar otro de condiciones de no negatividad; esto con el fin de asegurarse de que los valores de las variables (actividades) no resulten negativos. Las condiciones de no negatividad se agregan de la forma siguiente:

$$X_1 \geq 0; X_2 \geq 0; X_3 \geq 0; \dots; X_n \geq 0$$

En otras técnicas de optimización, las condiciones de no negatividad están implícitas en los problemas; sin embargo, en programación lineal siempre va a ser necesario explicitarlos y tomarlas como parte integral del problema. Sin embargo, los programas de cómputo no requieren que se indiquen dichas condiciones, pues ya están implícitas.

5.2 Formas de plantear el modelo de programación lineal.

Según César, (1986). Un problema lineal generalizado para n variables, puede expresarse en tres formas alternativas: forma algebraica, forma de notación canónica y forma de notación matricial.

5.2.1 Forma algebraica.

El programa lineal (optimización) de n variable sujeto a m restricciones para el caso de minimización, toma la siguiente forma:

$$\text{Minimizar: } Z = C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_nX_n$$

$$\text{Sujeto a: } a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + a_{1n}X_n \geq b_1$$

$$a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + a_{2n}X_n \geq b_2$$

· · · ·

· · · ·

· · · ·

$$a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + a_{mn}X_n \geq b_m$$

y las condiciones de no negatividad:

$$X_1 \geq 0;$$

$$X_2 \geq 0;$$

·

·

·

$$X_n \geq 0$$

Estas condiciones se pueden compactar de la siguiente manera: $X_j > 0$ para $j=1,2,\dots, n$.

5.2.2 Notación canónica.

Es una forma para compactar los programas lineales expresándolo en notación sumatoria:

$$\text{Maximizar: } Z = \sum_{j=1}^n C_j X_j$$

$$\text{Sujeto a: } \sum_{j=1}^n a_{ij}X_j \geq b_j \text{ para } i=1,2,\dots,n. \text{ y } X_j \geq 0 \text{ para } j=1,2,\dots,n.$$

5.2.3 Notación matricial.

Definiremos primeramente las cuatro siguientes matrices, con el propósito de ver cómo aplicarse la notación matricial.

La función objetivo ($Z = C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_nX_n$), representa al minimizando, es decir, dicha función tiende a ser minimizada. El término C_j en la función objetivo representa un conjunto de coeficientes constantes dados (costos unitarios), del mismo modo b_j en las restricciones son constantes, solo que aquí el símbolo b expresara requerimientos en lugar de condiciones. Los símbolos para las variables de elección y los coeficientes de las restricciones no han sido alterados, no importando que las restricciones aparecen ahora como desigualdades de tiempo \geq .

$$C = \begin{vmatrix} C_1 \\ C_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ C_n \end{vmatrix} \quad X = \begin{vmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ X_n \end{vmatrix} \quad A = \begin{vmatrix} a_{11}, & a_{12}, & \dots, & a_{1n} \\ a_{21}, & a_{22}, & \dots, & a_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ a_{m1}, & a_{m2}, & \dots, & a_{mn} \end{vmatrix} \quad b = \begin{vmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ b_m \end{vmatrix}$$

Donde C y X son de orden $n \times 1$ y b de orden $m \times 1$. Nótese que C, X y b son vectores columna. La matriz A es de orden $m \times n$. Después de estas definiciones podemos expresar la función objetivo mediante la siguiente ecuación:

$$Z = C(1 \times n) X(m \times 1)$$

Observamos que el vector producto CX es de 1×1 y, por tanto, representa un escalar.

En el caso de las m restricciones se observa especialmente la ventaja de la notación matricial, ya que el conjunto completo, de estas restricciones puede resumirse en una única desigualdad de la siguiente forma.

$$A(m \times n) X(n \times 1) \leq (m \times 1)$$

El signo de desigualdad significa "desigualdad elemento por elemento", es decir que, para i , la i -ésima fila de la matriz AX debe ser menor o igual que la i -ésima fila de la matriz b , análogamente podemos expresar las condiciones de no negatividad mediante la desigualdad:

$$X(n \times 1) \geq 0(n \times 1)$$

En pocas palabras podemos decir que, un programa lineal para el caso de maximización puede expresarse en la siguiente forma:

Maximizar: $Z = CX$

Sujeto a: $AX \leq b$

$$X \geq 0$$

5.3 Modelo de Transporte

El transporte es uno de los problemas que puede ser resuelto con la programación lineal. Dicho problema consiste en determinar las rutas adecuadas (óptimas) a través de las cuales se transportarán las cantidades de producto de los centros productores a los centros consumidores. Lo que significa elaborar un modelo de transporte en el cual las distancias y los costos por este concepto sean mínimos. Así también el volumen total de producto considerado en cada centro de origen deberá ser trasladado a cada centro de consumo.

Para encontrar la solución óptima con programación lineal es necesario el planteamiento del problema en forma matemática, por lo cual es necesario contar con la siguiente información.

- ✓ Cantidad de producto existente en cada centro de origen o de producción.
- ✓ Cantidad de producto demandada por cada uno de los centros de consumo.
- ✓ Distancias de envío por unidad entre todas las posibles rutas de los centros de origen y destinos.

5.3.1 Modelo matemático para el modelo de transporte.

$$\text{Minimizar } Z = d_{11}X_{11} + d_{12}X_{12} + d_{13}X_{13} + \dots + d_{1m}X_{1m}$$

$$d_{21}X_{21} + d_{22}X_{22} + d_{23}X_{23} + \dots + d_{2m}X_{2m}$$

$$\begin{matrix} \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{matrix}$$

$$d_{n1}X_{n1} + d_{n2}X_{n2} + d_{n3}X_{n3} + \dots + d_{nm}X_{nm}$$

Sujeto a: $X_{11} + X_{21} + X_{31} + \dots + X_{n1} = C_1$

$$X_{12} + X_{22} + X_{32} + \dots + X_{n2} = C_2$$

$$\begin{matrix} \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{matrix}$$

$$X_{n1} + X_{n1} + X_{n1} + \dots + X_{nm} = C_n$$

$$X_{11} + X_{12} + X_{13} + \dots + X_{1m} \leq k_1$$

$$X_{21} + X_{22} + X_{23} + \dots + X_{2m} \leq k_2$$

$$\begin{matrix} \cdot & \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \dots & \cdot \end{matrix}$$

$$X_{n1} + X_{n2} + X_{n3} + \dots + X_{nm} \leq k_n$$

En la forma general seria:

$$\text{Minimizar } Z = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n d_{ij} x_{ij}$$

$$\text{Sujeto a: } \sum_{j=1}^n x_{ij} = c_i$$

Donde:

d_{ij} = distancias de enviar una unidad de producto del i -ésimo centro de origen al j -ésimo centro de destino.

x_{ij} = cantidad de producto que se envía del i -ésimo centro de origen al j -ésimo centro de destino.

c_j = cantidad de producto que se demanda del j -ésimo centro de consumo.

k_i = cantidad de producto que existe en el i -ésimo centro de origen o producción.

Es importante señalar que:

Cuando la oferta es mayor que la demanda las restricciones de oferta deben ser desigualdades con el signo (\leq) y las restricciones de la demanda serian igualdades. Cuando la oferta y la demanda son iguales todas las restricciones serán igualdades.

La información necesaria para la formulación del modelo de transporte es la siguiente:

- Cantidad de producto excedente existente en cada uno de los centros de origen.
- Cantidad de producto que demanda cada uno de los centros de destino.

- El costo en que se incurre para trasladar el producto de los centros productores a los centros consumidores, para nuestro caso serán las distancias de los centros de origen a los centros de destinos (César, 1986).

5.4 Sistema de paquete computacional LINGO.

De acuerdo con el manual de LINGO, es una aplicación capaz de resolver modelos de programación matemática. En esta primera sección describiremos mínimamente el uso de la aplicación en sí, mientras que en las siguientes describiremos el lenguaje que hemos de emplear para introducir los modelos en LINGO y la interpretación de las soluciones que este proporciona. Una vez instalado, LINGO trabaja con dos clases de documentos: documentos con extensión .lg4, en los que escribimos el modelo que queremos resolver (y se crean desde el menú File → New) y documentos con extensión .lgr, en los que LINGO escribe la solución. Ambos se pueden guardar de la forma habitual, con los menús File → Save y File → Save as... Una diferencia es que, si al salir de LINGO hay algún documento .lg4 sin guardar, aparece un cuadro de diálogo que nos pregunta si queremos guardarlo, mientras que los documentos .lgr se pierden si no se guardan. Por otro lado, una vez que LINGO ha creado un documento .lgr con datos sobre un modelo, podemos modificarlo a nuestro gusto, borrando cualquier información que no nos interese, añadiendo cualquier clase de explicaciones, títulos, comentarios, etc., pegando en un único documento el contenido de varios documentos .lgr o incluso .lg4, etc. Por el contrario, lo que escribamos en un documento .lg4 debe ser correcto en el lenguaje de LINGO, pues en otro caso al intentar resolver el problema obtendremos mensajes de error en lugar de la solución deseada. No vamos a describir aquí las funciones de los menús e iconos de LINGO, si bien muchos de ellos realizan tareas típicas que podemos encontrar en muchas otras aplicaciones. Destacamos únicamente el menú Edit → Paste function, que despliega varios de los comandos y funciones disponibles en el lenguaje de LINGO, y el menú LINGO → Options..., que nos permite configurar muchas características del funcionamiento de LINGO. De

momento destacamos las siguientes:

- General Solver – Dual computations: Podemos seleccionar que LINGO calcule los multiplicadores de Kuhn y Tucker o variables duales (Prices), o también los intervalos de sensibilidad de los coeficientes de la función objetivo (en programación lineal) y de los términos independientes de las restricciones (Prices & Ranges) o nada (None). Hay una cuarta opción que limita el cálculo de los multiplicadores para el caso en que éste consuma demasiado tiempo. Si la opción Prices & Ranges esta seleccionada, LINGO puede presentar mensajes de error con algunos problemas de programación no lineal (incluso en algunos muy sencillos).
- Variables assumed non-negative: Con esta opción LINGO supone que todas las variables de un problema son ≥ 0 salvo que se indique explícitamente lo contrario. En los ejemplos de estas notas supondremos siempre que esta opción esta seleccionada.
- Global Solver – Use global solver: Esta opción hace que LINGO busque óptimos globales en lugar de óptimos locales. En problemas grandes puede ralentizar mucho el proceso de resolución, pero en

problemas pequeños mejora el resultado en muchas ocasiones. Naturalmente, solo es relevante en problemas no lineales.

- Model Generator – Unary Minus Priority: Es conveniente fijar esta opción en Low. Su efecto es que, por ejemplo, LINGO interprete -2 como -4 en lugar de como 4 .
- Assume model is linear: Esta opción optimiza el procesamiento del modelo para problemas lineales.

Veamos como introducir en LINGO el problema siguiente: Una empresa elabora tres tipos de piensos usando cuatro tipos de cereales. Cada saco de pienso contiene 50 kg. y se vende al precio (en euros) indicado en la tabla siguiente, que contiene también la composición de cada saco y las existencias de cereales en la fábrica:

Pienso	Avena	Maíz	Cebada	Mijo	Precio
1	25	25	0	0	9
2	0	20	20	10	12
3	20	0	30	0	6.20
Existencias	50000	80000	40000	10000	

Determina el número de sacos que deberá producir la empresa de cada tipo de pienso para maximizar el ingreso (supuesto que vende toda su producción). El modelo matemático correspondiente a este problema es:

$$\text{Max. } 9x+12y +6.2z$$

$$\text{s.a } 25x+20z \leq 50000$$

$$25x+20y \leq 80000$$

$$20y +30z \leq 40000$$

$$10y \leq 10000$$

$$x, y, z \geq 0$$

Y la forma de escribirlo en LINGO (en un documento .lg4) es la siguiente:

$$[\text{Ingresos}] \text{ Max} = 9*x+12*y+6.2*z;$$

$$[\text{Avena}] 25*x+20*z < 50000;$$

$$[\text{Maíz}] 25*x+20*y < 80000;$$

$$[\text{Cebada}] 20*y+30*z < 40000;$$

$$[\text{Mijo}] 10*y < 10000;$$

Observaciones:

- La función objetivo se introduce precedida de Max = o de Min =.
- Para introducir una desigualdad de \leq o \geq se escribe \leq o \geq aunque se puede abreviar a $<$ o $>$.

Para introducir una igualdad escribimos simplemente =

- Si hemos seleccionado la opción Variables assumed non-negative no es necesario introducir las condiciones de signo.

- Cada instrucción termina obligatoriamente con;
- Los cambios de línea son irrelevantes. Por claridad podemos escribir cada ecuación en una línea, pero sería equivalente escribirlas todas seguidas en la misma línea. Recíprocamente, si una restricción es muy larga, podemos partirla en dos o más líneas (teniendo en cuenta que un cambio de línea es como un espacio en blanco, por lo que no podemos partir una palabra o un número).
- Las etiquetas entre corchetes verb/[]/ son opcionales. Sirven únicamente para relacionar más fácilmente la solución que proporciona LINGO con las distintas líneas del modelo. En caso de introducir etiquetas, estas no pueden contener espacios en blanco ni signos especiales, como acentos, eñes, etc. Una etiqueta puede contener números, pero no empezar por un número. Podemos usar el guion bajo para separar palabras (p.ej.: [Existencias_de_mijo]).
- Las mismas consideraciones que acabamos de hacer para las etiquetas valen para los nombres de las variables. En lugar de x, y, z podríamos haber elegido x1, x2, x3, o incluso sacos_1, sacos_2, sacos_3.
- LINGO no distingue entre mayúsculas o minúsculas, de modo que, si en un lugar escribimos x y en otro X, para LINGO se tratará de la misma variable. Del mismo modo, da igual escribir Max, MAX o max.
- No se pueden omitir los signos de multiplicación *. Para introducir, por ejemplo, $(x-5)^3$, escribiríamos $(x-5)^3$. Las funciones matemáticas disponibles en LINGO (exponenciales, logaritmos, etc.) pueden consultarse en el menú Edit → Paste function → Mathematical / Trigonometrical
- Es posible insertar líneas de comentarios (es decir, líneas que LINGO no leerá) sin más que empezarlas por un signo ! (y terminarlas igualmente con ;).

Interpretación de la solución Una vez introducido un modelo, LINGO lo resuelve si seleccionamos el menú LINGO → Solve (o, equivalentemente, pulsando en el icono en forma de diana). LINGO genera entonces un documento .lgr que, en el caso del ejemplo anterior (además de alguna información técnica) contiene lo siguiente:

Variable	Value	Reduced Cost
X	2000.000	0.000000
Y	1000.000	0.000000
Z	0.000000	1.000000
Row	Slack or Surplus	Dual Price
INGRESOS	30000.00	1.000000
AVENA	0.000000	0.3600000
MAIZ	10000.00	0.000000
CEBADA	20000.00	0.000000
MIJO	0.000000	1.200000

- La columna titulada Value contiene el valor óptimo de cada variable.
- En la columna titulada Slack or Surplus, la entrada correspondiente a la función objetivo (es decir, la etiquetada como INGRESOS) contiene el valor óptimo de la función objetivo, mientras que las restantes contienen las variables de holgura de las restricciones. Por ejemplo, vemos que para la solución óptima sobran 10000 kg de maíz.
- La columna titulada Reduced Cost contiene (salvo el signo) los multiplicadores de Kuhn y Tucker de las variables del problema. El signo es el que se corresponde con la interpretación siguiente:

El costo reducido de una variable x indica aproximadamente lo que empeorara la función objetivo (es decir, disminuirá en un problema de maximizar o aumentara en un problema de minimizar) por cada unidad que aumente el término independiente de la restricción $x \geq 0$.

Estrictamente hablando, el coste reducido λ ha de entenderse como la derivada de la función valor óptimo respecto al término independiente indicado (cambiada de signo en los problemas de maximizar), por lo que la mejora de la función

objetivo cuando la condición de signo pasa a ser $x \geq c$ será aproximadamente $\lambda \cdot c$, y esta aproximación sólo es válida para valores de c suficientemente pequeños.

Para problemas lineales el coste reducido tiene una interpretación alternativa:

El coste reducido de una variable x que tome el valor 0 es lo que debe mejorar el coeficiente de x en la función objetivo para que el valor óptimo de x pase a ser no nulo. (Las variables que ya son no nulas tienen coste reducido nulo.)

Así, por ejemplo, por cada saco de pienso de tipo 3 que quisiéramos fabricar, los ingresos disminuirían en 1€ o, equivalentemente, para que resulte rentable fabricar sacos de pienso de tipo 3 es necesario que su precio de venta aumente al menos en 1€.

- La columna Dual Price contiene (salvo el signo) los multiplicadores de Kuhn y Tucker (o variables duales, en el caso de la programación lineal) de las restricciones (excepto la entrada correspondiente a la función objetivo, cuyo valor es siempre igual a 1). El signo es el que se corresponde con la interpretación siguiente:

El precio dual de una restricción indica aproximadamente lo que mejorará la función objetivo por cada unidad que aumente el término independiente de la restricción.

Esto ha de entenderse igualmente como una derivada en las mismas condiciones en que es válida la interpretación de los costes reducidos. Por ejemplo, por cada kg adicional de avena que pudiéramos conseguir los ingresos aumentarían en 0.36€.

Si hemos seleccionado la opción para que LINGO calcule los intervalos de sensibilidad, podemos obtenerlos en el menú LINGO → Range (teniendo activa la ventana correspondiente al documento .lg4). El resultado es un nuevo documento .lgr con las tablas siguientes (que en la práctica podemos copiar y pegar en la ventana que contiene la solución del problema):

Objective Coefficient Ranges:

	Current	Allowable	Allowable
Variable	Coefficient	Increase	Decrease
X	9.000000	INFINITY	1.250000
Y	12.000000	INFINITY	12.000000
Z	6.200000	1.000000	INFINITY

Righthand Side Ranges:

	Current	Allowable	Allowable
Row	RHS	Increase	Decrease
AVENA	50000.00	10000.00	50000.00
MAIZ	80000.00	INFINITY	10000.00
CEBADA	40000.00	INFINITY	20000.00
MIJO	10000.00	5000.000	10000.00

En problemas de programación lineal, la interpretación es la siguiente:

- La tabla titulada Objective Coefficient Ranges contiene el valor actual del coeficiente de cada variable en la función objetivo junto con lo máximo que puede aumentar o disminuir para que la solución óptima no cambie. Por ejemplo, mientras el precio de los sacos de tipo 1 no descienda más de 1.25€, la solución óptima del problema seguirá siendo la misma.
- La tabla titulada Righthand Side Ranges contiene el valor actual de término independiente de cada restricción junto con lo máximo que puede aumentar o disminuir para que las variables básicas de la solución óptima sigan siendo las mismas. Si la restricción no está saturada podemos decir que la solución óptima seguirá siendo la misma.

Por ejemplo, mientras la cantidad disponible de avena no aumente en más de 10000 kg seguirá siendo cierto que:

1. No convendrá producir pienso de tipo 3 ($z = 0$),
2. Agotaremos toda la avena disponible (la holgura de la avena será nula),
3. Agotaremos todo el mijo disponible (la holgura del mijo será nula).

Se cumple que el precio dual de una restricción sólo es aplicable para determinar (de forma exacta en programación lineal) la mejora de la función objetivo que tiene lugar cuando se produce un incremento en el término independiente de la restricción que queda dentro del rango indicado en la tabla que acabamos de interpretar.

Terminamos con algunas observaciones:

- Si intentamos resolver un problema infactible o no acotado, LINGO lo indica mediante un cuadro de diálogo.
- Si “resolvemos” un problema sin función objetivo (por ejemplo, poniendo una exclamación ante la primera línea de nuestro modelo de ejemplo), LINGO estudia si las restricciones introducidas son o no factibles.
- Si no hemos puesto etiquetas a las restricciones, LINGO se referirá a ellas con números (según el orden en que las hemos escrito en el modelo), de ahí la conveniencia de poner etiquetas.

El principal objeto de trabajo a utilizar será la aplicación de modelos de optimización lineal aplicada al modelo de transporte.

Modelo de transporte: El modelo de transporte busca determinar un plan de transporte de una mercancía de varias fuentes a varios destinos. Los datos del modelo son:

1. Nivel de oferta en cada origen y la cantidad de demanda en cada destino.

2. El costo de transporte unitario de la mercancía a cada destino.

Como solo hay una mercancía un destino puede recibir su demanda de una o más fuentes. El objetivo del modelo es el de determinar la cantidad que se enviará de cada fuente a cada destino, tal que se minimice el costo del transporte total.

5.5. Información estadística necesaria

Producción en toneladas del cultivo seleccionado en el último año (2015) por estado.

Población del estado.

Consumo aparente per cápita de 11kg. (SIAP)

Consumo local en el estado= población X consumo per cápita

Producción estatal – consumo local

Identificar las cantidades excedentes si el resultado del renglón anterior es positivo y considerar el excedente como la cantidad a transportar a otros estados, si la diferencia anterior es negativa, esa cantidad se considera que debe traerse de otras entidades.

Separar en lista de oferentes con sus respectivas cantidades excedentes (lo que debe transportarse a otras entidades) y en otra columna los estados y sus cantidades deficitarias (lo que requieren se traiga de otros estados)

Identificar puntos de origen de las áreas excedentarias (Una ciudad del área productora) y puntos de destino (una ciudad considerada centro comercial regional)

Agrupar centros de destino del producto, para facilitar el modelo de transporte de acuerdo con su ubicación y fácil acceso, ubicando el centro de abasto para cada región.

Agrupar estados productores en un mismo origen si estos estados tienen una región productora común del producto en cuestión y definir la ciudad origen.

5.6 Principales Estados productores de mango en México

De acuerdo con SAGARPA, el mango se produce en 23 estados, de los cuales, 10 contribuyen con el 98 por ciento del total de la producción nacional.

El estado de Guerrero es el principal productor con el 22 por ciento del volumen total; Nayarit, con un 17 por ciento, y Sinaloa con un 14 por ciento. Estas tres entidades participan con el 53 por ciento de la producción nacional.

El resto se produce en Chiapas, Oaxaca, Michoacán, Veracruz, Jalisco, Colima y Campeche esto en el año 2015.

A continuación, se muestra en el cuadro # 1, los principales estados productores con el monto de su producción en el año 2015.

Cuadro: 1. Los principales estados productores de mango en México.

ESTADO	PRODUCCION (TON)
GUERRERO	356,291.16
SINALOA	302,091.65
NAYARIT	252,394.44
CHIAPAS	215,008.59
MICHOACÁN	155,360.52
OAXACA	146,029.07
VERACRUZ	118,544.95
JALISCO	112,551.33
CAMPECHE	39,741.76
COLIMA	39,292.17

5.7 Calculo de la oferta y la demanda de mango en México

Para realizar el cálculo y la clasificación de cada uno de los estados de la república mexicana se ordenaran los datos obtenidos de SAGARPA, de los cuales se obtuvo la población por estado, la producción y el consumo per-cápita de mango teniendo en cuenta lo anterior se procede a realizar los cálculos pertinentes para determinar si es oferente o demandante esto determinando el consumo total de cada estado y con ello si se tiene un excedente en la producción es un estado oferente y si por el contrario consume más de lo que consume es un estado demandante, una vez determinando si es oferente o demandante cada estado se clasifican los estados para facilitar la estructura del modelo de transporte de costo mínimo.

Cuadro #2: Clasificación de los estados como productores o consumidores de acuerdo a la oferta y demanda de mango.

ESTADO	PRODUCCIÓN (TON)	POBLACIÓN	CONSUMO (TON)	EXCEDENTE	DÉFICIT
GUERRERO	356291.16	3533251	38865.761	317425.399	
SINALOA	302091.65	2966321	32629.531	269462.119	
NAYARIT	252394.44	1181050	12991.55	239402.89	
CHIAPAS	215008.59	5217908	57396.988	157611.602	
MICHOACÁN	155360.52	4584471	50429.181	104931.339	
OAXACA	146029.07	3967889	43646.779	102382.291	
VERACRUZ	118544.95	8112505	89237.555	29307.395	
JALISCO	112551.33	7844830	86293.13	26258.2	
CAMPECHE	39741.76	899931	9899.241	29842.519	
COLIMA	39292.17	711235	7823.585	31468.585	
TAMAULIPAS	14548.28	3441698	37858.678		23310.398
BAJA CALIFORNIA SUR	7116.4	712029	7832.319		715.919
MORELOS	5883.88	1903811	20941.921		15058.041
ESTADO DE MÉXICO	3704.1	16187608	178063.688		174359.588
DURANGO	1570.33	1754754	19302.294		17731.964
YUCATÁN	1462.58	2097175	23068.925		21606.345
TABASCO	1067.05	2395272	26347.992		25280.942

SAN LUIS POTOSÍ	1062.5	2717820	29896.02		28833.52
PUEBLA	594.55	6168883	67857.713		67263.163
SONORA	382.76	2850330	31353.63		30970.87
HIDALGO	343.9	2858359	31441.949		31098.049
ZACATECAS	276.1	1579209	17371.299		17095.199
QUERÉTARO	188.7	2038372	22422.092		22233.392
MÉXICO D.F.	0	8918653	98105.183		98105.183
GUANAJUATO	0	5853677	64390.447		64390.447
NUEVO LEÓN	0	5119504	56314.544		56314.544
CHIHUAHUA	0	3556574	39122.314		39122.314
BAJA CALIFORNIA	0	3315766	36473.426		36473.426
COAHUILA	0	2954915	32504.065		32504.065
QUINTANA ROO	0	1501562	16517.182		16517.182
AGUASCALIENTES	0	1312544	14437.984		14437.984
TLAXCALA	0	1272847	14001.317		14001.317
TOTALES	1775506.77	119530753	1314838.28	1308092.34	847423.852
SALDO				2155516.19	

FUENTE: Elaborado con datos de INEGI, SAGARPA, SIACON.

5.7.1 Excedente de mango en los centros productores

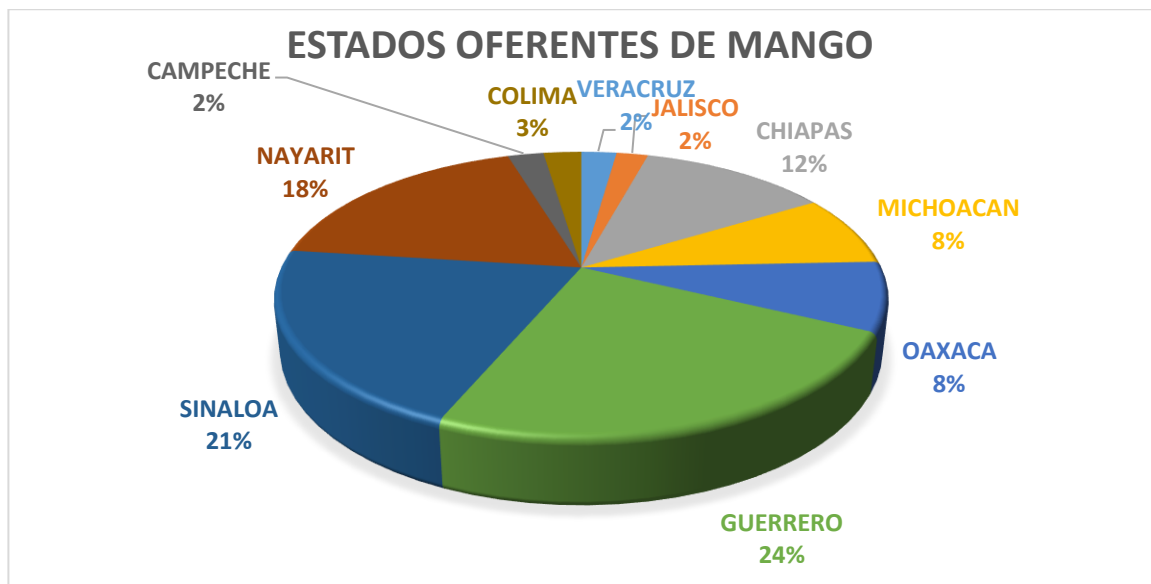
A continuación se presentan en el cuadro # 3 los estado que tienen un excedente de mango en su producción y con los cuales se cubrirá la demanda de los estado restantes como se puede apreciar en el cuadro siguiente es estado con mayor excedente es Guerrero con un 24% del excedente total seguido de Sinaloa con un 21%, y Nayarit con un 18%, como se puede apreciar en tan sólo 3 estados se concentra más del 60% del excedente de mango en México, y al ubicarse los tres en el océano pacífico complica la situación para la distribución y abasto al resto de la república de ahí la importancia de la propuesta de un modelo de transporte de costo mínimo, con la finalidad de apoyar la economía nacional y favorecer el bienestar social al reducir los costos de transporte y con ello disminuir el costo del mango al consumidor final.

Cuadro #3: Estados productores con excedente de mango en México

ESTADO	PRODUCCIÓN (TON)	POBLACIÓN	CONSUMO INTERNO (TON)	EXCEDENTE
VERACRUZ	118544.95	8112505	89237.555	29,307.395
JALISCO	112551.33	7844830	86293.13	26,258.2
CHIAPAS	215008.59	5217908	57396.988	157,611.602
MICHOACÁN	155360.52	4584471	50429.181	104,931.339
OAXACA	146029.07	3967889	43646.779	102,382.291
GUERRERO	356291.16	3533251	38865.761	317,425.399
SINALOA	302091.65	2966321	32629.531	269,462.119
NAYARIT	252394.44	1181050	12991.55	239,402.89
CAMPECHE	39741.76	899931	9899.241	29,842.519
COLIMA	39292.17	711235	7823.585	31,468.585
TOTALES	1775506.77	119530753	1314838.283	1308092.34
SALDO				460668.487

FUENTE: Elaboración con datos de INEGI, SIACON, SAGARPA

Grafica #1: Estados productores de mango con excedente en México.



FUENTE: Elaboración con datos del INEGI, SIACON, SAGARPA.

5.7.2 Demanda de mango en los centros consumidores

La demanda de mango en los estados se determinó tomando como base el dato de consumo per-cápita de SAGARPA (2015) la cual lo establece en 11 kilogramos al año por persona, este dato se obtuvieron los consumos estatales y sabiendo la producción y población de cada uno de ellos se determinó el consumo total y así la demanda que no puede cubrir con la producción estatal, en la siguiente tabla se muestra detalladamente la producción de cada estado así como su población y su consumo y con ello la demanda que tienen de mango al año, en el cuadro #4 se puede observar que el mayor demandante de mango es Estado de México con un 21% de la demanda total seguido de la CD. De México, Puebla, Guanajuato, entre los cuales suman casi el 50% de la demanda del país que se cubre con su producción interna.

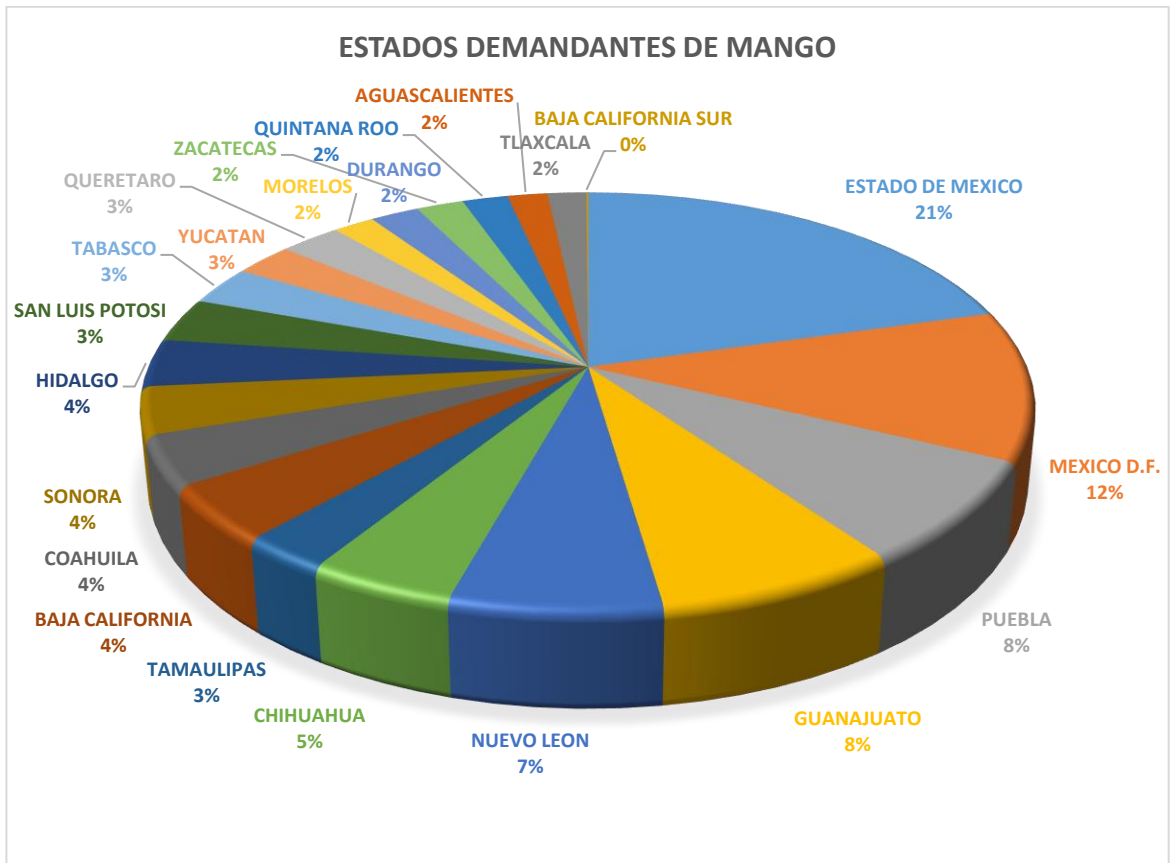
Cuadro #4: Estados consumidores de mango con déficit en la producción

ESTADO	DÉFICIT (TON)
ESTADO DE MÉXICO	174359.588
MÉXICO D.F.	98105.183
PUEBLA	67263.163
GUANAJUATO	64390.447
NUEVO LEÓN	56314.544
CHIHUAHUA	39122.314
BAJA CALIFORNIA	36473.426
COAHUILA	32504.065
HIDALGO	31098.049
SONORA	30970.87
SAN LUIS POTOSÍ	28833.52
TABASCO	25280.942
TAMAULIPAS	23310.398
QUERÉTARO	22233.392
YUCATÁN	21606.345
DURANGO	17731.964
ZACATECAS	17095.199
QUINTANA ROO	16517.182

MORELOS	15058.041
AGUASCALIENTES	14437.984
TLAXCALA	14001.317
BAJA CALIFORNIA SUR	715.919
TOTALES	847423.852

FUENTE: Elaboración con datos de INEGI, SIACON, SAGARPA.

Grafica 2: Estados consumidores de mango con déficit en la producción



FUENTE: Elaboración con datos de INEGI, SIACON, SAGARPA

5.8. Costos de transporte de los centros productores a los consumidores (tonelada)

Estos costos se determinaron con el uso de la plataforma de GlobalMapMexico2017.

Cuadro 5: Costos de transporte de los centros productores a los centros consumidores (\$/Ton.)

CENTROS CONSUMIDORES	CENTROS PRODUCTORES									
	GUERRERO	SINALOA	NAYARIT	CHIAPAS	MICHOACÁN	OAXACA	COLIMA	CAMPECHE	VERACRUZ	JALISCO
ESTADO DE MÉXICO	86	327	171	233	61	139	169	303	104	121
MÉXICO D.F.	86	327	196	206	86	112	194	276	77	147
PUEBLA	123	358	227	172	117	78	225	241	51	178
GUANAJUATO	176	234	110	305	56	205	107	368	156	60
NUEVO LEÓN	267	288	307	389	183	295	232	459	247	178
CHIHUAHUA	423	312	330	552	303	451	325	615	403	278
BAJA CALIFORNIA	725	324	448	846	568	752	544	915	703	502
COAHUILA	321	203	222	443	194	349	216	513	301	169
HIDALGO	110	321	190	206	80	113	188	276	64	141
SONORA	501	100	217	621	344	528	320	691	479	278
SAN LUIS POTOSÍ	164	220	139	293	87	193	136	356	144	89
TABASCO	264	507	376	48	265	116	373	83	124	326
TAMAULIPAS	203	312	233	226	177	196	230	289	90	177
QUERÉTARO	132	266	135	261	56	160	133	324	112	86
YUCATÁN	376	618	494	148	377	234	492	32	243	445
DURANGO	288	125	143	410	161	316	239	480	268	197
ZACATECAS	212	176	132	334	107	241	129	397	186	83
QUINTANA ROO	475	717	586	240	476	326	584	124	335	537
MORELOS	77	352	221	206	111	112	219	276	85	172
AGUASCALIENTES	205	234	109	334	85	233	107	397	185	60
TLAXCALA	122	352	221	180	111	86	218	250	43	171
BAJA CALIFORNIA SUR	747	352	470	874	597	780	572	937	725	531

Fuente: Elaboración con datos de GlobalMapsMéxico2017.

5.9 Formulación del modelo

5.9.1. Función objetivo

Para la formulación matemática de la función objetivo en este modelo de transporte de costo mínimo para el transporte del mango en México, se utilizaron los costos de transporte de cada uno de los centros productores a cada uno de los centros consumidores (Ver cuadro 5).

$$\begin{aligned} \text{Min} \quad & 86X_{A_1}+86X_{A_2}+123X_{A_3}+176X_{A_4}+267X_{A_5}+423X_{A_6}+725X_{A_7}+321X_{A_8}+ \\ & 110X_{A_9}+501X_{A_{10}}+164X_{A_{11}}+264X_{A_{12}}+203X_{A_{13}}+132X_{A_{14}}+376X_{A_{15}}+288X_{A_{16}}+212X_{A_{17}}+ \\ & 475X_{A_{18}}+77X_{A_{19}}+205X_{A_{20}}+122X_{A_{21}}+747X_{A_{22}}+327X_{B_1}+327X_{B_2}+358X_{B_3}+234X_{B_4} \\ & +288X_{B_5}+312X_{B_6}+324X_{B_7}+203X_{B_8}+321X_{B_9}+100X_{B_{10}}+220X_{B_{11}}+507X_{B_{12}}+312X_{B_{13}} \\ & +266X_{B_{14}}+618X_{B_{15}}+125X_{B_{16}}+176X_{B_{17}}+717X_{B_{18}}+352X_{B_{19}}+234X_{B_{20}}+352X_{B_{21}}+352 \\ & X_{B_{22}}+171X_{C_1}+196X_{C_2}+227X_{C_3}+110X_{C_4}+307X_{C_5}+330X_{C_6}+446X_{C_7}+222X_{C_8}+190X_{C_9} \\ & +217X_{C_{10}}+139X_{C_{11}}+376X_{C_{12}}+233X_{C_{13}}+135X_{C_{14}}+494X_{C_{15}}+143X_{C_{16}}+132X_{C_{17}}+58 \\ & 6X_{C_{18}}+221X_{C_{19}}+109X_{C_{20}}+221X_{C_{21}}+470X_{C_{22}}+233X_{D_1}+206X_{D_2}+172X_{D_3}+305X_{D_4}+3 \\ & 89X_{D_5}+552X_{D_6}+846X_{D_7}+443X_{D_8}+206X_{D_9}+621X_{D_{10}}+293X_{D_{11}}+48X_{D_{12}}+226X_{D_{13}}+26 \\ & 1X_{D_{14}}+148X_{D_{15}}+410X_{D_{16}}+334X_{D_{17}}+240X_{D_{18}}+206X_{D_{19}}+334X_{D_{20}}+180X_{D_{21}}+874X_{D_{22}} \\ & +61X_{E_1}+86X_{E_2}+117X_{E_3}+56X_{E_4}+183X_{E_5}+303X_{E_6}+568X_{E_7}+194X_{E_8}+80X_{E_9}+344X_{E_{10}} \\ & +87X_{E_{11}}+265X_{E_{12}}+177X_{E_{13}}+56X_{E_{14}}+377X_{E_{15}}+161X_{E_{16}}+107X_{E_{17}}+476X_{E_{18}}+111X_{E_{19}} \\ & +85X_{E_{20}}+111X_{E_{21}}+597X_{E_{22}}+139X_{F_1}+112X_{F_2}+78X_{F_3}+205X_{F_4}+295X_{F_5}+451X_{F_6}+75 \\ & 2X_{F_7}+349X_{F_8}+113X_{F_9}+528X_{F_{10}}+193X_{F_{11}}+116X_{F_{12}}+196X_{F_{13}}+160X_{F_{14}}+234X_{F_{15}}+31 \\ & 6X_{F_{16}}+241X_{F_{17}}+326X_{F_{18}}+112X_{F_{19}}+233X_{F_{20}}+86X_{F_{21}}+780X_{F_{22}}+169X_{G_1}+194X_{G_2}+22 \\ & 5X_{G_3}+107X_{G_4}+232X_{G_5}+325X_{G_6}+544X_{G_7}+216X_{G_8}+188X_{G_9}+320X_{G_{10}}+136X_{G_{11}}+373 \\ & X_{G_{12}}+230X_{G_{13}}+133X_{G_{14}}+492X_{G_{15}}+239X_{G_{16}}+129X_{G_{17}}+584X_{G_{18}}+219X_{G_{19}}+107X_{G_{20}} \\ & +218X_{G_{21}}+572X_{G_{22}}+303X_{H_1}+276X_{H_2}+241X_{H_3}+368X_{H_4}+459X_{H_5}+615X_{H_6}+915X_{H_7}+ \\ & 513X_{H_8}+276X_{H_9}+691X_{H_{10}}+356X_{H_{11}}+83X_{H_{12}}+289X_{H_{13}}+324X_{H_{14}}+32X_{H_{15}}+480X_{H_{16}}+ \\ & 397X_{H_{17}}+124X_{H_{18}}+276X_{H_{19}}+397X_{H_{20}}+250X_{H_{21}}+937X_{H_{22}}+104X_{I_1}+77X_{I_2}+51X_{I_3}+15 \\ & 6X_{I_4}+247X_{I_5}+403X_{I_6}+703X_{I_7}+301X_{I_8}+64X_{I_9}+479X_{I_{10}}+144X_{I_{11}}+124X_{I_{12}}+90X_{I_{13}}+11 \\ & 2X_{I_{14}}+243X_{I_{15}}+268X_{I_{16}}+186X_{I_{17}}+335X_{I_{18}}+85X_{I_{19}}+185X_{I_{20}}+43X_{I_{21}}+725X_{I_{22}}+X_{121} \\ & +147X_{J_2}+178X_{J_3}+60X_{J_4}+178X_{J_5}+278X_{J_6}+502X_{J_7}+169X_{J_8}+141X_{J_9}+278X_{J_{10}}+89X_{J_1} \end{aligned}$$

$$1+326X_{J12}+177X_{J13}+86X_{J14}+445X_{J15}+197X_{J16}+83X_{J17}+537X_{J18}+172X_{J19}+60X_{J20}+171X_{J21}+531X_{J22}$$

5.9.2 Restricciones de la oferta

SUBJECT TO

$$1). X_{A1}+X_{A2}+X_{A3}+X_{A4}+X_{A5}+X_{A6}+X_{A7}+X_{A8}+X_{A9}+X_{A10}+X_{A11}+X_{A12}+X_{A13}+X_{A14}+X_{A15}+X_{A16}+X_{A17}+X_{A18}+X_{A19}+X_{A20}+X_{A21}+X_{A22} \leq 317425.399$$

$$2). X_{B1}+X_{B2}+X_{B3}+X_{B4}+X_{B5}+X_{B6}+X_{B7}+X_{B8}+X_{B9}+X_{B10}+X_{B11}+X_{B12}+X_{B13}+X_{B14}+X_{B15}+X_{B16}+X_{B17}+X_{B18}+X_{B19}+X_{B20}+X_{B21}+X_{B22} \leq 269462.119$$

$$3). X_{C1}+X_{C2}+X_{C3}+X_{C4}+X_{C5}+X_{C6}+X_{C7}+X_{C8}+X_{C9}+X_{C10}+X_{C11}+X_{C12}+X_{C13}+X_{C14}+X_{C15}+X_{C16}+X_{C17}+X_{C18}+X_{C19}+X_{C20}+X_{C21}+X_{C22} \leq 239402.89$$

$$4). X_{D1}+X_{D2}+X_{D3}+X_{D4}+X_{D5}+X_{D6}+X_{D7}+X_{D8}+X_{D9}+X_{D10}+X_{D11}+X_{D12}+X_{D13}+X_{D14}+X_{D15}+X_{D16}+X_{D17}+X_{D18}+X_{D19}+X_{D20}+X_{D21}+X_{D22} \leq 157611.602$$

$$5). X_{E1}+X_{E2}+X_{E3}+X_{E4}+X_{E5}+X_{E6}+X_{E7}+X_{E8}+X_{E9}+X_{E10}+X_{E11}+X_{E12}+X_{E13}+X_{E14}+X_{E15}+X_{E16}+X_{E17}+X_{E18}+X_{E19}+X_{E20}+X_{E21}+X_{E22} \leq 104931.339$$

$$6). X_{F1}+X_{F2}+X_{F3}+X_{F4}+X_{F5}+X_{F6}+X_{F7}+X_{F8}+X_{F9}+X_{F10}+X_{F11}+X_{F12}+X_{F13}+X_{F14}+X_{F15}+X_{F16}+X_{F17}+X_{F18}+X_{F19}+X_{F20}+X_{F21}+X_{F22} \leq 102382.291$$

$$7). X_{G1}+X_{G2}+X_{G3}+X_{G4}+X_{G5}+X_{G6}+X_{G7}+X_{G8}+X_{G9}+X_{G10}+X_{G11}+X_{G12}+X_{G13}+X_{G14}+X_{G15}+X_{G16}+X_{G17}+X_{G18}+X_{G19}+X_{G20}+X_{G21}+X_{G22} \leq 31468.585$$

$$8). X_{H1}+X_{H2}+X_{H3}+X_{H4}+X_{H5}+X_{H6}+X_{H7}+X_{H8}+X_{H9}+X_{H10}+X_{H11}+X_{H12}+X_{H13}+X_{H14}+X_{H15}+X_{H16}+X_{H17}+X_{H18}+X_{H19}+X_{H20}+X_{H21}+X_{H22} \leq 29842.519$$

$$9). X_{I1}+X_{I2}+X_{I3}+X_{I4}+X_{I5}+X_{I6}+X_{I7}+X_{I8}+X_{I9}+X_{I10}+X_{I11}+X_{I12}+X_{I13}+X_{I14}+X_{I15}+X_{I16}+X_{I17}+X_{I18}+X_{I19}+X_{I20}+X_{I21}+X_{I22} \leq 29307.395$$

$$10). X_{J1}+X_{J2}+X_{J3}+X_{J4}+X_{J5}+X_{J6}+X_{J7}+X_{J8}+X_{J9}+X_{J10}+X_{J11}+X_{J12}+X_{J13}+X_{J14}+X_{J15}+X_{J16}+X_{J17}+X_{J18}+X_{J19}+X_{J20}+X_{J21}+X_{J22} \leq 26258.2$$

5.9.3 Restricciones de la demanda

1. $X_{A1}+X_{B1}+X_{C1}+X_{D1}+X_{E1}+X_{F1}+X_{G1}+X_{H1}+X_{I1}+X_{J1}=174,359.588$
2. $X_{A2}+X_{B2}+X_{C2}+X_{D2}+X_{E2}+X_{F2}+X_{G2}+X_{H2}+X_{I2}+X_{J2}=98,105.183$
3. $X_{A3}+X_{B3}+X_{C3}+X_{D3}+X_{E3}+X_{F3}+X_{G3}+X_{H3}+X_{I3}+X_{J3}=67,263.163$
4. $X_{A4}+X_{B4}+X_{C4}+X_{D4}+X_{E4}+X_{F4}+X_{G4}+X_{H4}+X_{I4}+X_{J4}=64,390.447$
5. $X_{A5}+X_{B5}+X_{C5}+X_{D5}+X_{E5}+X_{F5}+X_{G5}+X_{H5}+X_{I5}+X_{J5}=56,314.544$
6. $X_{A6}+X_{B6}+X_{C6}+X_{D6}+X_{E6}+X_{F6}+X_{G6}+X_{H6}+X_{I6}+X_{J6}=39,122.314$
7. $X_{A7}+X_{B7}+X_{C7}+X_{D7}+X_{E7}+X_{F7}+X_{G7}+X_{H7}+X_{I7}+X_{J7}=36,473.426$
8. $X_{A8}+X_{B8}+X_{C8}+X_{D8}+X_{E8}+X_{F8}+X_{G8}+X_{H8}+X_{I8}+X_{J8}=32,504.065$
9. $X_{A9}+X_{B9}+X_{C9}+X_{D9}+X_{E9}+X_{F9}+X_{G9}+X_{H9}+X_{I9}+X_{J9}=31,098.049$
10. $X_{A10}+X_{B10}+X_{C10}+X_{D10}+X_{E10}+X_{F10}+X_{G10}+X_{H10}+X_{I10}+X_{J10}=30,970.87$
11. $X_{A11}+X_{B11}+X_{C11}+X_{D11}+X_{E11}+X_{F11}+X_{G11}+X_{H11}+X_{I11}+X_{J11}=28,833.52$
12. $X_{A12}+X_{B12}+X_{C12}+X_{D12}+X_{E12}+X_{F12}+X_{G12}+X_{H12}+X_{I12}+X_{J12}=25,280.942$
13. $X_{A13}+X_{B13}+X_{C13}+X_{D13}+X_{E13}+X_{F13}+X_{G13}+X_{H13}+X_{I13}+X_{J13}=23,310.398$
14. $X_{A14}+X_{B14}+X_{C14}+X_{D14}+X_{E14}+X_{F14}+X_{G14}+X_{H14}+X_{I14}+X_{J14}=22,233.392$
15. $X_{A15}+X_{B15}+X_{C15}+X_{D15}+X_{E15}+X_{F15}+X_{G15}+X_{H15}+X_{I15}+X_{J15}=21,606.345$
16. $X_{A16}+X_{B16}+X_{C16}+X_{D16}+X_{E16}+X_{F16}+X_{G16}+X_{H16}+X_{I16}+X_{J16}=17,731.964$
17. $X_{A17}+X_{B17}+X_{C17}+X_{D17}+X_{E17}+X_{F17}+X_{G17}+X_{H17}+X_{I17}+X_{J17}=17,095.199$
18. $X_{A18}+X_{B18}+X_{C18}+X_{D18}+X_{E18}+X_{F18}+X_{G18}+X_{H18}+X_{I18}+X_{J18}=16,517.182$
19. $X_{A19}+X_{B19}+X_{C19}+X_{D19}+X_{E19}+X_{F19}+X_{G19}+X_{H19}+X_{I19}+X_{J19}=15,058.041$
20. $X_{A20}+X_{B20}+X_{C20}+X_{D20}+X_{E20}+X_{F20}+X_{G20}+X_{H20}+X_{I20}+X_{J20}=14,437.984$
21. $X_{A21}+X_{B21}+X_{C21}+X_{D21}+X_{E21}+X_{F21}+X_{G21}+X_{H21}+X_{I21}+X_{J21}=14,001.317$
22. $X_{A22}+X_{B22}+X_{C22}+X_{D22}+X_{E22}+X_{F22}+X_{G22}+X_{H22}+X_{I22}+X_{J22}=715.919$

5.9.4. Nomenclatura del modelo

En la nomenclatura de las variables que integran el modelo se utilizaron números arábigos; a cada origen se le asignó un número que va del “A” al “J” y a cada destino se le asignó un número que va del 1 al 22.

La cantidad demandada u ofrecida se presentó con la letra X, quedando de la siguiente manera:

5.9.5. Orígenes (región productora de cada uno de los estados excedentarios)

1. Acapulco, Guerrero
2. Los Mochis, Sinaloa.
3. Rosamorada, Nayarit.
4. Tapachula, Chiapas.
5. La Unión, Michoacán.
6. Cuicatlán, Oaxaca.
7. Colima, Colima.
8. Campeche, Campeche.
9. San Andrés Tuxtla, Veracruz.
10. Amatitlán, Jalisco.

5.9.6. Destinos (centros de abasto de los estados con déficit de mango)

1. Central de abasto de Toluca, estado de México.
2. Central de abasto de Iztapalapa, ciudad de México.
3. Central de abasto de Puebla, Puebla.
4. Central de abasto de León, Guanajuato.

5. Central de abasto de Guadalupe, Nuevo León.
6. Central de abasto de Chihuahua, Chihuahua.
7. Central de abasto, india, Tijuana, Baja California Norte.
8. Central de abasto de la laguna, Torreón Coahuila.
9. Central de abasto de Pachuca, Hidalgo.
10. Central de abasto de Cd. Obregón, Sonora.
11. Central de abasto de San Luis Potosí, San Luis Potosí.
12. Central de abasto de Villahermosa, Tabasco.
13. Módulo de abasto de Tampico Madero y Altamira, Tamaulipas.
14. Mercado de abasto de Querétaro, Querétaro.
15. Central de abasto de Mérida, Yucatán.
16. Central de abasto Francisco Villa, Durango.
17. Mercado de abasto de Zacatecas, Zacatecas.
18. Mercado de Chetumal, Quintana Roo.
19. Central de abasto de Cuautla, Morelos.
20. Centro comercial agropecuario de Aguascalientes, Aguascalientes.
21. Central de abasto de Tlaxcala, Tlaxcala.
22. Unión de comerciantes de la Paz, Baja California Sur.

5.9.7. Variables del modelo

Las variables del modelo para esta investigación representan cada una de las cantidades que un origen distribuye a un destino, por tanto:

X_{A1} = Toneladas de mango a enviar de Guerrero, a CENTRAL DE ABASTO DE TOLUCA, EDO DE MÉXICO.

X_{A2} = Toneladas de mango a enviar de Guerrero, a CENTRAL DE ABASTO DE IZTAPALAPA, Ciudad de México.

X_{A3} = Toneladas de mango a enviar de Guerrero, a CENTRAL DE ABASTO DE PUEBLA, Puebla.

X_{A4} = Toneladas de mango a enviar de Guerrero, a CENTRAL DE ABASTO DE LEÓN, Guanajuato.

X_{A5} = Toneladas de mango a enviar de Guerrero, a CENTRAL DE ABASTO DE GUADALUPE, NUEVO. LEÓN.

X_{A6} = Toneladas de mango a enviar de Guerrero, a CENTRAL DE ABASTO DE CHIHUAHUA, Chihuahua.

X_{A7} = Toneladas de mango a enviar de Guerrero, a CENTRAL DE ABASTO, INDIA, TIJUANA, Baja California Norte.

X_{A8} = Toneladas de mango a enviar de Guerrero, a CENTRAL DE ABASTO DE LA LAGUNA, TORREÓN, Coahuila.

X_{A9} = Toneladas de mango a enviar de Guerrero, a CENTRAL DE ABASTO DE PACHUCA, Hidalgo.

X_{A10} = Toneladas de mango a enviar de Guerrero, a CENTRAL DE ABASTO DE Cd. OBREGÓN, Sonora.

X_{A11} = Toneladas de mango a enviar de Guerrero, a CENTRAL DE ABASTO DE SAN LUIS POTOSÍ, S. L. Potosí.

X_{A12} = Toneladas de mango a enviar de Guerrero, a CENTRAL DE ABASTO DE VILLAHERMOSA, Tabasco.

X_{A13} = Toneladas de mango a enviar de Guerrero, a MODULO DE ABASTO DE TAMPICO MADERO Y ALTAMIRA, Tamaulipas.

X_{A14}= Toneladas de mango a enviar de Guerrero, a MERCADO DE ABASTO DE QUERÉTARO, Querétaro.

X_{A15}= Toneladas de mango a enviar de Guerrero, a CENTRAL DE ABASTO DE MÉRIDA, Yucatán.

X_{A16}= Toneladas de mango a enviar de Guerrero, a CENTRAL DE ABASTO FRANCISCO VILLA, Durango.

X_{A17}= Toneladas de mango a enviar de Guerrero, a MERCADO DE ABASTO DE ZACATECAS, Zacatecas.

X_{A18}= Toneladas de mango a enviar de Guerrero, a MERCADO DE CHETUMAL, Quintana Roo.

X_{A19}= Toneladas de mango a enviar de Guerrero, a CENTRAL DE ABASTO DE CUAUTLA, Morelos.

X_{A20}= Toneladas de mango a enviar de Guerrero, a CENTRO COMERCIAL AGROPECUARIO DE AGS, Aguascalientes.

X_{A21}= Toneladas de mango a enviar de Guerrero, a CENTRAL DE ABASTO DE TLAXCALA, Tlaxcala.

X_{A22}= Toneladas de mango a enviar de Guerrero, a UNIÓN DE COMERCIANTES DE LA PAZ, Baja California Sur.

X_{B1}= Toneladas de mango a enviar de Sinaloa, a CENTRAL DE ABASTO DE TOLUCA, EDO DE MEXICO.

X_{B2}= Toneladas de mango a enviar de Sinaloa, a CENTRAL DE ABASTO DE IZTAPALAPA, Ciudad de México.

X_{B3}= Toneladas de mango a enviar de Sinaloa, a CENTRAL DE ABASTO DE PUEBLA, Puebla.

X_{B4} = Toneladas de mango a enviar de Sinaloa, a CENTRAL DE ABASTO DE LEÓN, Guanajuato.

X_{B5} = Toneladas de mango a enviar de Sinaloa, a CENTRAL DE ABASTO DE GUADALUPE, NUEVO LEÓN.

X_{B6}= Toneladas de mango a enviar de Sinaloa, a CENTRAL DE ABASTO DE CHIHUAHUA, Chihuahua.

X_{B7} = Toneladas de mango a enviar de Sinaloa, a CENTRAL DE ABASTO, INDIA, TIJUANA, Baja California Norte.

X_{B8} = Toneladas de mango a enviar de Sinaloa, a CENTRAL DE ABASTO DE LA LAGUNA, TORREÓN, Coahuila.

X_{B9} = Toneladas de mango a enviar de Sinaloa, a CENTRAL DE ABASTO DE PACHUCA, Hidalgo.

X_{B10} = Toneladas de mango a enviar de Sinaloa, a CENTRAL DE ABASTO DE Cd. OBREGÓN, Sonora.

X_{B11} = Toneladas de mango a enviar de Sinaloa, a CENTRAL DE ABASTO DE SAN LUIS POTOSÍ, S. L. Potosí.

X_{B12} = Toneladas de mango a enviar de Sinaloa, a CENTRAL DE ABASTO DE VILLAHERMOSA, Tabasco.

X_{B13}= Toneladas de mango a enviar de Sinaloa, a MÓDULO DE ABASTO DE TAMPICO MADERO Y ALTAMIRA, Tamaulipas.

X_{B14}= Toneladas de mango a enviar de Sinaloa, a MERCADO DE ABASTO DE QUERÉTARO, Querétaro.

X_{B15}= Toneladas de mango a enviar de Sinaloa, a CENTRAL DE ABASTO DE MÉRIDA, Yucatán.

X_{B16}= Toneladas de mango a enviar de Sinaloa, a CENTRLA DE ABASTO FRANCISCO VILLA, Durango.

X_{B17}= Toneladas de mango a enviar de Sinaloa, a MERCADO DE ABASTO DE ZACATECAS, Zacatecas.

X_{B18}= Toneladas de mango a enviar de Sinaloa, a MERCADO DE CHETUMAL, Quintana Roo.

X_{B19}= Toneladas de mango a enviar de Sinaloa, a CENTRAL DE ABASTO DE CUAUTLA, Morelos.

X_{B20}= Toneladas de mango a enviar de Sinaloa, a CENTRO COMERCIAL AGROPECUARIO DE AGS, Aguascalientes.

X_{B21}= Toneladas de mango a enviar de Sinaloa, a CENTRAL DE ABASTO DE TLAXCALA, Tlaxcala.

X_{B22}= Toneladas de mango a enviar de Sinaloa, a UNIÓN DE COMERCIANTES DE LA PAZ, Baja California Sur.

X_{C1}= Toneladas de mango a enviar de Nayarit, a CENTRAL DE ABASTO DE TOLUCA, EDO DE MÉXICO.

X_{C2}= Toneladas de mango a enviar de Nayarit, a CENTRAL DE ABASTO DE IZTAPALAPA, Ciudad de México.

X_{C3}= Toneladas de mango a enviar de Nayarit, a CENTRAL DE ABASTO DE PUEBLA, Puebla.

X_{C4} = Toneladas de mango a enviar de Nayarit, a CENTRAL DE ABASTO DE LEÓN, Guanajuato.

X_{C5} = Toneladas de mango a enviar de Nayarit, a CENTRAL DE ABASTO DE GUADALUPE, NUEVO LEÓN.

X_{C6}= Toneladas de mango a enviar de Nayarit, a CENTRAL DE ABASTO DE CHIHUAHUA, Chihuahua.

X_{C7} = Toneladas de mango a enviar de Nayarit, a CENTRAL DE ABASTO, INDIA, TIJUANA, Baja California Norte.

X_{C8} = Toneladas de mango a enviar de Nayarit, a CENTRAL DE ABASTO DE LA LAGUNA, TORREÓN, Coahuila.

X_{C9} = Toneladas de mango a enviar de Nayarit, a CENTRAL DE ABASTO DE PACHUCA, Hidalgo.

X_{C10} = Toneladas de mango a enviar de Nayarit, a CENTRAL DE ABASTO DE Cd. OBREGÓN, Sonora.

X_{C11} = Toneladas de mango a enviar de Nayarit, a CENTRAL DE ABASTO DE SAN LUIS POTOSÍ, S. L. Potosí.

X_{C12} = Toneladas de mango a enviar de Nayarit, a CENTRAL DE ABASTO DE VILLAHERMOSA, Tabasco.

X_{C13} = Toneladas de mango a enviar de Nayarit, a MÓDULO DE ABASTO DE TAMPICO MADERO Y ALTAMIRA, Tamaulipas.

X_{C14} = Toneladas de mango a enviar de Nayarit, a MERCADO DE ABASTO DE QUERÉTARO, Querétaro.

X_{C15} = Toneladas de mango a enviar de Nayarit, a CENTRAL DE ABASTO DE MÉRIDA, Yucatán.

X_{C16} = Toneladas de mango a enviar de Nayarit, a CENTRAL DE ABASTO FRANCISCO VILLA, Durango.

X_{C17} = Toneladas de mango a enviar de Nayarit, a MERCADO DE ABASTO DE ZACATECAS, Zacatecas.

X_{C18} = Toneladas de mango a enviar de Nayarit, a MERCADO DE CHETUMAL, Quintana Roo.

X_{C19} = Toneladas de mango a enviar de Nayarit, a CENTRAL DE ABASTO DE CUAUTLA, Morelos.

X_{C20} = Toneladas de mango a enviar de Nayarit, a CENTRO COMERCIAL AGROPECUARIO DE AGS, Aguascalientes.

X_{C21} = Toneladas de mango a enviar de Nayarit, a CENTRAL DE ABASTO DE TLAXCALA, Tlaxcala.

X_{C22}= Toneladas de mango a enviar de Nayarit, a UNIÓN DE COMERCIANTES DE LA PAZ, Baja California Sur.

X_{D1}= Toneladas de mango a enviar de Chiapas, a CENTRAL DE ABASTO DE TOLUCA, EDO DE MÉXICO.

X_{D2}= Toneladas de mango a enviar de Chiapas, a CENTRAL DE ABASTO DE IZTAPALAPA, Ciudad de México.

X_{D3}= Toneladas de mango a enviar de Chiapas, a CENTRAL DE ABASTO DE PUEBLA, Puebla.

X_{D4} = Toneladas de mango a enviar de Chiapas, a CENTRAL DE ABASTO DE LEÓN, Guanajuato.

X_{D5} = Toneladas de mango a enviar de Chiapas, a CENTRAL DE ABASTO DE GUADALUPE, NUEVO LEÓN.

X_{D6}= Toneladas de mango a enviar de Chiapas, a CENTRAL DE ABASTO DE CHIHUAHUA, Chihuahua.

X_{D7} = Toneladas de mango a enviar de Chiapas, a CENTRAL DE ABASTO, INDIA, TIJUANA, Baja California Norte.

X_{D8} = Toneladas de mango a enviar de Chiapas, a CENTRAL DE ABASTO DE LA LAGUNA, TORREÓN, Coahuila.

X_{D9} = Toneladas de mango a enviar de Chiapas, a CENTRAL DE ABASTO DE PACHUCA, Hidalgo.

X_{D10} = Toneladas de mango a enviar de Chiapas, a CENTRAL DE ABASTO DE Cd. OBREGÓN, Sonora.

X_{D11} = Toneladas de mango a enviar de Chiapas, a CENTRAL DE ABASTO DE SAN LUIS POTOSÍ, S. L. Potosí.

X_{D12} = Toneladas de mango a enviar de Chipas, a CENTRAL DE ABASTO DE VILLAHERMOSA, Tabasco.

X_{D13}= Toneladas de mango a enviar de Chiapas, a MÓDULO DE ABASTO DE TAMPICO MADERO Y ALTAMIRA, Tamaulipas.

X_{D14}= Toneladas de mango a enviar de Chiapas, a MERCADO DE ABASTO DE QUERÉTARO, Querétaro.

X_{D15}= Toneladas de mango a enviar de Chiapas, a CENTRAL DE ABASTO DE MÉRIDA, Yucatán.

X_{D16}= Toneladas de mango a enviar de Chiapas, a CENTRAL DE ABASTO FRANCISCO VILLA, Durango.

X_{D17}= Toneladas de mango a enviar de Chiapas, a MERCADO DE ABASTO DE ZACATECAS, Zacatecas.

X_{D18}= Toneladas de mango a enviar de Chiapas, a MERCADO DE CHETUMAL, Quintana Roo.

X_{D19}= Toneladas de mango a enviar de Chiapas, a CENTRAL DE ABASTO DE CUAUTLA, Morelos.

X_{D20}= Toneladas de mango a enviar de Chiapas, a CENTRO COMERCIAL AGROPECUARIO DE AGUASCALIENTES, Aguascalientes.

X_{D21}= Toneladas de mango a enviar de Chiapas, a CENTRAL DE ABASTO DE TLAXCALA, Tlaxcala.

X_{D22}= Toneladas de mango a enviar de Chiapas, a UNIÓN DE COMERCIANTES DE LA PAZ, Baja California Sur.

X_{E1}= Toneladas de mango a enviar de Michoacán, a CENTRAL DE ABASTO DE TOLUCA, EDO DE MÉXICO.

X_{E2}= Toneladas de mango a enviar de Michoacán, a CENTRAL DE ABASTO DE IZTAPALAPA, Ciudad de México.

X_{E3}= Toneladas de mango a enviar de Michoacán, a CENTRAL DE ABASTO DE PUEBLA, Puebla.

X_{E4} = Toneladas de mango a enviar de Michoacán, a CENTRAL DE ABASTO DE LEÓN, Guanajuato.

X_{E5} = Toneladas de mango a enviar de Michoacán, a CENTRAL DE ABASTO DE GUADALUPE, NUEVO LEÓN.

X_{E6} = Toneladas de mango a enviar de Michoacán, a CENTRAL DE ABASTO DE CHIHUAHUA, Chihuahua.

X_{E7} = Toneladas de mango a enviar de Michoacán, a CENTRAL DE ABASTO, INDIA, TIJUANA, Baja California Norte.

X_{E8} = Toneladas de mango a enviar de Michoacán, a CENTRAL DE ABASTO DE LA LAGUNA, TORREÓN, Coahuila.

X_{E9} = Toneladas de mango a enviar de Michoacán, a CENTRAL DE ABASTO DE PACHUCA, Hidalgo.

X_{E10} = Toneladas de mango a enviar de Michoacán, a CENTRAL DE ABASTO DE Cd. OBREGÓN, Sonora.

X_{E11} = Toneladas de mango a enviar de Michoacán, a CENTRAL DE ABASTO DE SAN LUIS POTOSÍ, S. L. Potosí.

X_{E12} = Toneladas de mango a enviar de Michoacán, a CENTRAL DE ABASTO DE VILLAHERMOSA, Tabasco.

X_{E13} = Toneladas de mango a enviar de Michoacán, a MÓDULO DE ABASTO DE TAMPICO MADERO Y ALTAMIRA, Tamaulipas.

X_{E14} = Toneladas de mango a enviar de Michoacán, a MERCADO DE ABASTO DE QUERÉTARO, Querétaro.

X_{E15} = Toneladas de mango a enviar de Michoacán, a CENTRAL DE ABASTO DE MÉRIDA, Yucatán.

X_{E16} = Toneladas de mango a enviar de Michoacán, a CENTRAL DE ABASTO FRANCISCO VILLA, Durango.

X_{E17}= Toneladas de mango a enviar de Michoacán, a MERCADO DE ABASTO DE ZACATECAS, Zacatecas.

X_{E18}= Toneladas de mango a enviar de Michoacán, a MERCADO DE CHETUMAL, Quintana Roo.

X_{E19}= Toneladas de mango a enviar de Michoacán, a CENTRAL DE ABASTO DE CUAUTLA, Morelos.

X_{E20}= Toneladas de mango a enviar de Michoacán, a CENTRO COMERCIAL AGROPECUARIO DE AGS, Aguascalientes.

X_{E21}= Toneladas de mango a enviar de Michoacán, a CENTRAL DE ABASTO DE TLAXCALA, Tlaxcala.

X_{E22}= Toneladas de mango a enviar de Michoacán, a UNIÓN DE COMERCIANTES DE LA PAZ, Baja California Sur.

X_{F1}= Toneladas de mango a enviar de Oaxaca, a CENTRAL DE ABASTO DE TOLUCA, EDO DE MÉXICO.

X_{F2}= Toneladas de mango a enviar de Oaxaca, a CENTRAL DE ABASTO DE IZTAPALAPA, Ciudad de México.

X_{F3}= Toneladas de mango a enviar de Oaxaca, a CENTRAL DE ABASTO DE PUEBLA, Puebla.

X_{F4} = Toneladas de mango a enviar de Oaxaca, a CENTRAL DE ABASTO DE LEÓN, Guanajuato.

X_{F5} = Toneladas de mango a enviar de Oaxaca, a CENTRAL DE ABASTO DE GUADALUPE, NUEVO LEÓN.

X_{F6}= Toneladas de mango a enviar de Oaxaca, a CENTRAL DE ABASTO DE CHIHUAHUA, Chihuahua.

X_{F7} = Toneladas de mango a enviar de Oaxaca, a CENTRAL DE ABASTO, INDIA, TIJUANA, Baja California Norte.

X_{F8} = Toneladas de mango a enviar de Oaxaca, a CENTRAL DE ABASTO DE LA LAGUNA, TORREÓN, Coahuila.

X_{F9} = Toneladas de mango a enviar de Oaxaca, a CENTRAL DE ABASTO DE PACHUCA, Hidalgo.

X_{F10} = Toneladas de mango a enviar de Oaxaca, a CENTRAL DE ABASTO DE Cd. OBREGÓN, Sonora.

X_{F11} = Toneladas de mango a enviar de Oaxaca, a CENTRAL DE ABASTO DE SAN LUIS POTOSÍ, S. L. Potosí.

X_{F12} = Toneladas de mango a enviar de Oaxaca, a CENTRAL DE ABASTO DE VILLAHERMOSA, Tabasco.

X_{F13} = Toneladas de mango a enviar de Oaxaca, a MÓDULO DE ABASTO DE TAMPICO MADERO Y ALTAMIRA, Tamaulipas.

X_{F14} = Toneladas de mango a enviar de Oaxaca, a MERCADO DE ABASTO DE QUERÉTARO, Querétaro.

X_{F15} = Toneladas de mango a enviar de Oaxaca, a CENTRAL DE ABASTO DE MÉRIDA, Yucatán.

X_{F16} = Toneladas de mango a enviar de Oaxaca, a CENTRAL DE ABASTO FRANCISCO VILLA, Durango.

X_{F17} = Toneladas de mango a enviar de Oaxaca, a MERCADO DE ABASTO DE ZACATECAS, Zacatecas.

X_{F18} = Toneladas de mango a enviar de Oaxaca, a MERCADO DE CHETUMAL, Quintana Roo.

X_{F19} = Toneladas de mango a enviar de Oaxaca, a CENTRAL DE ABASTO DE CUAUTLA, Morelos.

X_{F20} = Toneladas de mango a enviar de Oaxaca, a CENTRO COMERCIAL AGROPECUARIO DE AGS, Aguascalientes.

X_{F21}= Toneladas de mango a enviar de Oaxaca, a CENTRAL DE ABASTO DE TLAXCALA, Tlaxcala.

X_{F22}= Toneladas de mango a enviar de Oaxaca, a UNIÓN DE COMERCIANTES DE LA PAZ, Baja California Sur.

X_{G1}= Toneladas de mango a enviar de Colima, a CENTRAL DE ABASTO DE TOLUCA, EDO DE MÉXICO.

X_{G2}= Toneladas de mango a enviar de Colima, a CENTRAL DE ABASTO DE IZTAPALAPA, Ciudad de México.

X_{G3}= Toneladas de mango a enviar de Colima, a CENTRAL DE ABASTO DE PUEBLA, Puebla.

X_{G4} = Toneladas de mango a enviar de Colima, a CENTRAL DE ABASTO DE LEÓN, Guanajuato.

X_{G5} = Toneladas de mango a enviar de Colima, a CENTRAL DE ABASTO DE GUADALUPE, NUEVO. LEÓN.

X_{G6}= Toneladas de mango a enviar de Colima, a CENTRAL DE ABASTO DE CHIHUAHUA, Chihuahua.

X_{G7} = Toneladas de mango a enviar de Colima, a CENTRAL DE ABASTO, INDIA, TIJUANA, Baja California Norte.

X_{G8} = Toneladas de mango a enviar de Colima, a CENTRAL DE ABASTO DE LA LAGUNA, TORREÓN, Coahuila.

X_{G9} = Toneladas de mango a enviar de Colima, a CENTRAL DE ABASTO DE PACHUCA, Hidalgo.

X_{G10} = Toneladas de mango a enviar de Colima, a CENTRAL DE ABASTO DE Cd. OBREGÓN, Sonora.

X_{G11} = Toneladas de mango a enviar de Colima, a CENTRAL DE ABASTO DE SAN LUIS POTOSÍ, S. L. Potosí.

X_{G12} = Toneladas de mango a enviar de Colima, a CENTRAL DE ABASTO DE VILLAHERMOSA, Tabasco.

X_{G13} = Toneladas de mango a enviar de Colima, a MÓDULO DE ABASTO DE TAMPICO MADERO Y ALTAMIRA, Tamaulipas.

X_{G14} = Toneladas de mango a enviar de Colima, a MERCADO DE ABASTO DE QUERÉTARO, Querétaro.

X_{G15} = Toneladas de mango a enviar de Colima, a CENTRAL DE ABASTO DE MÉRIDA, Yucatán.

X_{G16} = Toneladas de mango a enviar de Colima, a CENTRAL DE ABASTO FRANCISCO VILLA, Durango.

X_{G17} = Toneladas de mango a enviar de Colima, a MERCADO DE ABASTO DE ZACATECAS, Zacatecas.

X_{G18} = Toneladas de mango a enviar de Colima, a MERCADO DE CHETUMAL, Quintana Roo.

X_{G19} = Toneladas de mango a enviar de Colima, a CENTRAL DE ABASTO DE CUAUTLA, Morelos.

X_{G20} = Toneladas de mango a enviar de Colima, a CENTRO COMERCIAL AGROPECUARIO DE AGUASCALIENTES, Aguascalientes.

X_{G21} = Toneladas de mango a enviar de Colima, a CENTRAL DE ABASTO DE TLAXCALA, Tlaxcala.

X_{G22} = Toneladas de mango a enviar de Colima, a UNIÓN DE COMERCIANTES DE LA PAZ, Baja California Sur.

X_{H1} = Toneladas de mango a enviar de Campeche, a CENTRAL DE ABASTO DE TOLUCA, EDO DE MÉXICO.

X_{H2} = Toneladas de mango a enviar de Campeche, a CENTRAL DE ABASTO DE IZTAPALAPA, Ciudad de México.

X_{H3}= Toneladas de mango a enviar de Campeche, a CENTRAL DE ABASTO DE PUEBLA, Puebla.

X_{H4} = Toneladas de mango a enviar de Campeche, a CENTRAL DE ABASTO DE LEÓN, Guanajuato.

X_{H5} = Toneladas de mango a enviar de Campeche, a CENTRAL DE ABASTO DE GUADALUPE, NUEVO LEÓN.

X_{H6}= Toneladas de mango a enviar de Campeche, a CENTRAL DE ABASTO DE CHIHUAHUA, Chihuahua.

X_{H7} = Toneladas de mango a enviar de Campeche, a CENTRAL DE ABASTO, INDIA, TIJUANA, Baja California Norte.

X_{H8} = Toneladas de mango a enviar de Campeche, a CENTRAL DE ABASTO DE LA LAGUNA, TORREÓN, Coahuila.

X_{H9} = Toneladas de mango a enviar de Campeche, a CENTRAL DE ABASTO DE PACHUCA, Hidalgo.

X_{H10} = Toneladas de mango a enviar de Campeche, a CENTRAL DE ABASTO DE Cd. OBREGON, Sonora.

X_{H11} = Toneladas de mango a enviar de Campeche, a CENTRAL DE ABASTO DE SAN LUIS POTOSÍ, S. L. Potosí.

X_{H12} = Toneladas de mango a enviar de Campeche, a CENTRAL DE ABASTO DE VILLAHERMOSA, Tabasco.

X_{H13}= Toneladas de mango a enviar de Campeche, a MÓDULO DE ABASTO DE TAMPICO MADERO Y ALTAMIRA, Tamaulipas.

X_{H14}= Toneladas de mango a enviar de Campeche, a MERCADO DE ABASTO DE QUERÉTARO, Querétaro.

X_{H15}= Toneladas de mango a enviar de Campeche, a CENTRAL DE ABASTO DE MÉRIDA, Yucatán.

X_{H16}= Toneladas de mango a enviar de Campeche, a CENTRAL DE ABASTO FRANCISCO VILLA, Durango.

X_{H17}= Toneladas de mango a enviar de Campeche, a MERCADO DE ABASTO DE ZACATECAS, Zacatecas.

X_{H18}= Toneladas de mango a enviar de Campeche, a MERCADO DE CHETUMAL, Quintana Roo.

X_{H19}= Toneladas de mango a enviar de Campeche, a CENTRAL DE ABASTO DE CUAUTLA, Morelos.

X_{H20}= Toneladas de mango a enviar de Campeche, a CENTRO COMERCIAL AGROPECUARIO DE AGUASCALIENTES, Aguascalientes.

X_{H21}= Toneladas de mango a enviar de Campeche, a CENTRAL DE ABASTO DE TLAXCALA, Tlaxcala.

X_{H22}= Toneladas de mango a enviar de Campeche, a UNIÓN DE COMERCIANTES DE LA PAZ, Baja California Sur.

X_{I1}= Toneladas de mango a enviar de Veracruz, a CENTRAL DE ABASTO DE TOLUCA, EDO DE MÉXICO.

X_{I2}= Toneladas de mango a enviar de Veracruz, a CENTRAL DE ABASTO DE IZTAPALAPA, Ciudad de México.

X_{I3}= Toneladas de mango a enviar de Veracruz, a CENTRAL DE ABASTO DE PUEBLA, Puebla.

X_{I4} = Toneladas de mango a enviar de Veracruz, a CENTRAL DE ABASTO DE LEÓN, Guanajuato.

X_{I5} = Toneladas de mango a enviar de Veracruz, a CENTRAL DE ABASTO DE GUADALUPE, NUEVO LEÓN.

X_{I6}= Toneladas de mango a enviar de Veracruz, a CENTRAL DE ABASTO DE CHIHUAHUA, Chihuahua.

X_{17} = Toneladas de mango a enviar de Veracruz, a CENTRAL DE ABASTO, INDIA, TIJUANA, Baja California Norte.

X_{18} = Toneladas de mango a enviar de Veracruz, a CENTRAL DE ABASTO DE LA LAGUNA, TORREÓN, Coahuila.

X_{19} = Toneladas de mango a enviar de Veracruz, a CENTRAL DE ABASTO DE PACHUCA, Hidalgo.

X_{10} = Toneladas de mango a enviar de Veracruz, a CENTRAL DE ABASTO DE Cd. OBREGÓN, Sonora.

X_{11} = Toneladas de mango a enviar de Veracruz, a CENTRAL DE ABASTO DE SAN LUIS POTOSÍ, S. L. Potosí.

X_{12} = Toneladas de mango a enviar de Veracruz, a CENTRAL DE ABASTO DE VILLAHERMOSA, Tabasco.

X_{13} = Toneladas de mango a enviar de Veracruz, a MÓDULO DE ABASTO DE TAMPICO MADERO Y ALTAMIRA, Tamaulipas.

X_{14} = Toneladas de mango a enviar de Veracruz, a MERCADO DE ABASTO DE QUERÉTARO, Querétaro.

X_{15} = Toneladas de mango a enviar de Veracruz, a CENTRAL DE ABASTO DE MÉRIDA, Yucatán.

X_{16} = Toneladas de mango a enviar de Veracruz, a CENTRAL DE ABASTO FRANCISCO VILLA, Durango.

X_{17} = Toneladas de mango a enviar de Veracruz, a MERCADO DE ABASTO DE ZACATECAS, Zacatecas.

X_{18} = Toneladas de mango a enviar de Veracruz, a MERCADO DE CHETUMAL, Quintana Roo.

X_{19} = Toneladas de mango a enviar de Veracruz, a CENTRAL DE ABASTO DE CUAUTLA, Morelos.

X_{I20}= Toneladas de mango a enviar de Veracruz, a CENTRO COMERCIAL AGROPECUARIO DE AGS, Aguascalientes.

X_{I21}= Toneladas de mango a enviar de Veracruz, a CENTRAL DE ABASTO DE TLAXCALA, Tlaxcala.

X_{I22}= Toneladas de mango a enviar de Veracruz, a UNIÓN DE COMERCIANTES DE LA PAZ, Baja California Sur.

X_{J1}= Toneladas de mango a enviar de Jalisco, a CENTRAL DE ABASTO DE TOLUCA, EDO DE MÉXICO.

X_{J2}= Toneladas de mango a enviar de Jalisco, a CENTRAL DE ABASTO DE IZTAPALAPA, Ciudad de México.

X_{J3}= Toneladas de mango a enviar de Jalisco, a CENTRAL DE ABASTO DE PUEBLA, Puebla.

X_{J4} = Toneladas de mango a enviar de Jalisco, a CENTRAL DE ABASTO DE LEÓN, Guanajuato.

X_{J5} = Toneladas de mango a enviar de Jalisco, a CENTRAL DE ABASTO DE GUADALUPE, NUEVO LEÓN.

X_{J6}= Toneladas de mango a enviar de Jalisco, a CENTRAL DE ABASTO DE CHIHUAHUA, Chihuahua.

X_{J7} = Toneladas de mango a enviar de Jalisco, a CENTRAL DE ABASTO, INDIA, TIJUANA, Baja California Norte.

X_{J8} = Toneladas de mango a enviar de Jalisco, a CENTRAL DE ABASTO DE LA LAGUNA, TORREÓN, Coahuila.

X_{J9} = Toneladas de mango a enviar de Jalisco, a CENTRAL DE ABASTO DE PACHUCA, Hidalgo.

X_{J10} = Toneladas de mango a enviar de Jalisco, a CENTRAL DE ABASTO DE Cd. OBREGÓN, Sonora.

XJ11 = Toneladas de mango a enviar de Jalisco, a CENTRAL DE ABASTO DE SAN LUIS POTOSÍ, S. L. Potosí.

XJ12 = Toneladas de mango a enviar de Jalisco, a CENTRAL DE ABASTO DE VILLAHERMOSA, Tabasco.

XJ13= Toneladas de mango a enviar de Jalisco, a MÓDULO DE ABASTO DE TAMPICO MADERO Y ALTAMIRA, Tamaulipas.

XJ14= Toneladas de mango a enviar de Jalisco, a MERCADO DE ABASTO DE QUERÉTARO, Querétaro.

XJ15= Toneladas de mango a enviar de Jalisco, a CENTRAL DE ABASTO DE MÉRIDA, Yucatán.

XJ16= Toneladas de mango a enviar de Jalisco, a CENTRAL DE ABASTO FRANCISCO VILLA, Durango.

XJ17= Toneladas de mango a enviar de Jalisco, a MERCADO DE ABASTO DE ZACATECAS, Zacatecas.

XJ18= Toneladas de mango a enviar de Jalisco, a MERCADO DE CHETUMAL, Quintana Roo.

XJ19= Toneladas de mango a enviar de Jalisco, a CENTRAL DE ABASTO DE CUAUTLA, Morelos.

XJ20= Toneladas de mango a enviar de Jalisco, a CENTRO COMERCIAL AGROPECUARIO DE AGUASCALIENTES, Aguascalientes.

XJ21= Toneladas de mango a enviar de Jalisco, a CENTRAL DE ABASTO DE TLAXCALA, Tlaxcala.

XJ22= Toneladas de mango a enviar de Jalisco, a UNIÓN DE COMERCIANTES DE LA PAZ, Baja California Sur.

VI. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

6.1. Valor de la función objetivo

El valor de la función objetivo, es de 10,076,590. El cual está expresado al multiplicar el costo de transporte, por las toneladas transportadas en cada ruta.

Esto indica que, al optimizar el programa, es el costo mínimo generado por transportar la producción de mango desde los centros productores hacia los centros de consumo. Sin embargo, para obtener el valor óptimo mencionado anteriormente, el modelo tiene que cumplir con ciertas condiciones establecidas, a las que, en este caso, son las variables de elección seleccionadas que se encuentran expresadas en la primera columna (VARIABLE) de la hoja de salida del programa.

Las variables que tienen en valor (VALUE) diferente de cero, son aquellas que fueron seleccionadas y que entran a formar parte de la solución óptima, haciendo referencia a las rutas de transporte que se deben llevar a cabo para reducir los costos totales a un mínimo, y su valor señala las toneladas que se deben de transportar en cada ruta activa, el modelo consideró las siguientes actividades:

Cuadro 6: Distribución del producto (rutas activas) que generan el mínimo costo de transporte de mango (Ton).

CENTROS CONSUMIDORES	CENTROS PRODUCTORES										DEMANDA	COBERTURA
	GUERRERO	SINALOA	NAYARIT	CHIAPAS	MICHOACÁN	OAXACA	COLIMA	CAMPECHE	VERACRUZ	JALISCO		
ESTADO DE MÉXICO	174359.6										174359.588	-0.012
MÉXICO D.F.	98105.18										98105.183	0.003
PUEBLA						67263.16					67263.163	0.003
GUANAJUATO					64390.45						64390.447	-0.003
NUEVO LEÓN							30056.34			26258.2	56314.544	0.004
CHIHUAHUA		39122.31									39122.314	0.004
BAJA CALIFORNIA		36473.43									36473.426	-0.004
COAHUILA		32504.06									32504.065	0.005
HIDALGO	25101.05								5996.997		31098.049	0.002
SONORA		30970.87									30970.87	0
SAN LUIS POTOSÍ			10526.02		18307.5						28833.52	0
TABASCO				25280.94							25280.942	0.002
TAMAULIPAS									23310.4		23310.398	-0.002
QUERÉTARO					22233.39						22233.392	0.002
YUCATÁN				8281.008				13325.34			21606.345	-0.003
DURANGO		17731.96									17731.964	0.004
ZACATECAS			15682.96				1412.241				17095.199	-0.002
QUINTANA ROO								16517.18			16517.182	0.002
MORELOS	15058.04										15058.041	0.001
AGUASCALIENTES			14437.98								14437.984	0.004
TLAXCALA						14001.32					14001.317	-0.003
BAJA CALIFORNIA SUR		715.919									715.919	0
OFERTA	317425.399	269462.12	239402.9	157611.6	104931.339	102382.3	31468.585	29842.519	29307.395	26258.2	1308092.34	
SOBRANTE	4801.529	111943.57	198755.9	124049.65	-0.001	21117.81	0.004	-0.001	-0.002	0	460668.494	

FUENTE: Elaboración con datos de la salida del modelo en LINGO.

Continuando con los resultados, el significado de los valores de los precios sombra o costos reducidos de las variables que no fueron seleccionadas para el modelo para su solución, es el siguiente:

Como se puede observar, en la columna de la hoja de salida donde aparecen los precios sombra (REDUCED COST) de las actividades, todas aquellas variables con un valor diferente de cero, son las rutas que no fueron propuestas en la optimización del modelo, ya que al incluirlas aumentaría el valor óptimo generando por la función objetivo, para ese problema significa la cantidad en que aumentaría el costo total mínimo al tratar de incluir una unidad de actividad dentro de las rutas de transporte de alguna variable (actividad) no seleccionada, dicha función objetivo se vería afectada en la misma proporción del valor que registra la actividad. Por ejemplo, si se desea enviar una tonelada de mango de Guerrero a Sonora, entonces la solución óptima se incrementaría en 401.00, es decir, de su valor óptimo de 10,076,590 pasaría a 10,076,991.

Es importante señalar que el precio sombra funciona como un costo alternativo, porque pueden existir ocasiones en que es necesario cambiar algunas variables de elección no seleccionadas que tengan un precio sombra lo más mínimo posible o cercano a cero, con el propósito de que la función objetivo no cambie mucho.

En el caso que se quisiera promover el transporte de mango de cualquier centro productor a un consumidor que no fue seleccionado por el modelo, se considerarían las siguientes actividades:

- Transportar mango de Nayarit hacia Guanajuato (X_{C4})
- Transportar mango de Oaxaca hacia Hidalgo (X_{f9})
- Transportar mango de Colima hacia Guanajuato (X_{G4}).
- Transportar mango de Colima hacia Aguascalientes (X_{G20})
- Transportar mango de Veracruz hacia Tlaxcala (X_{I21}).
- Transportar mango de Jalisco hacia San Luis Potosí (X_{J11}).
- Transportar mango de Jalisco hacia Zacatecas (X_{J17}).
- Transportar mango de Jalisco hacia Aguascalientes (X_{J20}).

Cabe señalar, que el valor de los precios sombra de estas actividades no son cero como sería lo deseado, sin embargo, corresponde a los más bajos en un rango menores de 10.

Continuando con el análisis, en la salida del programa aparece la solución para las restricciones, se encuentra en primer término, la columna (ROW), la cual indica el número que le corresponde a cada restricción.

6.2. Restricciones de oferta

Primero se interpretarán las restricciones de la 2 a la 11, que se refieren a la producción de mango disponible en cada centro productor para ofrecer a los centros consumidores. En la columna (SLACK OR SURPLUS), que se interpreta como la cantidad de mango que sobró o faltó con respecto a lo ofrecido o demandado. Las restricciones que tienen un valor diferente de cero, representan las cantidades del producto que requieren para satisfacer la demanda por los distintos centros consumidores, pero para el caso de la oferta esta columna indica el volumen de mango que sobró en esos centros productores o que faltó para poder satisfacer la demanda de los consumidores.

Como se puede observar todas las restricciones, a excepción de una, tienen un valor diferente de cero, lo cual quiere decir que los productores no agotaron el total de su producción, esto sucede debido a que el modelo considera que la oferta es mayor a la demanda.

Así se tiene como ejemplo, que:

En el centro productor de Guerrero, existe un excedente de producción de 4,801.5 ton. (ROW 2).

En el centro productor Campeche, no sobró producto, todo se envió a los centros consumidores (ROW 9).

Ahora, enfatizando en los precios sombra (DUAL PRICES) de las restricciones, indican en cuanto aumentaría o disminuiría el valor de la función objetivo, si se

incrementara la producción en una tonelada adicional en cualquier región productora y enviarla a cualquiera de los centros consumidores. De acuerdo con los resultados, tomando como ejemplo la restricción 9 (ROW 9), si existiera una unidad de mango más en el centro productor Campeche y se transportara a cualquier centro consumidor de los considerados, el valor de la función objetivo disminuye en 116. Para los centros en los que sobró producto, no sucede lo mismo, es decir, si se incrementa la producción en una unidad más, sobraría esa unidad más, por encima de lo que está sobrando y en este caso la función objetivo no sufriría cambio alguno, ya que no puede ser posible que el modelo seleccione estas actividades para obtener la solución óptima, sin ellos se van a incrementar los costos totales de transporte, debido a las grandes distancias existentes entre ellos y los centros consumidores. Ejemplificando con la restricción 2 (ROW 2), si se produjera una tonelada más de mango en el centro productor Guerrero, el sobrante sería de 4,802.5 y no de 4,801.5 como lo indica el resultado, porque la demanda ya está satisfecha y aún existe excedente.

6.3. Restricciones de demanda

Continuando con los resultados, se analizan las restricciones (ROW) de la 12 a la 33, que corresponden a la cantidad demandada de mango por los centros productores. La salida del modelo arrojó lo siguiente:

Se satisface la demanda de mango en todos los centros consumidores contemplados en el trabajo.

Tomando en cuenta los precios sombras (DUAL PRICES), las restricciones que tienen un valor igual a cero en la columna SLACK OR SURPLUS son recursos restrictivos. En el modelo, el total de las restricciones son restrictivas. Es interesante saber ¿Qué pasaría, si el centro consumidor México demandara una tonelada más de mango? Esto se puede responder con un ejemplo, en la restricción 12 (ROW 12), al aumentar la cantidad demandada en México en una

unidad y al satisfacerse, el valor de la función objetivo aumentaría en 86, y así se podría analizar para cualquier restricción de demanda.

En términos económicos, las restricciones más recomendables son las que incrementen en menor valor la función objetivo, así el costo total subiría en menor proporción. Dichas restricciones son la 23 y 30 que corresponde a los estados de Tabasco y Morelos ya que los envíos desde esas entidades incrementarían el costo total en tan solo 48 y 77 respectivamente.

6.4. Análisis de sensibilidad

La segunda parte del reporte, que desglosa los resultados del paquete LINGO, muestra el análisis de sensibilidad, tanto para los coeficientes de la función objetivo como para los RHS de las restricciones. Este permite conocer cuáles son los rangos en que pueden fluctuar dichos valores y los niveles de restricción, con la finalidad de que la solución básica, no presente ningún tipo de modificación.

6.4.1. Coeficiente de la función objetivo

El análisis inicia con los coeficientes de la función objetivo (Objective Coefficient Ranges).

En la columna (Current Coefficient), aparecen los valores antes mencionados, que representan los costos de transporte de enviar una tonelada de mango de los centros productores a los centros consumidores.

Los valores que se encuentran en la columna ALLOWABLE INCREASE (Incremento permisible), se refiere a la cantidad en que se puede incrementar dichos coeficientes sin que la solución óptima cambie; y, la columna ALLOWABLE DECREASE, (disminución permisible), indica lo contrario, es decir, son los valores (puntos extremos) en que pueden disminuir los coeficientes de la función objetivo sin que la solución óptima sufra alteración alguna. Considerando un ejemplo:

El coeficiente de la variable XA1 (costo de trasladar una tonelada del centro productor de Guerrero al centro consumidor del Estado de México), es de 86 y

fue seleccionado por el modelo para entrar en la solución óptima; es decir, que es un centro bien ubicado, de acuerdo con el análisis de sensibilidad, señala que se puede incrementar el costos de transporte en 27 pesos por tonelada por arriba de los 86 pesos con que se programó el modelo, o puede disminuir a cero y la solución óptima sería la misma.

La variable XA6, tiene un costo de transporte para llevar mango de Guerrero a Chihuahua de 423 pesos por tonelada y es una ruta que no formó parte de la solución óptima. Este coeficiente se puede incrementar infinitamente (INFINITY) o puede disminuir sólo en 111 pesos por tonelada, para que la solución permanezca igual, sin embargo, si se subsidiara el transporte en esos 111 pesos, entraría como ruta activa.

6.4.2. Restricciones de oferta y demanda

Continuando con la interpretación de los resultados, el análisis de sensibilidad para las restricciones es similar al anterior.

En la columna RIGHTHAND SIDE RANGES, las restricciones de la 2 a la 11, indican la cantidad de mango disponible en cada centro productor. El análisis que se esta realizando se refiere a la cantidad de producto que debe incrementarse o cuánto debe disminuir para que la solución sea la misma. Por ejemplo, la restricción 4 (cantidad de mango disponible en el estado de Nayarit), la producción (CURRENT RHS) puede aumentar (ALLOWABLE INCREASE), infinitamente, esto a causa de que los centros consumidores ya satisficieron su nivel de demanda que tenían, y aunque se produzca más mango, no podrán absorberlo; y disminuir (ALLOWABLE DECREASE) en 198755.9 toneladas y la solución básica permanece constante, sin embargo, si disminuye en algo menos que el valor de esta columna en todas las restricciones, la solución básica cambiará, a la vez faltaría producción, ya que las cantidades que aparecen en las columna, representan el sobrante de mango de cada uno de los centros productores, una vez cubierta la demanda de los consumidores.

En el caso de la restricción 9, no sobró producto, (se puede observar en la columna (SLACK OR SURPLUS), que corresponde al mango producido en Campeche, se le puede agregar una cantidad de 8,281 ton. O disminuir 13,325.34 ton. Y la solución sería la misma.

Después, en las restricciones de la 12 a la 33, las cuales indican el nivel de consumo de cada centro consumidor, la columna CURRENT RHS, se refiere a la demanda de mango de cada centro consumidor tomados en cuenta en la formulación del modelo. Este análisis es similar al anterior, así, ejemplificando con una restricción, se dice lo siguiente:

En la restricción 17, que es la cantidad de mango que necesita Durango para satisfacer su demanda, dichas toneladas se pueden incrementar en 111943.6 ton y decrecer en 39122.31 ton y el cambio no alteraría en lo más mínimo a la función objetivo. con el mismo razonamiento se pueden interpretar las restricciones faltantes.

Aunque no se incluyen en la salida del modelo es conveniente aclarar que en este trabajo se consideró oferta = producción regional – consumo local; Consumo local = Población * consumo per cápita y Consumo per cápita = producción nacional / población nacional, aunque para este trabajo es un dato que proporcione SAGARPA de 11Kg/per cápita.

VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos en el modelo de transporte y tomando como base los objetivos planteados en el trabajo, se desprende las siguientes conclusiones:

- ✓ La ejecución de la metodología descrita, es relativamente sencilla y de fácil manejo, requirió únicamente los costos de transporte que existen de los centros productores a los centros consumidores, así como la oferta y demanda de mango de que existe en México; así como el conocimiento básico de análisis computacional en el uso de la programación lineal.

- ✓ La utilización de la programación lineal, efectivamente es una herramienta útil para determinar el costo mínimo de transporte en el cultivo de mango, ya que permite distribuir el producto entre los centros consumidores al mínimo costo posible.
- ✓ El modelo formulado es el que arroja el mínimo costo de distribución del mango entre los diferentes centros consumidores que se tomaron en cuenta para la elaboración de esta investigación.
- ✓ De acuerdo con la salida del modelo las rutas para el transporte de mango en la República Mexicana, resultaron ser las siguientes:
 - De Guerrero al Estado de México.
 - De Guerrero a la Ciudad de México.
 - De Guerrero a Hidalgo.
 - De Guerrero a Morelos.
 - De Sinaloa a Chihuahua.
 - De Sinaloa a Baja California.
 - De Sinaloa a Coahuila
 - De Sinaloa a Sonora.
 - De Sinaloa a Durango.
 - De Sinaloa a Baja California Sur.
 - De Nayarit a San Luis Potosí.
 - De Nayarit a Zacatecas.
 - De Nayarit a Aguascalientes.
 - De Chiapas a Tabasco.
 - De Chiapas a Yucatán.
 - De Michoacán a Guanajuato.
 - De Michoacán a San Luis Potosí.
 - De Michoacán a Querétaro.
 - De Oaxaca a Puebla.
 - De Oaxaca a Tlaxcala.
 - De Colima a Nuevo León.

- De Colima a Zacatecas.
 - De Campeche a Yucatán.
 - De Campeche a Quintana Roo.
 - De Veracruz a Hidalgo.
 - De Veracruz a Tamaulipas.
 - De Jalisco a Nuevo León.
- ✓ Las rutas no activas con mayor oportunidad de formar parte del modelo, son en orden de importancia:
- De Colima a Aguascalientes.
 - De Colima a Guanajuato.
 - De Oaxaca a Hidalgo.
 - De Veracruz a Tlaxcala.
 - De Nayarit a Guanajuato.
 - De Jalisco a San Luis Potosí.
 - De Jalisco a Zacatecas.
 - De Jalisco a Aguascalientes.
- ✓ Los centros productores mejor ubicados con respecto a los centros de consumidores son Michoacán, Colima, Campeche, Veracruz, Jalisco, ya que son los estados productores que agotan la producción en su totalidad de acuerdo con la salida del modelo.
- ✓ El centro consumidor mejor ubicado estratégicamente es Tabasco ya que si demandara una unidad más de mango la función objetivo aumentaría únicamente 48.

Recomendaciones

- ❖ Que la distribución de mango en México, siga la estructura aquí planteada obtenida con ayuda del modelo propuesto
- ❖ Para la realización de estudios semejantes, es recomendable aplicar la metodología propuesta en este trabajo, ya que es un procedimiento

sencillo de manejar y garantiza una distribución óptima de cualquier tipo de producto.

- ❖ Se recomienda tomar como base, información de cada año estudiado y más detalles de las variables a incluir en el modelo, además de tomar datos no considerados en este estudio, para con ello hacer más nutrida la investigación y tener mayor certeza en los resultados obtenidos.
- ❖ De acuerdo con los resultados obtenidos se recomienda aumentar la producción en los estados que colocaron toda su producción, puesto que están muy bien ubicados estratégicamente aunque actualmente sólo con los resultados del modelo no sería factible debido a que la oferta es mayor que la demanda pero si se toma en cuenta el mercado internacional es muy factible y rentable, además de que el mango es una planta perene y tarda varios años en comenzar a producir, pensando a futuro sería una muy buena alternativa.
- ❖ Para los centros productores que se quedaron con excedente después de correr el modelo, se les recomienda exportar el mango sobrante que actualmente lo hacen así que no es un problema puesto que el mercado internacional es muy bueno y México está muy bien posicionado como exportador de mango y actualmente todo el mango excedente se exporta a diferentes países siendo Estados Unidos el principal destino en parte por la cercanía y por los gustos y preferencias de los consumidores.
- ❖ Otra alternativa para el uso y manejo del excedente de mango que se tiene en los estados de Sinaloa, Nayarit, Oaxaca, Guerrero, sería establecer industrializadoras de mango, con la finalidad de conservar por más tiempo el mango en diferentes presentaciones y facilitar su manejo, así como diversificar su presentación.

VIII. FUENTES CONSULTADAS

CONAPO (2014). *Consejo Nacional de Población: Proyecciones de población de las entidades federativas de México*

www.siap.sagarpa.gob.mx

www.sagarpa.gob.mx

<http://www.ingenieriaindustrialonline.com/>

De Matías David B. (2013) "La revolución marginalista y la extensión del análisis marginal"

<http://nocionesdeeeconomaiyempresa.wordpress.com/2013/10/11/la>

revolucion-marginalista-y-la-extension-del-analisis-marginal/ consultada el 26/09/2016

FAO (2016) <http://faostat.fao.org> Consulta de bases de datos de producción mundial y comercio internacional de Mango.

Hamdy A. Taha (1997). Investigación de operaciones Pág. 11-65,

Editorial Pearson. Sexta edición, Universidad de Arkansas, Fayetteville.

Varian R. Microeconomía Intermedia un enfoque actual, Editorial Antoni Bosch Editor, 4 Edición universidad de california, Berkeley.

Varian R. Hall, (1992). Análisis Microeconómicos. Econometría Pág.

233-250, Editorial Antoni Bosch Editor, 3ª Edición Universidad de

Michigan.

http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp consultado 23/01/17

http://www.campomexicano.gob.mx/portal_siap/Integracion/EstadisticaDerivada/InformaciondeMercados/Mercados/snim/mmex_mdo.htm 01/02/2017

<http://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/habitantes.aspx?tema=P> 01/02/2017

<http://www.sagarpa.gob.mx/saladeprensa/2012/Paginas/2014B289.aspx#>

Barros, V. N. 2007. Explicación del significado de los resultados obtenidos mediante el software LINDO. México.

Baumol, William J. Economic Theory and Operation Analysis. Prentice Hall. International Edition. New Jersey. U.S.A. 2000.

Beneke, R. R. (1984). Programación Lineal a la Agricultura. Ed. AEDOS. Barcelona, España.

Bueno, G. 1987. Introducción a la programación lineal y el análisis de sensibilidad. Ed. Trillas. México.

Cesar, G. A. 1986. Programación Lineal aplicada a la Agricultura. Mimeografiado. Departamento de Economía Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México.

Chiang, A. C. 1987. Métodos fundamentales de la Economía matemática. Tercera edición. España. McGraw-Hill. 805p.

Escobar, L. L. Froebel. (2001). Competitividad de la producción de papaya maradol en el estado de Veracruz. Tesis profesional, Chapingo, México.

Espinosa B. H.M. 1982. Programación Lineal: Aplicaciones a la Economía, México.

Schrage, Linus. LINDO and optimization modeling system. Text and software. Boyd and Fraser publishing company. Fourth edition. 2007

GlobalMapMexico2017

IX. ANEXOS

ANEXO 1. CLASIFICACIÓN DE ESTADOS OFERENTES Y DEMANDANTES AL 2015

ESTADO	PRODUCCIÓN (TON)	POBLACIÓN	CONSUMO (TON)	EXCEDENTE	DÉFICIT
GUERRERO	356291.16	3533251	38865.761	317425.399	
SINALOA	302091.65	2966321	32629.531	269462.119	
NAYARIT	252394.44	1181050	12991.55	239402.89	
CHIAPAS	215008.59	5217908	57396.988	157611.602	
MICHOACÁN	155360.52	4584471	50429.181	104931.339	
OAXACA	146029.07	3967889	43646.779	102382.291	
VERACRUZ	118544.95	8112505	89237.555	29307.395	
JALISCO	112551.33	7844830	86293.13	26258.2	
CAMPECHE	39741.76	899931	9899.241	29842.519	
COLIMA	39292.17	711235	7823.585	31468.585	
TAMAULIPAS	14548.28	3441698	37858.678		23310.398
BAJA CALIFORNIA SUR	7116.4	712029	7832.319		715.919
MORELOS	5883.88	1903811	20941.921		15058.041
ESTADO DE MÉXICO	3704.1	16187608	178063.688		174359.588
DURANGO	1570.33	1754754	19302.294		17731.964
YUCATÁN	1462.58	2097175	23068.925		21606.345
TABASCO	1067.05	2395272	26347.992		25280.942
SAN LUIS POTOSÍ	1062.5	2717820	29896.02		28833.52
PUEBLA	594.55	6168883	67857.713		67263.163
SONORA	382.76	2850330	31353.63		30970.87
HIDALGO	343.9	2858359	31441.949		31098.049
ZACATECAS	276.1	1579209	17371.299		17095.199
QUERÉTARO	188.7	2038372	22422.092		22233.392
MÉXICO D.F.	0	8918653	98105.183		98105.183
GUANAJUATO	0	5853677	64390.447		64390.447
NUEVO LEON	0	5119504	56314.544		56314.544
CHIHUAHUA	0	3556574	39122.314		39122.314
BAJA CALIFORNIA	0	3315766	36473.426		36473.426
COAHUILA	0	2954915	32504.065		32504.065
QUINTANA ROO	0	1501562	16517.182		16517.182
AGUASCALIENTES	0	1312544	14437.984		14437.984
TLAXCALA	0	1272847	14001.317		14001.317
TOTALES	1775506.77	119530753	1314838.283	1308092.339	847423.852
SALDO				2155516.191	

Fuente: Elaboración con datos de INEGI, FAO, SIACON, SAGARPA.

ANEXO 2 CENTRALES DE ABASTO EN MÉXICO EMPLEADAS PARA LA DISTRIBUCIÓN DEL MANGO

Nombre de la Central de Abasto	Domicilio	Colonia	Entidad Federativa	Teléfono
Unión de Comerciantes del Centro de Abasto de Aguascalientes, A.C.	Av. del Abasto S/N, entre Av. José Ma. Chávez (Carretera Lagos de Moreno) y Av. Mahatma Gandhi	Central de Abasto	Aguascalientes	01(449)971-03-25 01(449)914-35-41
Introducidos y Distribuidores de Abasto de Tijuana, S.C. La India	Blvd. Federico Benítez López 6400	Fraccionamiento Yamile	Baja California	01(664)689-30-00 01(664)629-16-74
Unión de Comerciantes de la Paz, A.C.	Calzada General Agustín Olachea Avilés Km 3.5, Mercado de Abasto	Infonavit Solidaridad	Baja California Sur	01(612)124-05-52
Mercado Público Pedro Sainz de Baranda	Prol. Calle 55 (Independencia) y Calle Baluartes, entre Tabasco y Costa Rica	Centro	Campeche	01(981)816-31-19
Mercado de Abasto de la Laguna	Diagonal Reforma 1800 Ote. Int 230-Altos	Santa María	Coahuila	01(871)717-17-05
central de abasto de colima, A.C.	Hidalgo No. 93,	Centro	Colima	01(312)314-4893
Unión de Bodegueros y Comerciantes de la Central de Abasto de Tuxtla, A.C.	Av. Las Torres 350	Patria Nueva	Chiapas	01(961)614-07-58
Unión de Comerciantes y Productores de la Central de Abasto de Chihuahua, A.C.	Blvd. Juan Pablo II 4701 (Central de Abasto) Int. C-DE B-26 y 27	Aeropuerto	Chihuahua	01(614)420-04-21
Central de Abasto de la Ciudad de México	Eje 4 Ote Av. Río Churubusco	Ejidos del Moral, Central de Abasto	Distrito Federal	01(55)56-94-48-99
Central de Abasto Número 1 en Condominio, A.C. Francisco Villa	Blvd. Francisco Villa Km1, Carr. Torreón	Fraccionamiento Guadalupe	Durango	01(618)818-02-28
Central de Abastos de León / Unión de Comerciantes de la Central de Abastos de León, A.C.	Blvd. Hermanos Aldama 4102, Central de Abasto (Junto a Maxipista León-Aguascalientes)	Ciudad Industrial	Guanajuato	01(477)763-54-01 01(477)763-54-02
Central de Abasto de Acapulco Caudillo del Sur "Emiliano Zapata"	El Quemado (Jesús Carrasco), Calle Polígono E, Sector 6. Carr. Nal. México- Acapulco	Emiliano Zapata	Guerrero	01(744)441-57-69
Unión de Tanguistas de la Central de Abastos de Pachuca, Hidalgo, A.C.	Rojo Gómez S/N, entre Blvd Nuevo Hidalgo y Blvd. San Javier	Cuesco	Hidalgo	01(771)107-06-32
Mercado Municipal de Abasto de Guadalajara	Paseo de la Arboleda 1285	Mercado de Abastos	Jalisco	01(333)884-04-00
Central de Abasto de Toluca	Carretera Toluca Naucalpan (José López Portillo) Km 4.5	San Mateo Oztacatipán	México	01(722)210-01-11 01(722)210-01-12
Mercado de Abastos José María Morelos, S.C.	Blvd. Soledad Gutierrez de Figaredo, esq. Avenida Jitomate	Central de Abasto	Michoacán	01(443)323-15-11
Unión de Comerciantes y Productores de la Central de Abasto Cuautla, A.C.	Carretera Federal México-Cuautla 151	Tetelcingo	Morelos	01(735)353-25-15
Unión de Comerciantes de la Central de Abastos de Tepic, A.C.	Construcción número 484, Altos	Altos	Nayarit	01(311)124-62-51 01(311)212-64-17
Central de Abastos y Servicios Monterrey S.A. de C.V.	Av. Chapultepec 700 Oriente	Santa Margarita	Nuevo León	01(818)317-10-00
Central de Abasto Margarita Maza de Juárez	Avenida Mercaderes Domicilio Conocido Central de Abasto	Mercado de Abasto	Oaxaca	01(951)514-26-62
Central de Abasto de Puebla, A.C.	Circuito Interior Norte S/N entre Av. Conde 44 y Circuito Oriente	Central de Abastos	Puebla	01(222)405-83-06 01(222)562-57-19

Asociación de Condominios de la Central de Abasto de Querétaro, Qro A.C	Plaza de la Corregidora S/N	Plazas del Sol	Querétaro	01(442)223-00-00
Unión de Comerciantes de la Central de Abastos de Cancún, A.C.	Bld. Tulum Luis Donaldo Colosio (Carretera Cancún-Aeropuerto Km. 17)	Central de Abastos	Quintana Roo	01(998)886-20-80
Central de Abasto de San Luis Potosí	Ricardo B Anaya y Periférico Oriente Sabinas	Central de Abasto	San Luis Potosí	01(444)821-75-96 01(444)821-24-67
Central de Abasto de Culiacán A.C	Carretera Internacional Km 1, Salida Sur	Las Huertas	Sinaloa	01(667)718-25-60
Central de Abasto Obregón, S.A. de C.V.	Carretera Internacional Km 1,845	El Pico Zona Industrial	Sonora	01(644)417-92-03
Central de Abasto de Villahermosa	Periférico Carlos Pellizer Cámara S/N	Carrizal	Tabasco	01(993)315-71-95
Central de Abasto de Tampico Madero Altamira	Libramiento Poniente KM 13+350	Central de Abasto	Tamaulipas	S/D
central de abasto Tlaxcala	Tepehitec s/n	Centro	Tlaxcala	S/D
Central de Abasto de Xalapa	Carretera Federal Jalapa Veracruz KM 4.7	Congreso Julio Castro	Veracruz	01(228)-842-12-87
Central de Abasto de Mérida	Calle 132, No. 241 (Carr. Mérida-Caucel KM 5.5)	Frac. Yucalpeten	Yucatán	01(999)945-06-05
Unión de Comerciantes del Mercado de Abasto de Zacatecas, A.C.	Mercado de Abasto Salida Norte Carretera 45 a Ciudad Juárez	Mecánicos	Zacatecas	01(492)924-55-01

Anexo 3: costos de transporte por tráiler de 48 toneladas

CENTROS CONSUMIDORES	CENTROS PRODUCTORES									
	GUERRERO	SINALOA	NAYARIT	CHIAPAS	MICHOACAN	OAXACA	COLIMA	CAMPECHE	VERACRUZ	JALISCO
ESTADO DE MEXICO	4126.92	15706.42	8207.98	11187.08	2907.77	6686.28	8089.99	14536.58	5001.29	5831.91
MEXICO D.F.	4126.92	15706.42	9418.95	9887	4118.73	5383.02	9300.93	13236.52	3701.2	7046.07
PUEBLA	5891.8	17193.96	10909.69	8237.63	5609.5	3736.85	10788.48	11587.16	2456.82	8533.59
GUANAJUATO	8462.09	11224.1	5265.47	14647.4	2705.85	9817.78	5144.29	17671.26	7501.76	2889.39
NUEVO LEON	12807.4	13847.1	14724.77	18667.07	8761.17	14166.3	11145.11	22016.58	11847.08	8564.57
CHIHUAHUA	20309.35	14983.2	15860.89	26497.86	14553.1	21668.24	15609.5	29518.53	19349	13354.63
BAJA CALIFORNIA	34815.05	15539.89	21495.25	40584.76	27272.35	36083.96	26100.03	43934.26	33761.53	24106.63
COAHUILA	15413.35	9758.36	10639.24	21276.23	9331.45	16772.25	10387.85	24625.74	14453.01	8132.98
HIDALGO	5303.44	15425.75	9141.47	9907.52	3841.26	5403.54	9020.28	13257.04	3084.31	6768.58
SONORA	24054.92	4779.78	10409.48	29824.62	16515.43	25323.84	15343.12	33174.14	23004.61	13349.71
SAN LUIS POTOSI	7887.22	10554.91	6666.03	14072.54	4163.43	9242.91	6544.82	17093.2	6923.68	4289.94
TABASCO	12684.07	24313.37	18029.09	2310.82	12728.87	5550.57	17907.9	3965.9	5954.02	15656.21
TAMAULIPAS	9734.73	14960.18	11181.75	10867.68	8509.7	9426.81	11060.56	13891.54	4314.33	8480.01
QUERETARO	6322.29	12770.43	6486.17	12507.63	2687.42	7677.98	6364.96	15528.27	5358.76	4110.08
YUCATAN	18041.77	29671.07	23712.44	7094.06	18089.78	11233.89	23594.44	1520.87	11640.59	21339.55
DURANGO	13831.19	5979.97	6857.61	19690.86	7749.31	15190.08	11465.62	23040.36	12870.86	9472.2
ZACATECAS	10194.1	8447.8	6333.08	16053.78	5158.67	11553	6215.08	19077.62	8908.12	3960.19
QUINTANA ROO	22805.76	34438.27	28150.79	11532.4	22850.56	15669.04	28032.79	5956.02	16072.51	25777.9
MORELOS	3700.96	16918.17	10631.91	9876.52	5333.71	5375.74	10512.71	13229.24	4095.72	8261.03
AGUASCALIENTES	9831.24	11211.22	5249.41	16019.77	4074.99	11190.14	5131.39	19043.62	8870.91	2876.51
TLAXCALA	5875.74	16890.26	10605.99	8637.67	5305.79	4151.43	10473.19	12004.91	2058.71	8218.29
BAJA CALIFORNIA SUR	35858.94	16912.65	22539.14	41954.31	28645.09	37453.51	27472.79	44974.97	34805.44	25476.17

Fuente: Elaboración con datos de Global Maps Mexico 2017

Anexo 4: formato de cotización de costos de transporte.

Reporte de Ruta

Ruta

A. Origen en 80280 Cullazan Rocales, Sln, Mexico

B. Destino en Los Pinos, 37480 Leon, Gto, Mexico

Distancia Total		Tiempo Total		Costo Total	
	821.82 Kms		11h:58m		\$ 11,224.10
Kms Cargado	0.00 Kms	Conduciendo	11h:48m	Casetas de cobro	\$ 3,618.00
Kms Vuelo	821.82 Kms	Descansando	00h:00m	Combustible	\$ 5,018.37
		En Paradas	00h:00m	Chofer	\$ 1,078.40
		En Gasolineras	00h:10m	Descansos	\$ 0.00
				Mantenimiento	\$ 128.05
				Desgaste de Llantas	\$ 682.80
				Depreciación	\$ 388.78
				Costos Fijos	\$ 82.60
				Otros Costos	\$ 330.45
				Costo por Km	\$ 12.18

Paradas Total		Configuración de la Ruta		Vehículo Utilizado	
	1	Evitar Casetas	No	ID Nombre	Ejemplo 2 - Trailer
Programadas	0	Evitar Ferry	No	Tipo de Vehículo	Tractorcamión Articulado
En Gasolineras	1	Ruta para Camión	Si	Ejes	6
De Descanso	0	Optimización de Paradas	No	Configuración	T3-82
		Velocidad de Conducción	Media		

Anexo 5: hoja de salida del programa LINGO.

Min 86XA1+86XA2+123XA3+176XA4+267XA5+423XA6+725XA7+321XA8+110XA9+501XA10+164XA11+264XA12+203XA13+132XA14+376XA15+288XA16+212XA17+475XA18+77XA19+205XA20+122XA21+747XA22+327XB1+327XB2+358XB3+234XB4+288XB5+312XB6+324XB7+203XB8+321XB9+100XB10+220XB11+507XB12+312XB13+266XB14+618XB15+125XB16+176XB17+717XB18+352XB19+234XB20+352XB21+352XB22+171XC1+196XC2+227XC3+110XC4+307XC5+330XC6+446XC7+222XC8+190XC9+217XC10+139XC11+376XC12+233XC13+135XC14+494XC15+143XC16+132XC17+586XC18+221XC19+109XC20+221XC21+470XC22+233XD1+206XD2+172XD3+305XD4+389XD5+552XD6+846XD7+443XD8+206XD9+621XD10+293XD11+48XD12+226XD13+261XD14+148XD15+410XD16+334XD17+240XD18+206XD19+334XD20+180XD21+874XD22+61XE1+86XE2+117XE3+56XE4+183XE5+303XE6+568XE7+194XE8+80XE9+344XE10+87XE11+265XE12+177XE13+56XE14+377XE15+161XE16+107XE17+476XE18+111XE19+85XE20+111XE21+597XE22+139XF1+112XF2+78XF3+205XF4+295XF5+451XF6+752XF7+349XF8+113XF9+528X

F10+193XF11+116XF12+196XF13+160XF14+234XF15+316XF16+241XF17+326XF18+112XF19+233XF20+86XF21+780XF22+169XG1+194XG2+225XG3+107XG4+232XG5+325XG6+544XG7+216XG8+188XG9+320XG10+136XG11+373XG12+230XG13+133XG14+492XG15+239XG16+129XG17+584XG18+219XG19+107XG20+218XG21+572XG22+303XH1+276XH2+241XH3+368XH4+459XH5+615XH6+915XH7+513XH8+276XH9+691XH10+356XH11+83XH12+289XH13+324XH14+32XH15+480XH16+397XH17+124XH18+276XH19+397XH20+250XH21+937XH22+104XI1+77XI2+51XI3+156XI4+247XI5+403XI6+703XI7+301XI8+64XI9+479XI10+144XI11+124XI12+90XI13+112XI14+243XI15+268XI16+186XI17+335XI18+85XI19+185XI20+43XI21+725XI22+121XJ1+147XJ2+178XJ3+60XJ4+178XJ5+278XJ6+502XJ7+169XJ8+141XJ9+278XJ10+89XJ11+326XJ12+177XJ13+86XJ14+445XJ15+197XJ16+83XJ17+537XJ18+172XJ19+60XJ20+171XJ21+531XJ22

SUBJECT TO

XA1+XA2+XA3+XA4+XA5+XA6+XA7+XA8+XA9+XA10+XA11+XA12+XA13+XA14+XA15+XA16+XA17+XA18+XA19+XA20+XA21+XA22<=317425.399
XB1+XB2+XB3+XB4+XB5+XB6+XB7+XB8+XB9+XB10+XB11+XB12+XB13+XB14+XB15+XB16+XB17+XB18+XB19+XB20+XB21+XB22<=269462.119
XC1+XC2+XC3+XC4+XC5+XC6+XC7+XC8+XC9+XC10+XC11+XC12+XC13+XC14+XC15+XC16+XC17+XC18+XC19+XC20+XC21+XC22<=239402.89
XD1+XD2+XD3+XD4+XD5+XD6+XD7+XD8+XD9+XD10+XD11+XD12+XD13+XD14+XD15+XD16+XD17+XD18+XD19+XD20+XD21+XD22<=157611.602
XE1+XE2+XE3+XE4+XE5+XE6+XE7+XE8+XE9+XE10+XE11+XE12+XE13+XE14+XE15+XE16+XE17+XE18+XE19+XE20+XE21+XE22<=104931.339
XF1+XF2+XF3+XF4+XF5+XF6+XF7+XF8+XF9+XF10+XF11+XF12+XF13+XF14+XF15+XF16+XF17+XF18+XF19+XF20+XF21+XF22<=102382.291
XG1+XG2+XG3+XG4+XG5+XG6+XG7+XG8+XG9+XG10+XG11+XG12+XG13+XG14+XG15+XG16+XG17+XG18+XG19+XG20+XG21+XG22<=31468.585
XH1+XH2+XH3+XH4+XH5+XH6+XH7+XH8+XH9+XH10+XH11+XH12+XH13+XH14+XH15+XH16+XH17+XH18+XH19+XH20+XH21+XH22<=29842.519
XI1+XI2+XI3+XI4+XI5+XI6+XI7+XI8+XI9+XI10+XI11+XI12+XI13+XI14+XI15+XI16+XI17+XI18+XI19+XI20+XI21+XI22<=29307.395
XJ1+XJ2+XJ3+XJ4+XJ5+XJ6+XJ7+XJ8+XJ9+XJ10+XJ11+XJ12+XJ13+XJ14+XJ15+XJ16+XJ17+XJ18+XJ19+XJ20+XJ21+XJ22<=26258.2
XA1+XB1+XC1+XD1+XE1+XF1+XG1+XH1+XI1+XJ1=174359.588
XA2+XB2+XC2+XD2+XE2+XF2+XG2+XH2+XI2+XJ2=98105.183
XA3+XB3+XC3+XD3+XE3+XF3+XG3+XH3+XI3+XJ3=67263.163
XA4+XB4+XC4+XD4+XE4+XF4+XG4+XH4+XI4+XJ4=64390.447
XA5+XB5+XC5+XD5+XE5+XF5+XG5+XH5+XI5+XJ5=56314.544
XA6+XB6+XC6+XD6+XE6+XF6+XG6+XH6+XI6+XJ6=39122.314
XA7+XB7+XC7+XD7+XE7+XF7+XG7+XH7+XI7+XJ7=36473.426
XA8+XB8+XC8+XD8+XE8+XF8+XG8+XH8+XI8+XJ8=32504.065
XA9+XB9+XC9+XD9+XE9+XF9+XG9+XH9+XI9+XJ9=31098.049
XA10+XB10+XC10+XD10+XE10+XF10+XG10+XH10+XI10+XJ10=30970.87
XA11+XB11+XC11+XD11+XE11+XF11+XG11+XH11+XI11+XJ11=28833.52
XA12+XB12+XC12+XD12+XE12+XF12+XG12+XH12+XI12+XJ12=25280.942
XA13+XB13+XC13+XD13+XE13+XF13+XG13+XH13+XI13+XJ13=23310.398

XA14+XB14+XC14+XD14+XE14+XF14+XG14+XH14+XI14+XJ14=22233.392
XA15+XB15+XC15+XD15+XE15+XF15+XG15+XH15+XI15+XJ15=21606.345
XA16+XB16+XC16+XD16+XE16+XF16+XG16+XH16+XI16+XJ16=17731.964
XA17+XB17+XC17+XD17+XE17+XF17+XG17+XH17+XI17+XJ17=17095.199
XA18+XB18+XC18+XD18+XE18+XF18+XG18+XH18+XI18+XJ18=16517.182
XA19+XB19+XC19+XD19+XE19+XF19+XG19+XH19+XI19+XJ19=15058.041
XA20+XB20+XC20+XD20+XE20+XF20+XG20+XH20+XI20+XJ20=14437.984
XA21+XB21+XC21+XD21+XE21+XF21+XG21+XH21+XI21+XJ21=14001.317
XA22+XB22+XC22+XD22+XE22+XF22+XG22+XH22+XI22+XJ22=715.919

Global optimal solution found.

Objective value: 0.1007659E+09

Infeasibilities: 0.000000

Total solver iterations: 41

Elapsed runtime seconds: 0.12

Model Class: LP

Total variables: 220

Nonlinear variables: 0

Integer variables: 0

Total constraints: 33

Nonlinear constraints: 0

Total nonzeros: 660

Nonlinear nonzeros: 0

Variable	Value	Reduced Cost
XA1	174359.6	0.000000
XA2	98105.18	0.000000
XA3	0.000000	45.00000
XA4	0.000000	68.00000
XA5	0.000000	32.00000
XA6	0.000000	111.0000
XA7	0.000000	401.0000
XA8	0.000000	118.0000
XA9	25101.05	0.000000
XA10	0.000000	401.0000
XA11	0.000000	25.00000
XA12	0.000000	216.0000
XA13	0.000000	67.00000
XA14	0.000000	24.00000
XA15	0.000000	228.0000
XA16	0.000000	163.0000
XA17	0.000000	80.00000
XA18	0.000000	235.0000
XA19	15058.04	0.000000

XA20	0.000000	96.00000
XA21	0.000000	36.00000
XA22	0.000000	395.0000
XB1	0.000000	241.0000
XB2	0.000000	241.0000
XB3	0.000000	280.0000
XB4	0.000000	126.0000
XB5	0.000000	53.00000
XB6	39122.31	0.000000
XB7	36473.43	0.000000
XB8	32504.06	0.000000
XB9	0.000000	211.0000
XB10	30970.87	0.000000
XB11	0.000000	81.00000
XB12	0.000000	459.0000
XB13	0.000000	176.0000
XB14	0.000000	158.0000
XB15	0.000000	470.0000
XB16	17731.96	0.000000
XB17	0.000000	44.00000
XB18	0.000000	477.0000
XB19	0.000000	275.0000
XB20	0.000000	125.0000

XB21	0.000000	266.0000
XB22	715.9190	0.000000
XC1	0.000000	85.00000
XC2	0.000000	110.0000
XC3	0.000000	149.0000
XC4	0.000000	2.000000
XC5	0.000000	72.00000
XC6	0.000000	18.00000
XC7	0.000000	122.0000
XC8	0.000000	19.00000
XC9	0.000000	80.00000
XC10	0.000000	117.0000
XC11	10526.02	0.000000
XC12	0.000000	328.0000
XC13	0.000000	97.00000
XC14	0.000000	27.00000
XC15	0.000000	346.0000
XC16	0.000000	18.00000
XC17	15682.96	0.000000
XC18	0.000000	346.0000
XC19	0.000000	144.0000
XC20	14437.98	0.000000
XC21	0.000000	135.0000

XC22	0.000000	118.0000
XD1	0.000000	147.0000
XD2	0.000000	120.0000
XD3	0.000000	94.00000
XD4	0.000000	197.0000
XD5	0.000000	154.0000
XD6	0.000000	240.0000
XD7	0.000000	522.0000
XD8	0.000000	240.0000
XD9	0.000000	96.00000
XD10	0.000000	521.0000
XD11	0.000000	154.0000
XD12	25280.94	0.000000
XD13	0.000000	90.00000
XD14	0.000000	153.0000
XD15	8281.008	0.000000
XD16	0.000000	285.0000
XD17	0.000000	202.0000
XD18	0.000000	0.000000
XD19	0.000000	129.0000
XD20	0.000000	225.0000
XD21	0.000000	94.00000
XD22	0.000000	522.0000

XE1	0.000000	27.00000
XE2	0.000000	52.00000
XE3	0.000000	91.00000
XE4	64390.45	0.000000
XE5	0.000000	0.000000
XE6	0.000000	43.00000
XE7	0.000000	296.0000
XE8	0.000000	43.00000
XE9	0.000000	22.00000
XE10	0.000000	296.0000
XE11	18307.50	0.000000
XE12	0.000000	269.0000
XE13	0.000000	93.00000
XE14	22233.39	0.000000
XE15	0.000000	281.0000
XE16	0.000000	88.00000
XE17	0.000000	27.00000
XE18	0.000000	288.0000
XE19	0.000000	86.00000
XE20	0.000000	28.00000
XE21	0.000000	77.00000
XE22	0.000000	297.0000
XF1	0.000000	53.00000

XF2	0.000000	26.00000
XF3	67263.16	0.000000
XF4	0.000000	97.00000
XF5	0.000000	60.00000
XF6	0.000000	139.0000
XF7	0.000000	428.0000
XF8	0.000000	146.0000
XF9	0.000000	3.000000
XF10	0.000000	428.0000
XF11	0.000000	54.00000
XF12	0.000000	68.00000
XF13	0.000000	60.00000
XF14	0.000000	52.00000
XF15	0.000000	86.00000
XF16	0.000000	191.0000
XF17	0.000000	109.0000
XF18	0.000000	86.00000
XF19	0.000000	35.00000
XF20	0.000000	124.0000
XF21	14001.32	0.000000
XF22	0.000000	428.0000
XG1	0.000000	86.00000
XG2	0.000000	111.0000

XG3	0.000000	150.0000
XG4	0.000000	2.000000
XG5	30056.34	0.000000
XG6	0.000000	16.00000
XG7	0.000000	223.0000
XG8	0.000000	16.00000
XG9	0.000000	81.00000
XG10	0.000000	223.0000
XG11	0.000000	0.000000
XG12	0.000000	328.0000
XG13	0.000000	97.00000
XG14	0.000000	28.00000
XG15	0.000000	347.0000
XG16	0.000000	117.0000
XG17	1412.241	0.000000
XG18	0.000000	347.0000
XG19	0.000000	145.0000
XG20	0.000000	1.000000
XG21	0.000000	135.0000
XG22	0.000000	223.0000
XH1	0.000000	333.0000
XH2	0.000000	306.0000
XH3	0.000000	279.0000

XH4	0.000000	376.0000
XH5	0.000000	340.0000
XH6	0.000000	419.0000
XH7	0.000000	707.0000
XH8	0.000000	426.0000
XH9	0.000000	282.0000
XH10	0.000000	707.0000
XH11	0.000000	333.0000
XH12	0.000000	151.0000
XH13	0.000000	269.0000
XH14	0.000000	332.0000
XH15	13325.34	0.000000
XH16	0.000000	471.0000
XH17	0.000000	381.0000
XH18	16517.18	0.000000
XH19	0.000000	315.0000
XH20	0.000000	404.0000
XH21	0.000000	280.0000
XH22	0.000000	701.0000
XI1	0.000000	64.00000
XI2	0.000000	37.00000
XI3	0.000000	19.00000
XI4	0.000000	94.00000

XI5	0.000000	58.00000
XI6	0.000000	137.0000
XI7	0.000000	425.0000
XI8	0.000000	144.0000
XI9	5996.997	0.000000
XI10	0.000000	425.0000
XI11	0.000000	51.00000
XI12	0.000000	122.0000
XI13	23310.40	0.000000
XI14	0.000000	50.00000
XI15	0.000000	141.0000
XI16	0.000000	189.0000
XI17	0.000000	100.0000
XI18	0.000000	141.0000
XI19	0.000000	54.00000
XI20	0.000000	122.0000
XI21	0.000000	3.000000
XI22	0.000000	419.0000
XJ1	0.000000	92.00000
XJ2	0.000000	118.0000
XJ3	0.000000	157.0000
XJ4	0.000000	9.000000
XJ5	26258.20	0.000000

XJ6	0.000000	23.00000
XJ7	0.000000	235.0000
XJ8	0.000000	23.00000
XJ9	0.000000	88.00000
XJ10	0.000000	235.0000
XJ11	0.000000	7.000000
XJ12	0.000000	335.0000
XJ13	0.000000	98.00000
XJ14	0.000000	35.00000
XJ15	0.000000	354.0000
XJ16	0.000000	129.0000
XJ17	0.000000	8.000000
XJ18	0.000000	354.0000
XJ19	0.000000	152.0000
XJ20	0.000000	8.000000
XJ21	0.000000	142.0000
XJ22	0.000000	236.0000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	0.1007659E+09	-1.000000
2	4801.535	0.000000
3	111943.6	0.000000
4	198755.9	0.000000

5	124049.7	0.000000
6	0.000000	52.00000
7	21117.81	0.000000
8	0.000000	3.000000
9	0.000000	116.0000
10	0.000000	46.00000
11	0.000000	57.00000
12	0.000000	-86.00000
13	0.000000	-86.00000
14	0.000000	-78.00000
15	0.000000	-108.0000
16	0.000000	-235.0000
17	0.000000	-312.0000
18	0.000000	-324.0000
19	0.000000	-203.0000
20	0.000000	-110.0000
21	0.000000	-100.0000
22	0.000000	-139.0000
23	0.000000	-48.00000
24	0.000000	-136.0000
25	0.000000	-108.0000
26	0.000000	-148.0000
27	0.000000	-125.0000

28	0.000000	-132.0000
29	0.000000	-240.0000
30	0.000000	-77.00000
31	0.000000	-109.0000
32	0.000000	-86.00000
33	0.000000	-352.0000

Ranges in which the basis is unchanged:

Objective Coefficient Ranges:

Variable	Current Coefficient	Allowable Increase	Allowable Decrease
XA1	86.00000	27.00000	INFINITY
XA2	86.00000	26.00000	INFINITY
XA3	123.0000	INFINITY	45.00000
XA4	176.0000	INFINITY	68.00000
XA5	267.0000	INFINITY	32.00000
XA6	423.0000	INFINITY	111.0000
XA7	725.0000	INFINITY	401.0000
XA8	321.0000	INFINITY	118.0000
XA9	110.0000	3.000000	3.000000
XA10	501.0000	INFINITY	401.0000
XA11	164.0000	INFINITY	25.00000

XA12	264.0000	INFINITY	216.0000
XA13	203.0000	INFINITY	67.00000
XA14	132.0000	INFINITY	24.00000
XA15	376.0000	INFINITY	228.0000
XA16	288.0000	INFINITY	163.0000
XA17	212.0000	INFINITY	80.00000
XA18	475.0000	INFINITY	235.0000
XA19	77.00000	35.00000	INFINITY
XA20	205.0000	INFINITY	96.00000
XA21	122.0000	INFINITY	36.00000
XA22	747.0000	INFINITY	395.0000
XB1	327.0000	INFINITY	241.0000
XB2	327.0000	INFINITY	241.0000
XB3	358.0000	INFINITY	280.0000
XB4	234.0000	INFINITY	126.0000
XB5	288.0000	INFINITY	53.00000
XB6	312.0000	16.00000	INFINITY
XB7	324.0000	122.0000	INFINITY
XB8	203.0000	16.00000	INFINITY
XB9	321.0000	INFINITY	211.0000
XB10	100.0000	117.0000	INFINITY
XB11	220.0000	INFINITY	81.00000
XB12	507.0000	INFINITY	459.0000

XB13	312.0000	INFINITY	176.0000
XB14	266.0000	INFINITY	158.0000
XB15	618.0000	INFINITY	470.0000
XB16	125.0000	18.00000	INFINITY
XB17	176.0000	INFINITY	44.00000
XB18	717.0000	INFINITY	477.0000
XB19	352.0000	INFINITY	275.0000
XB20	234.0000	INFINITY	125.0000
XB21	352.0000	INFINITY	266.0000
XB22	352.0000	118.0000	INFINITY
XC1	171.0000	INFINITY	85.00000
XC2	196.0000	INFINITY	110.0000
XC3	227.0000	INFINITY	149.0000
XC4	110.0000	INFINITY	2.000000
XC5	307.0000	INFINITY	72.00000
XC6	330.0000	INFINITY	18.00000
XC7	446.0000	INFINITY	122.0000
XC8	222.0000	INFINITY	19.00000
XC9	190.0000	INFINITY	80.00000
XC10	217.0000	INFINITY	117.0000
XC11	139.0000	0.000000	0.000000
XC12	376.0000	INFINITY	328.0000
XC13	233.0000	INFINITY	97.00000

XC14	135.0000	INFINITY	27.00000
XC15	494.0000	INFINITY	346.0000
XC16	143.0000	INFINITY	18.00000
XC17	132.0000	0.000000	0.000000
XC18	586.0000	INFINITY	346.0000
XC19	221.0000	INFINITY	144.0000
XC20	109.0000	1.000000	INFINITY
XC21	221.0000	INFINITY	135.0000
XC22	470.0000	INFINITY	118.0000
XD1	233.0000	INFINITY	147.0000
XD2	206.0000	INFINITY	120.0000
XD3	172.0000	INFINITY	94.00000
XD4	305.0000	INFINITY	197.0000
XD5	389.0000	INFINITY	154.0000
XD6	552.0000	INFINITY	240.0000
XD7	846.0000	INFINITY	522.0000
XD8	443.0000	INFINITY	240.0000
XD9	206.0000	INFINITY	96.00000
XD10	621.0000	INFINITY	521.0000
XD11	293.0000	INFINITY	154.0000
XD12	48.00000	68.00000	INFINITY
XD13	226.0000	INFINITY	90.00000
XD14	261.0000	INFINITY	153.0000

XD15	148.0000	0.000000	116.0000
XD16	410.0000	INFINITY	285.0000
XD17	334.0000	INFINITY	202.0000
XD18	240.0000	INFINITY	0.000000
XD19	206.0000	INFINITY	129.0000
XD20	334.0000	INFINITY	225.0000
XD21	180.0000	INFINITY	94.00000
XD22	874.0000	INFINITY	522.0000
XE1	61.00000	INFINITY	27.00000
XE2	86.00000	INFINITY	52.00000
XE3	117.0000	INFINITY	91.00000
XE4	56.00000	2.000000	INFINITY
XE5	183.0000	INFINITY	0.000000
XE6	303.0000	INFINITY	43.00000
XE7	568.0000	INFINITY	296.0000
XE8	194.0000	INFINITY	43.00000
XE9	80.00000	INFINITY	22.00000
XE10	344.0000	INFINITY	296.0000
XE11	87.00000	0.000000	2.000000
XE12	265.0000	INFINITY	269.0000
XE13	177.0000	INFINITY	93.00000
XE14	56.00000	24.00000	INFINITY
XE15	377.0000	INFINITY	281.0000

XE16	161.0000	INFINITY	88.00000
XE17	107.0000	INFINITY	27.00000
XE18	476.0000	INFINITY	288.0000
XE19	111.0000	INFINITY	86.00000
XE20	85.00000	INFINITY	28.00000
XE21	111.0000	INFINITY	77.00000
XE22	597.0000	INFINITY	297.0000
XF1	139.0000	INFINITY	53.00000
XF2	112.0000	INFINITY	26.00000
XF3	78.00000	19.00000	INFINITY
XF4	205.0000	INFINITY	97.00000
XF5	295.0000	INFINITY	60.00000
XF6	451.0000	INFINITY	139.0000
XF7	752.0000	INFINITY	428.0000
XF8	349.0000	INFINITY	146.0000
XF9	113.0000	INFINITY	3.000000
XF10	528.0000	INFINITY	428.0000
XF11	193.0000	INFINITY	54.00000
XF12	116.0000	INFINITY	68.00000
XF13	196.0000	INFINITY	60.00000
XF14	160.0000	INFINITY	52.00000
XF15	234.0000	INFINITY	86.00000
XF16	316.0000	INFINITY	191.0000

XF17	241.0000	INFINITY	109.0000
XF18	326.0000	INFINITY	86.00000
XF19	112.0000	INFINITY	35.00000
XF20	233.0000	INFINITY	124.0000
XF21	86.00000	3.000000	INFINITY
XF22	780.0000	INFINITY	428.0000
XG1	169.0000	INFINITY	86.00000
XG2	194.0000	INFINITY	111.0000
XG3	225.0000	INFINITY	150.0000
XG4	107.0000	INFINITY	2.000000
XG5	232.0000	0.000000	7.000000
XG6	325.0000	INFINITY	16.00000
XG7	544.0000	INFINITY	223.0000
XG8	216.0000	INFINITY	16.00000
XG9	188.0000	INFINITY	81.00000
XG10	320.0000	INFINITY	223.0000
XG11	136.0000	INFINITY	0.000000
XG12	373.0000	INFINITY	328.0000
XG13	230.0000	INFINITY	97.00000
XG14	133.0000	INFINITY	28.00000
XG15	492.0000	INFINITY	347.0000
XG16	239.0000	INFINITY	117.0000
XG17	129.0000	0.000000	0.000000

XG18	584.0000	INFINITY	347.0000
XG19	219.0000	INFINITY	145.0000
XG20	107.0000	INFINITY	1.000000
XG21	218.0000	INFINITY	135.0000
XG22	572.0000	INFINITY	223.0000
XH1	303.0000	INFINITY	333.0000
XH2	276.0000	INFINITY	306.0000
XH3	241.0000	INFINITY	279.0000
XH4	368.0000	INFINITY	376.0000
XH5	459.0000	INFINITY	340.0000
XH6	615.0000	INFINITY	419.0000
XH7	915.0000	INFINITY	707.0000
XH8	513.0000	INFINITY	426.0000
XH9	276.0000	INFINITY	282.0000
XH10	691.0000	INFINITY	707.0000
XH11	356.0000	INFINITY	333.0000
XH12	83.00000	INFINITY	151.0000
XH13	289.0000	INFINITY	269.0000
XH14	324.0000	INFINITY	332.0000
XH15	32.00000	116.0000	0.000000
XH16	480.0000	INFINITY	471.0000
XH17	397.0000	INFINITY	381.0000
XH18	124.0000	0.000000	INFINITY

XH19	276.0000	INFINITY	315.0000
XH20	397.0000	INFINITY	404.0000
XH21	250.0000	INFINITY	280.0000
XH22	937.0000	INFINITY	701.0000
XI1	104.0000	INFINITY	64.00000
XI2	77.00000	INFINITY	37.00000
XI3	51.00000	INFINITY	19.00000
XI4	156.0000	INFINITY	94.00000
XI5	247.0000	INFINITY	58.00000
XI6	403.0000	INFINITY	137.0000
XI7	703.0000	INFINITY	425.0000
XI8	301.0000	INFINITY	144.0000
XI9	64.00000	3.000000	60.00000
XI10	479.0000	INFINITY	425.0000
XI11	144.0000	INFINITY	51.00000
XI12	124.0000	INFINITY	122.0000
XI13	90.00000	60.00000	INFINITY
XI14	112.0000	INFINITY	50.00000
XI15	243.0000	INFINITY	141.0000
XI16	268.0000	INFINITY	189.0000
XI17	186.0000	INFINITY	100.0000
XI18	335.0000	INFINITY	141.0000
XI19	85.00000	INFINITY	54.00000

XI20	185.0000	INFINITY	122.0000
XI21	43.00000	INFINITY	3.000000
XI22	725.0000	INFINITY	419.0000
XJ1	121.0000	INFINITY	92.00000
XJ2	147.0000	INFINITY	118.0000
XJ3	178.0000	INFINITY	157.0000
XJ4	60.00000	INFINITY	9.000000
XJ5	178.0000	7.000000	INFINITY
XJ6	278.0000	INFINITY	23.00000
XJ7	502.0000	INFINITY	235.0000
XJ8	169.0000	INFINITY	23.00000
XJ9	141.0000	INFINITY	88.00000
XJ10	278.0000	INFINITY	235.0000
XJ11	89.00000	INFINITY	7.000000
XJ12	326.0000	INFINITY	335.0000
XJ13	177.0000	INFINITY	98.00000
XJ14	86.00000	INFINITY	35.00000
XJ15	445.0000	INFINITY	354.0000
XJ16	197.0000	INFINITY	129.0000
XJ17	83.00000	INFINITY	8.000000
XJ18	537.0000	INFINITY	354.0000
XJ19	172.0000	INFINITY	152.0000
XJ20	60.00000	INFINITY	8.000000

XJ21	171.0000	INFINITY	142.0000
XJ22	531.0000	INFINITY	236.0000

Righthand Side Ranges:

Row	Current RHS	Allowable Increase	Allowable Decrease
2	317425.4	INFINITY	4801.535
3	269462.1	INFINITY	111943.6
4	239402.9	INFINITY	198755.9
5	157611.6	INFINITY	124049.7
6	104931.3	10526.02	18307.50
7	102382.3	INFINITY	21117.81
8	31468.58	15682.96	1412.241
9	29842.52	8281.008	13325.34
10	29307.40	25101.05	4801.535
11	26258.20	15682.96	1412.241
12	174359.6	4801.535	174359.6
13	98105.18	4801.535	98105.18
14	67263.16	21117.81	67263.16
15	64390.45	18307.50	10526.02
16	56314.54	1412.241	15682.96
17	39122.31	111943.6	39122.31

18	36473.43	111943.6	36473.43
19	32504.06	111943.6	32504.06
20	31098.05	4801.535	25101.05
21	30970.87	111943.6	30970.87
22	28833.52	198755.9	10526.02
23	25280.94	124049.7	25280.94
24	23310.40	4801.535	23310.40
25	22233.39	18307.50	10526.02
26	21606.35	124049.7	8281.008
27	17731.96	111943.6	17731.96
28	17095.20	198755.9	15682.96
29	16517.18	13325.34	8281.008
30	15058.04	4801.535	15058.04
31	14437.98	198755.9	14437.98
32	14001.32	21117.81	14001.32
33	715.9190	111943.6	715.9190