



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO  
DIVISIÓN DE CIENCIAS ECONÓMICO ADMINISTRATIVAS

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA Y DE LOS  
RECURSOS NATURALES

“MODELO DE TRANSPORTE DE AGUACATE (*Persea americana*  
Mill) PARA MÉXICO”

TESIS DE GRADO

Que como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA Y DE LOS  
RECURSOS NATURALES

Presenta:

JESÚS AVENDAÑO MARTÍNEZ

Bajo la supervisión de: MARCOS PORTILLO VÁZQUEZ, DOCTOR



DIRECCIÓN GENERAL ACADÉMICA  
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES  
UNIDAD DE EXÁMENES PROFESIONALES



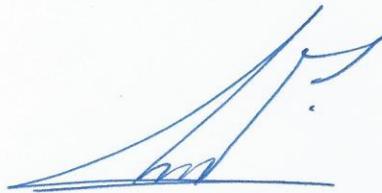
Chapingo, Estado de México; Diciembre de 2019.

**MODELO DE TRANSPORTE DE AGUACATE (*Persea americana* Mill) PARA MÉXICO**

Tesis realizada por **JESÚS AVENDAÑO MARTINEZ** bajo la supervisión del comité asesor indicado, aprobada y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

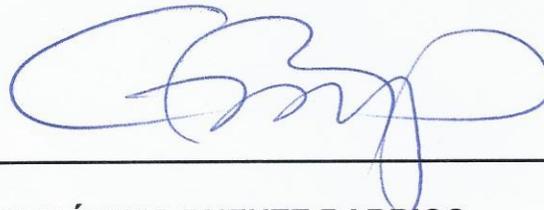
**MAESTRO EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA Y DE LOS RECURSOS NATURALES**

DIRECTOR: \_\_\_\_\_



**DR. MARCOS PORTILLO VÁZQUEZ**

ASESOR: \_\_\_\_\_



**DR. GERÓNIMO PUENTE BARRIOS**

ASESOR: \_\_\_\_\_



**DRA ROCÍO RAMÍREZ JASPEADO**

## TABLA DE CONTENIDO

<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>13</b>
<b>1.1 Planteamiento del problema .....</b>	<b>15</b>
<b>1.2 Justificación del problema .....</b>	<b>16</b>
<b>1.3 Objetivos.....</b>	<b>17</b>
1.3.1 General.....	17
1.3.2 Específicos .....	17
<b>1.3 Hipótesis.....</b>	<b>17</b>
<b>CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>17</b>
<b>2.1 Teoría marginalista de la economía y sus principios. ....</b>	<b>17</b>
<b>2.2 Teorías de la comercialización .....</b>	<b>19</b>
2.2.1 Teoría clásica de la ventaja comparativa.....	19
2.2.2 Teoría pura y monetaria del comercio internacional .....	20
2.2.3 Teoría del equilibrio y el comercio internacional .....	20
2.2.4 Teoría de la localización .....	21
2.2.6 Teoría de las proporciones factoriales o modelo Heckscher-Ohlin.....	22
<b>2.3. Programación Lineal y Programación Matemática (su relación).....</b>	<b>22</b>
2.3.1 Definiciones de programación lineal.....	24
<b>2.3.2 Modelo de Transporte.....</b>	<b>24</b>
2.3.3 Solución al modelo de transporte .....	27
<b>CAPITULO III REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>27</b>
3.1 Modelo de transporte en México para la minimización de costos de distribución de tuna ( <i>Opuntia</i> ssp.) en fresco. ....	28
3.2 Modelo de distribución de Guayaba ( <i>Psidium guayava</i> L.) en México.....	29
3.3 Modelo de transporte para la distribución de cacao en México .....	30

<b>CAPITULO IV ASPECTOS GENERALES DEL AGUACATE .....</b>	<b>32</b>
<b>4.1 Características generales del producto aguacate .....</b>	<b>32</b>
4.1.1 Requerimientos climáticos .....	32
4.1.2 Plagas del aguacate .....	33
4.1.3 Razas de aguacate.....	34
4.1.4 Clases de aguacate .....	34
<b>4.2 Breve revisión histórica del aguacate en México .....</b>	<b>37</b>
<b>4.3 Perspectiva nacional de la producción de aguacate en México.....</b>	<b>40</b>
Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP 2018. ....	42
4.3.1 Mercadotecnia del aguacate mexicano .....	42
4.3.2 Calibres de aguacate Hass para exportación .....	44
<b>4.4 Panorama del mercado mundial.....</b>	<b>45</b>
4.4.1 Producción.....	45
4.4.2 Rendimientos.....	46
4.4.3 Comercio internacional .....	47
<b>4.5 Situación del consumo y exportación del aguacate mexicano .....</b>	<b>50</b>
<b>4.6 Superficie sembrada, rendimientos y producción.....</b>	<b>51</b>
<b>4.7 Principales municipios productores de aguacate, año 2018. ....</b>	<b>55</b>
<b>4.8 Precio al consumidor del producto aguacate en México .....</b>	<b>56</b>
<b>4.9 Comercialización .....</b>	<b>57</b>
<b>CAPITULO V METODOLOGÍA .....</b>	<b>58</b>
<b>5.1 Recopilación y ordenamiento de datos .....</b>	<b>59</b>
5.1.1 Fuentes de información .....	59
5.1.2 Nomenclatura del modelo.....	64
5.1.3 Orígenes (estados con superávit en la producción).....	64

5.1.4 Destinos (Centros de abasto de los estados con déficit en la producción y aduanas).....	65
5.1.5 Formulación del modelo .....	66
5.1.6 Restricciones de la oferta .....	67
5.1.7 Restricciones de la demanda .....	68
<b>CAPITULO VI ANÁLISIS Y RESULTADOS.....</b>	<b>70</b>
<b>6.1 Interpretación del modelo .....</b>	<b>70</b>
6.1.2 Interpretación de la solución óptima .....	70
6.1.3 Valor de la función objetivo.....	70
<b>6.2 Restricciones de la oferta .....</b>	<b>73</b>
<b>6.3 Restricciones de la demanda.....</b>	<b>74</b>
<b>6.4 Interpretación del análisis de sensibilidad.....</b>	<b>74</b>
6.4.1 Análisis de sensibilidad para los coeficientes de la función objetivo.....	75
6.4.2 Análisis de sensibilidad para los coeficientes RHS.....	76
<b>CAPITULO VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>77</b>
<b>7.1 Conclusiones .....</b>	<b>77</b>
<b>7.2 Recomendaciones .....</b>	<b>79</b>
<b>7.3 BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>80</b>
7.3.1 Referencias Electrónicas .....	81

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Producción de aguacate por variedad en toneladas, año 2018. ....	40
Tabla 2: Características de los calibres de aguacate hass. ....	44

Tabla 3: Principales países importadores de aguacate, año 2018.....	47
Tabla 4: Principales países importadores del aguacate mexicano (en toneladas), año 2018.....	48
Tabla 5: Principales países exportadores de aguacate (en miles de toneladas), año 2018.....	49
Tabla 6: Superficie, producción y rendimiento por estado, año 2018. ....	53
Tabla 7: Valor de la producción por estado, año 2018.....	54
Tabla 8: Producción por municipios, año 2018. ....	55
Tabla 9: Estados con superavit, año 2018.....	60
Tabla 10: Déficits por estados, año 2018 .....	61
Tabla 11: Distancia desde cada uno de los orígenes hacia los destinos. ....	62
Tabla 12: Distribución del producto que generan el mínimo costo de transporte de aguacate.....	71
Tabla 13: Mapa estratégico de la producción actual y la esperada en el mediano plazo de acuerdo con el modelo. ....	77

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Evolución de la producción de las variedades de aguacate. ....	42
Figura 2: Países con mayor superficie de aguacate, año 2017. ....	45
Figura 3: Países con mayor producción de aguacate, año 2017. ....	46
Figura 4: Países con mayor rendimiento de aguacate, año 2018.....	46
Figura 5: Valor de las exportaciones mexicanas de aguacate, años 2009-2018. .....	51
Figura 6: Evolución de la superficie cosechada de aguacate, años 2009-2018.	52

Figura 7: Evolución de la producción de aguacate, 2009-2018. ....	52
Figura 8: Precios al menudeo del aguacate en México, 2018-2019. ....	57

## **ANEXOS**

Anexo 1: Precio del kilogramo de aguacate en principales centrales de abasto, consultado al 28 de septiembre de 2017. ....	82
Anexo 2: Consumo de aguacate por estados. ....	84
Anexo 3: Salida programa lindo. ....	85

## DEDICATORIA

A mis padres: Cirilo Avendaño Santos y Florencia Martínez Merino, por ser mi guía a lo largo de mi vida, por hacerme mejor persona cada día, gracias por su apoyo incondicional y sus muestras de afecto que me han brindado. Les agradezco el haberme formado en valores y enseñarme lo que significa el concepto “familia”.

A mis hermanos: Víctor, Hilario, Faustino, Engracia, Odilón, Rodolfo y Adrián, gracias por apoyarme de manera incondicional cada que así lo requerí, de cada uno de ustedes eh aprendido cosas maravillosas, les agradezco el haberme enseñado que la unidad es lo más importante para hacer realidad nuestros objetivos.

A mis niñas Lizbeth y Marisol quienes me impulsan día a día a seguir adelante, recuerden siempre que estaré para ustedes en todo momento.

A mi tío Martín y mi primo Isaac, personas muy especiales para mí que donde quiera que estén estoy seguro de que están orgullosos de mí, los recuerdo día a día.

A mis amigas Lucia y Adelina, personas que siempre me han aconsejado y han hecho de mi estancia estudiantil más llevadera. Gracias por estar siempre para mí a pesar de mis fallos.

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, a la Universidad Autónoma Chapingo, mi segundo hogar y muy en especial a la División de Ciencias Económico-Administrativas por darme la oportunidad de aprender y desarrollar mis habilidades en favor del pueblo de México.

Al Dr. Marcos Portillo Vázquez por aceptar dirigir por segunda ocasión mi trabajo de investigación, le agradezco por su valiosa colaboración y por sus aportes para el buen desarrollo de este.

A la Dra. Rocío Ramírez Jaspeado por su paciencia y su atención desinteresada en la revisión del trabajo de investigación, gracias por sus comentarios tan pertinentes y acertados.

Al Dr. Gerónimo Puente Barrios por su flexibilidad y disposición que siempre me ha mostrado a lo largo de mi vida dentro de Chapingo.

Al Conacyt por su valiosísima labor al brindarnos una beca para que como estudiantes podamos desarrollar nuestras habilidades de investigadores en favor de nuestro país. De no ser por su ayuda este logro en mi vida no hubiese sido posible.

Finalmente, a mis amigos Edgardo, Samuel, David, Brenda, Jesdel, Salvador, Ilich, Fernando e Iván quienes me apoyaron en todo momento.

## **DATOS BIOGRÁFICOS**

### **Datos personales**

**Nombre:** Jesús Avendaño Martínez

**Fecha de nacimiento:** 9 de febrero de 1992

**No. De cartilla militar:** D-0941952

**Curp:** AEMJ920209HOCVRS08

**Profesión:** Licenciado en Economía

**Cédula profesional:** 11050706



### **Desarrollo académico:**

Instituto de Estudios de Bachilleratos del estado de Oaxaca, San Jacinto Tlacotepec, Oaxaca, 2007-2010.

Licenciatura en economía, Universidad Autónoma Chapingo, Edo. de México, 2010-2015.

Maestría en Ciencias en Economía Agrícola y de los Recursos Naturales, Universidad Autónoma Chapingo, Edo. de México, 2017-2019.

## RESUMEN

### MODELO DE TRANSPORTE DE AGUACATE (*Persea americana* Mill) PARA MÉXICO

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

Jesús Avendaño Martínez<sup>1</sup>, Dr. Marcos Portillo Vázquez<sup>2</sup>

Uno de los principales problemas a los que se enfrentan los consumidores de aguacate, es un alto precio del producto, provocado a su vez, por la mala planeación en la distribución de éste, lo que incrementa los costos de producción y de transporte. 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 cantidades que deben producirse y en qué lugares, para generar una cantidad de producto acorde con la cantidad demandada y las posibles rutas óptimas para la distribución del aguacate en México que permita la reducción de costos de transporte.

Los Estados con superávit en la producción de aguacate son: Colima, Jalisco, Michoacán, Morelos y Nayarit los cuales distribuyen su **excedente** a los centros consumidores que recomendó el modelo planteado. Los resultados obtenidos del modelo indican que los estados donde se tendría que incrementar la producción son: Sonora y Yucatán, debido a los altos rendimientos que presentan, y en menor medida en estados como Nuevo León, Oaxaca, Chiapas, Guerrero y Tabasco. Además, que, debido a su volumen de producción el estado de Michoacán es el que marca la pauta en la distribución del aguacate.

**Palabras clave:** aguacate, distribución, distancias, centros productores, destinos de consumo, costos de transporte.

1 Estudiante

2 Director

## ABSTRACT

### AVOCADO TRANSPORTATION MODEL (*Persea americana* Mill) FOR MEXICO

"Master's thesis in Sciences in Agricultural Economics and Natural Resources, Chapingo Autonomous University"

Jesús Avendaño Martínez<sup>1</sup>, Dr. Marcos Portillo Vázquez<sup>2</sup>

One of the main problems faced by avocado consumers is a high price of the product, caused in turn by poor planning in its distribution, which increases production and transportation costs. Using the transportation costs of the producing centers to the consuming centers with the use of a minimum cost model, the quantities to be produced were determined and in which places, to generate a quantity of product according to the quantity demanded and the possible optimal routes for the distribution of avocado in Mexico that allows the reduction of transportation costs.

The states with surplus in avocado production are Colima, Jalisco, Michoacán, Morelos and Nayarit which distribute their surplus to the consumer centers that the proposed model recommended. The results obtained from the model indicate that the states where production should be increased are Sonora and Yucatán, due to the high yields they present, and to a lesser extent in states such as Nuevo León, Oaxaca, Chiapas, Guerrero and Tabasco. In addition, that, due to its volume of production, the state of Michoacán is the one that sets the standard in the distribution of avocado.

**Keywords:** avocado, distribution, distances, producing centers, consumption destinations, transportation costs.

1 Student

2 Director

## **CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN**

El aguacate, es el fruto de un árbol originario de México y Centroamérica. Partiendo de pruebas arqueológicas encontradas en Tehuacán en el Estado de Puebla, con una antigüedad aproximada de 10,000 años, se ha determinado concretamente que el árbol de aguacate se originó en México, Centro América hasta Colombia, Venezuela, Ecuador y Perú. El nombre aguacate, con el que se le conoce en muchos países de habla hispana, proviene del término “ahuacatl”, vocablo de origen náhuatl, que significa testículo en lengua Maya. El cultivo fue expandiéndose hacia Centro y Sur América y muy posteriormente a la colonización, llegó a otros lugares fuera del continente americano. Los españoles lo llevaron a Europa en el siglo XVI, junto con otros alimentos nuevos descubiertos en las primeras expediciones a América, como son la papa, el maíz, algunas frutas tropicales y el chocolate (CONAGRO,2016; citado del Manual Técnico del Cultivo de Aguacate Hass,2008).

Este fruto es de gran importancia en la agricultura y en la dieta mexicana. Cuenta con más de 220 mil hectáreas plantadas, menos del 2% de la superficie cultivable nacional, pero aporta aproximadamente el 3.9% del valor de la producción agrícola total.

México es el primer productor de aguacate en el mundo; en el año 2018 participó con el 30% de la superficie sembrada total, es el principal exportador con más del 40% (Secretaría de Economía, 2018).

El estado de Michoacán concentra el 88 %del volumen de producción en el país, derivado de su importancia en la entidad es el quinto cultivo más importante a nivel nacional (SIAP, 2018).

El aguacate es uno de los cultivos nacionales más exportados del país, después del jitomate, crece a una tasa media anual de tres por ciento. En Michoacán se obtiene nueve de cada diez pesos del valor nacional del fruto (Ibid,2014).

De acuerdo con la FAO 2018 el consumo per cápita mundial fue de 0.80 kilogramos por persona, mientras que el consumo nacional fue de **8.71 kilogramos** por persona obtenida mediante cálculos propios de acuerdo con los datos de producción del SIAP.

En 2018 las exportaciones del país alcanzaron 1,091,937 toneladas, exclusivamente de aguacate hass, por otro lado, la demanda interna de aguacate en México para el mismo año fue de 1,092,726 toneladas.

La estacionalidad, así como el clima y plagas, son los elementos que inciden en el nivel de producción,-y en última instancia, en el precio del aguacate.

Dentro de los principales beneficios de consumir aguacate se encuentra que: impulsa el crecimiento y reparación de la masa muscular, ayudan a bajar de peso por lo que se recomienda como un antiinflamatorio de articulaciones, su alto contenido de ácido fólico ayuda en el proceso de formación del feto en mujeres embarazadas, su rico contenido de grasas saludables y vitamina E evitan padecimientos cardíacos, reducen los niveles de colesterol y triglicéridos. Por otro lado, una porción de 100 gramos de aguacate contiene 7 gramos de fibra, es decir, el 27% de la ingesta recomendada por día.

Este fruto también ha sido utilizado en el tratamiento de diversas enfermedades de la piel, como la psoriasis, y es empleado como remedio casero para hacer mascarillas hidratantes para el cabello.

El modelo de transporte permite transportar un bien o un producto de un origen hacia un destino, el objetivo es determinar las cantidades óptimas que deben ser enviadas desde los orígenes hacia los centros de consumo, tales que minimicen los costos de transporte, y a la vez satisfacer la demanda del producto, así como los límites de la oferta, por lo anterior se observa la importancia de la utilización de la programación lineal en la agricultura y otras ramas de las diferentes ciencias.

## 1.1 Planteamiento del problema

Dentro de los principales problemas en los cultivos agrícolas en México se encuentran las variaciones anuales en producción que generan altos excedentes de oferta y algunas veces reducción donde la demanda no es satisfecha en su totalidad y se agrega a este problema el de la comercialización, así como la ineficiencia en la distribución de dichos productos.

Además de que la producción está muy concentrada en una sola región (región centro, específicamente Michoacán y Jalisco), lo anterior provoca que existan desequilibrios en la oferta, tales como la variación del precio del producto dependiendo la ubicación de las centrales de abasto demandantes respecto a las zonas productoras. De acuerdo con el Sistema de Nacional de Información de Mercados (SNIIM), en 2017 un kilo de aguacate de primera calidad en el estado de Michoacán costaba alrededor de 30 pesos, en comparación con los 62 pesos que el mismo kilogramo de aguacate alcanzaba en la central de abasto de Tijuana y Sonora.<sup>1</sup>

En otros casos la participación de intermediarios provoca que el precio del producto se incremente al consumidor final, llevándose consigo la mayor parte de las utilidades. Para el mismo periodo de análisis, los intermediarios distribuían el aguacate de la Ciudad de México al sureste, específicamente a Chetumal, Quintana Roo a un precio de 57 pesos por kilogramo (Ibid, 2017).

Además de que las rutas de distribución del producto implican mucha distancia entre el centro productor y el centro consumidor lo que a menudo provoca que el producto no llegue en óptimas condiciones para su consumo (CEDRSSA, 2017). Por lo anterior, es necesario realizar una adecuada planeación sobre los problemas de distribución y comercialización del aguacate en México.

---

<sup>1</sup> Ver anexo I al final del documento.

## 1.2 Justificación del problema

La falta de planeación en la distribución del aguacate provoca en algunos casos un exceso de oferta lo que trae consigo una reducción en el precio de este y en otros casos un desabasto de producto lo que provoca un incremento en el precio del aguacate.

De acuerdo con la firma consultora especializada en logística Establish Inc. entre 40 y 49% del costo en logística es absorbido por el transporte el cual se ve reflejado en alto precio del aguacate al destino final.

En los municipios de Tancítaro, Salvador de Escalante, Tacámbaro, Uruapan, entre otros; todos ellos pertenecientes al estado de Michoacán existe un superávit de más de un millón de toneladas el cual tiene ser movilizadado a zonas donde existe déficit. Por lo tanto, una mejor planificación de la producción y distribución reduciría entre un 20 y 30% el precio final del producto tanto en la región Norte, Noreste y Sureste que son las regiones donde alcanza el precio más alto el kilogramo de aguacate (Dussel, 2008).

La finalidad del presente trabajo es planear las cantidades y los lugares de donde debe salir el producto hacia los centros consumidores en cantidades que tiendan a conservar un balance entre oferta y demanda identificando en que lugares deben producirse y que cantidades deben generarse para que no falte ni sobre producción y evitar la distorsión del mercado de este producto, adicionalmente se debe identificar la red de distribución para que el costo de transporte sea el mínimo y llegue a más bajos precios al consumidor final. Adicionalmente 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.

Una mejor distribución de la producción para consumo nacional puede propiciar un mejor precio y accesibilidad.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 General**

1. Proponer una mejor planeación de la producción en función de lo que se exporta y lo que se consume a nivel nacional que permita mejorar los desequilibrios del mercado.

#### **1.3.2 Específicos**

- a) Identificar déficit o superávit del aguacate en los principales estados del país.
- b) Identificar las rutas de comercialización y costos de transporte.
- c) Determinar las áreas en donde producir mayores cantidades de aguacate que permita reducir la movilización del producto para bajar los costos de transporte.

### **1.3 Hipótesis**

Una mejor planeación de la producción para el consumo permitirá mejorar la accesibilidad a este producto, así como disminuir los costos de transporte, mediante un modelo de transporte de costo mínimo y los indicadores de precio sombra y costos reducidos, que permiten establecer un mejor balance de oferta y demanda del aguacate.

## **CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Teoría marginalista de la economía y sus 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, costos, utilidad, rendimientos). Dentro de sus principales precursores se encuentran Jevons, Menger y Walras.

Jevons en su teoría de la economía política (1871) introdujo 3 avances fundamentales a la teoría marginalista: la distinción clara entre utilidad total y utilidad marginal, el establecimiento del principio de equimarginalidad y el método gráfico-matemático.

Jevons consideró que el concepto de valor de cambio es equívoco y prefirió el de relación de intercambio. Así, el objeto de la economía sería el estudio de las relaciones de intercambio bajo las cuales se maximiza el placer, identificado con la utilidad, que Jevons definió por primera vez como desutilidad. 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 (Ekelund y Herbert, 1991).

En su obra Principios de economía política, Menger parte de la satisfacción de las necesidades humanas para ello clasificó los bienes en, bienes libres y bienes económicos. Por los primeros se refiere a los bienes sobre los que no se ejerce propiedad privada, por lo tanto, quedan excluidos del análisis económico ya que nadie pagará por ellos. Mientras que por bienes económicos se refiere a aquellos bienes que son escasos y que además están sujetos a la apropiación privada desde el momento que tienen un precio positivo (Hutchison, 1974).

A la vez Menger propone que para maximizar su utilidad el consumidor seguirá el principio de equimarginalidad, esto quiere decir, que gastará la última unidad de dinero en cualquier bien particular que le produzca la misma utilidad marginal que la última unidad gastada en cualquier otro bien (Gordon, 1995).

Walras en su obra "Elementos de economía política pura", utiliza un enfoque de equilibrio general en el cual considera todos los mercados de bienes y factores simultáneamente, de manera que los precios de los bienes finales influyen y son influidos por los precios de los factores de producción (Segura, 1998).

Walras al igual que Menger, definió los bienes económicos como el conjunto de aquellos bienes materiales que son escasos y útiles, utilidad derivada de que tales bienes deben ser apropiables y de hecho son objeto de apropiación; de que tales bienes deben ser valorables e intercambiables a ciertas tasas de intercambio o precios; y, finalmente, de que tales bienes deben ser producibles en la medida en que interesa hacer su cantidad menos limitada de lo que es (Ibid, 1998).

En resumen, la teoría marginalista plantea que las necesidades humanas son infinitas, mientras que los recursos para satisfacerlas son limitadas, por lo tanto, deben existir mecanismos que establezcan una relación ordenada entre medios y fines para alcanzar la máxima utilidad posible en los intercambios que se producen en el mercado.

## **2.2 Teorías de la comercialización**

Existen diversas teorías que ayudan a entender cómo surge el comercio internacional y cuáles son sus bases teóricas, dichas teorías evolucionan a través del propio desarrollo del comercio internacional. Dentro de las principales teorías se encuentran las siguientes:

### **2.2.1 Teoría clásica de la ventaja comparativa**

Esta teoría fue planteada inicialmente por Adam Smith en la cual hace hincapié en la importancia del comercio internacional para que un país incremente su riqueza (Chacholiades,1980).

Una ventaja absoluta implica necesariamente una especialización en aquel bien en el que se tenga mayor eficiencia, dando como resultado un aumento en la producción mundial de todos los bienes (Ibid,1980).

Por lo tanto, se puede definir a la ventaja absoluta como la capacidad que tiene un país para producir un bien a un costo absolutamente menor en relación con otros países, medido en términos de unidades de trabajo.

### **2.2.2 Teoría pura y monetaria del comercio internacional**

Esta teoría plantea que el comercio internacional está integrado por dos campos de estudio: el de la teoría pura y en segunda que es la teoría monetaria (Torres,1972).

La teoría pura se refiere al análisis de valor aplicado al intercambio internacional y considera dos aspectos:

- ❖ Enfoque positivo: Se encarga de explicar y predecir los acontecimientos.
- ❖ Análisis del bienestar: Se encarga de investigar los efectos que tendría un cambio en la demanda sobre la relación de intercambio de un país.

Por lo tanto, para la teoría pura se tiene que contar con un planteamiento teórico, después se deben investigar los hechos y finalmente se deben aplicar las medidas específicas que sean necesarias.

El segundo campo de estudio, la teoría monetaria, comprende dos aspectos:

- a) La aplicación de los principios monetarios al intercambio internacional, explica la circulación de la moneda, así como sus efectos en: el precio de las mercancías, el saldo comercial, los ingresos, el tipo de cambio y el tipo de interés.
- b) El análisis del proceso de ajuste mediante el empleo de instrumentos monetarios, cambiarios y financieros, que tratan de contrarrestar los efectos de los desequilibrios de la balanza de pagos en cuanto a la duración, intensidad y amplitud, hasta restablecer el equilibrio o por lo menos hasta preservar el nivel que se desea.

### **2.2.3 Teoría del equilibrio y el comercio internacional**

Esta teoría se basa en el estudio del mercado y de los precios de las mercancías en declive, concentrando su mayor interés en la obtención de la ganancia sin importar mucho como se obtenga (Torres,1972).

Dado que los teóricos del equilibrio concebían a la economía en estado estacionario, enfocaron su atención en los precios y en las cantidades que permitieran un movimiento estable de los productos desde el lugar en donde se producían hasta los centros comerciales sin que las condiciones establecidas fueran alteradas. En este proceso el dinero solo cumple la función de facilitar la medición económica sin importar el nivel de precios (Ibid,1972).

#### **2.2.4 Teoría de la localización**

La teoría de la localización arranca del hecho básico de que los recursos naturales son limitados y están distribuidos en forma desigual en el globo terrestre. Esta distribución desigual de los recursos naturales determina, en las primeras etapas del desarrollo económico, condiciones diferentes entre las regiones para la producción de ciertos artículos (Torres,1972).

La explotación de estos recursos naturales es lo que condujo a los individuos a la especialización en determinadas actividades. En la medida que la acumulación de capital y el conocimiento tecnológico se desarrollan, originan la tendencia a depender menos de dichos recursos naturales, -y cuando la humanidad avanza considerablemente, surge la sustitución de éstos por productos sintéticos.

Lo que se puede concluir de la Teoría de la localización, es que la dotación de recursos naturales con que cuente un país no es un determinante para tener una balanza comercial superavitaria o para conseguir un gran desarrollo económico a nivel internacional; más bien depende de las estrategias que emplee cada uno y de la manera en que aproveche los recursos con que cuenta.

#### **2.2.5 Teoría de la ventaja comparativa**

Esta teoría reconoce que las fuerzas del mercado asignarán los recursos de una nación a aquellos sectores donde sea relativamente más productivo. Es decir que una nación puede importar un bien que podría ser el producto de más bajo costo, si todavía es más productiva en la producción de otros bienes (Ricardo, 1817).

Por medio de esta teoría, se trata de demostrar que el comercio beneficia a un país en la siguiente forma:

a) Si se piensa en el comercio como método indirecto de producción, es decir, que en lugar de producir un producto por sí mismo, un país se puede dedicar a producir otro tipo de bien e intercambiarlo por el bien que desee, que necesite o que no pueda producir por la misma ineficiencia con la que cuenta para hacerlo. De esta manera se puede decir que si un bien se importa es porque esta producción indirecta requiere menos trabajo (para el país que lo realizó) que la producción directa.

b) Esta teoría trata de demostrar que el comercio puede ampliar las posibilidades de consumo de un país lo que implica incremento en ganancias del comercio.

### **2.2.6 Teoría de las proporciones factoriales o modelo Heckscher-Ohlin**

Esta teoría plantea que las naciones tienen toda una tecnología equivalente pero que difieren en sus dotaciones de factores de producción, se llama factores de producción a elementos como la tierra, el trabajo, recursos naturales y capital, que son los insumos básicos para la producción. De esta manera las naciones consiguen ventaja comparativa basada en los factores en aquellos sectores de los

cuales se hace un uso intensivo, de aquello que tienen en abundancia, permitiendo exportar los bienes que producen e importando productos en los que se tiene una desventaja comparativa en cuanto a estos factores (Porter, 1982).

### **2.3. Programación Lineal y Programación Matemática (su relación)**

Para el economista la parte más importante de la optimización es la representada por la exposición del problema en forma matemática, pues ello le permite conocer su naturaleza y determinar el método que lo resuelva, (Espinoza, 1973) citado por López (1991).

La programación matemática es una potente técnica de modelado usada en el proceso de toma de decisiones. Cuando se trata de resolver un problema de este tipo, la primera etapa consiste en identificar las posibles decisiones que pueden tomarse; esto lleva a identificar las variables del problema concreto. Normalmente, las variables son de carácter cuantitativo y se buscan los valores que optimizan el objetivo. La segunda etapa supone determinar qué decisiones resultan admisibles; esto conduce a un conjunto de restricciones que se determinan teniendo presente la naturaleza del problema en cuestión. En la tercera etapa, se calcula el costo /beneficio asociado a cada decisión admisible; esto supone determinar una función objetivo que asigna, a cada conjunto posible de valores para las variables que determinan una decisión, un valor de costo/beneficio. El conjunto de todos estos elementos define el problema de optimización (Castillo et al, 2002).

La programación lineal se aplica a modelos de optimización en los que las funciones objetivo y restricción son estrictamente lineales. La técnica se aplica en una amplia variedad de casos, en los campos de agricultura, industria, transporte, economía, salud, ciencias sociales y de la conducta, y militar. También produce algoritmos eficientes de cómputo para problemas con miles de restricciones y variables. Debido a su tremenda eficiencia de cálculo, la programación lineal forma la columna vertebral de los algoritmos de solución para otros modelos de investigación de operaciones, como las programaciones entera, estocástica y no lineal (Hamdy, 2004).

De acuerdo con Hamdy A. Taha, 2004 el modelo de programación lineal, como en cualquier modelo de investigación de operaciones, tiene tres componentes básicos.

1. Las variables de decisión que se trata de determinar.

2. El objetivo (la meta) que se trata de optimizar.
3. Las restricciones que se deben satisfacer.

La definición correcta de las variables de decisión es un primer paso esencial en el desarrollo del modelo. Una vez hecha, la tarea de construir la función objetivo y las restricciones se hace en forma más directa.

### **2.3.1 Definiciones de programación lineal**

- ❖ 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).
- ❖ 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).

Con base en las definiciones precedentes, se puede concluir que: la Programación Lineal es un caso particular de la programación matemática y esta -a su vez- es una rama de la investigación de operaciones; se habla de modelos de programación lineal cuando la función objetivo y las restricciones se expresan como funciones lineales.

### **2.3.2 Modelo de Transporte**

Puesto que el problema tratado requiere de métodos idóneos para su solución. La solución al problema propuesto requiere del método correcto para su rápida,

eficaz y óptima solución; el Modelo de Transporte es uno de ellos, el cual se puede definir como:

El modelo de transporte es una clase especial de programación lineal que tiene que ver con transportar un artículo desde sus fuentes (es decir, fábricas) hasta sus destinos (es decir, bodegas). El objetivo es determinar el programa de transporte que minimice el costo total del transporte y que al mismo tiempo satisfaga los límites de la oferta y la demanda. En el modelo se supone que el costo de transporte es proporcional a la cantidad de unidades transportadas en determinada ruta. En general, se puede ampliar el modelo de transporte a otras áreas de operación, entre otras el control de inventarios, programación de empleos y asignación de personal (Hamdy, 2004).

En particular el problema general de transporte se refiere a la distribución de cualquier bien desde cualquier grupo de centros de abastecimiento, llamados orígenes, a cualquier grupo de centros de recepción, llamados destinos, de tal manera que se minimicen los costos totales de distribución (Hillier y Lieberman, 1999).

El problema general de transporte inicia cuando un distribuir requiere distribuir o transportar mercancías desde sus almacenes, centros de producción u origen(m) hacia ciertos destinos(n). De donde cada destino tiene necesidades de  $B_j$  cantidades de producto y al respecto cada origen puede satisfacer la demanda de  $a_i$  cantidad de producto requerido (Pedrosa, 2017).

De acá surge el problema ¿Qué cantidad de producto  $X_{ij}$  hay que llevar desde el origen  $i$  al destino  $j$ , teniendo la información que cada unidad de producto transportada tiene un costo de transporte de  $C_{ij}$ ?

Expresado como función matemática:

$$\text{Min } z = \sum_{i=1}^m * \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij}$$

De acuerdo con Pedrosa, este debe basarse en supuestos tales como:

Supuesto de requerimiento: Cada origen tiene un suministro fijo de unidades que deben ser distribuidas en su totalidad entre los destinos. De igual forma los destinos tienen una demanda fija de cantidades a satisfacer por los orígenes.

Supuesto de costo: el costo de distribuir cantidades desde un origen es directamente proporcional a la cantidad distribuida.

Propiedad de soluciones factibles: un problema de transporte tiene soluciones factibles solo si la sumatoria de los recursos en los orígenes (m) es igual a la sumatoria de las demandas (n) en los destinos.

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j$$

Esta propiedad se llama balancear y es condición necesaria para obtener una solución factible. Si el problema no está equilibrado, se tiene que establecer un equilibrio, en la cual pueden ocurrir dos escenarios:

1. La oferta total es mayor a la demanda:

$$\sum_{i=1}^m a_i > \sum_{j=1}^n b_j$$

En un escenario como este lo que se hace es generar un destino ficticio, que recibe la diferencia entre la oferta y la demanda totales. El costo de transporte sería 0.

2. La demanda es mayor que la oferta total:

$$\sum_{i=1}^m a_i < \sum_{j=1}^n b_j$$

En este escenario no hay solución. Para poder dar solución al problema de manera que se satisfaga la demanda, se genera un origen ficticio cuya oferta será la cantidad de producto que falta por enviar a los destinos de demanda.

### **2.3.3 Solución al modelo de transporte**

Para construir la solución factible se requiere una serie de pasos:

1. Balancear el problema original.
2. Calcular una solución factible inicial.
3. Construir una tabla de costos asociadas a la solución factible inicial.
4. En base a la tabla de costos, calcular los valores de las variables duales del problema.
5. Calcular los valores correspondientes a los costos marginales de las variables no básicas.

## **CAPITULO III REVISIÓN DE LITERATURA**

El propósito del presente capítulo se establece solo para exponer investigaciones de modelo de transporte de diferentes cultivos y así contar con una referencia en el análisis de resultados respecto a lo que se desea lograr con dicho documento. No se expone más ampliamente este capítulo pues la mayoría del resto del documento es resultado de una revisión documental y literatura.

A continuación, se hace la revisión de 3 artículos que tratan los problemas de modelo de transporte:

### **3.1 Modelo de transporte en México para la minimización de costos de distribución de tuna (*Opuntia ssp.*) en fresco.**

Esta investigación fue realizada por Ayllón et al. (2014), con la finalidad de desarrollar un modelo que permitiera mejorar la distribución de la tuna a través de la minimización de costos del transporte de zonas productoras a las zonas consumidoras; obteniendo la óptima distribución y rutas para comercializar del producto.

Se utiliza el modelo de transporte correspondiente a técnicas matemáticas de la programación lineal, basado en el método de costo mínimo donde asigna la mayor cantidad posible de oferta a menor costo unitario, planteándose dos escenarios, el primero es la dinámica del mercado cerrado y el segundo muestra la solución de mercado abierto. En los resultados se observa que solo cinco estados son autosuficientes y tienen la capacidad de ofrecer sus excedentes a los estados demandantes, permitiéndoles participar en exportaciones en economía abierta, o industrializar en subproductos su excedente. Los costos de transporte demuestran cómo son proporcionales a las distancias recorridas, por lo cual a partir del modelo se activaron las rutas que permitieron minimizarlos.

El objetivo de esta investigación fue desarrollar un modelo de distribución de la tuna en fresco, que permite la distribución óptima de zonas excedentarias a zonas deficitarias, minimizando el costo total de transporte de zonas origen a zonas destino. Las hipótesis fueron: 1) El costo de transporte se incrementa debido a que la producción de este fruto se lleva a cabo en áreas de producción significativamente distintas a las zonas consumidoras afectando directamente el precio del consumidor final; y 2) Al identificar las zonas oferta y demanda del producto es posible optimizar distribución en el mercado nacional activando rutas que permita la disminución en costo de las zonas productoras a los centros consumidores para la mejor asignación de la producción.

## **Conclusiones**

A través del modelo se comprobó que los costos de transporte son proporcionales a las distancias, en el caso de estados alejados de los centros productores u oferentes hace que su consumo sea aún más bajo debido a los altos costos de transporte para llevar el producto.

### **3.2 Modelo de distribución de Guayaba (*Psidium guayava* L.) en México.**

Este artículo fue desarrollado por Quintero et al. (2016), en él se muestra la metodología y procedimientos ante un mercado cerrado esencial para la estrategia competitiva y la generación de ingresos que mejora la planeación de la distribución de guayaba en fresco en todas las entidades federativas de México tanto productoras y consumidoras, a través de la formulación de un modelo de optimización de distribución para este fruto; el cual, minimiza los costos de transporte donde identifica los potenciales centros de consumo y recomienda que cantidades deben de abastecer a dicho mercado, para mantener el equilibrio entre la oferta y la demanda de la guayaba en fresco, a fin de hacer que los productos y servicios estén disponibles para los clientes en el momento y lugar así como en las condiciones y formas deseadas, de la manera más efectiva en cuanto a costos y tiempos se refiere. La metodología utilizada fue de un modelo de transporte de programación lineal, con información de producción, consumo y costos de transporte.

La metodología utilizada en la elaboración de este estudio incluye:

El modelo por desarrollar es un mercado cerrado, donde solo se considera la producción y consumo nacional. Para la formulación del modelo se requiere conocer las variables de decisión como es la función objetivo y las restricciones de oferta y demanda. Para definir la función objetivo se deben conocerse todos los costos de transporte de cada uno de los orígenes a cada uno de los destinos.

En las restricciones de oferta, los orígenes y cantidades disponibles y, en las demandas, los destinos y las cantidades demandadas.

Además de estos, se agregaron directamente factores como rendimiento del motor, costo del diésel y depreciación. El problema de transporte se ajustó a un modelo matemático, por lo que se optó por utilizar el paquete de programación LINDO 6.1 para obtener el mejor resultado. En el modelo de transporte de mercado cerrado se consideró solo la producción nacional y el consumo interno. Se buscó distribuir de manera óptima la fruta de aquellas entidades con producción excedente. Para la solución al modelo de mercado cerrado, una vez identificados los orígenes, la cantidad que ofrecen, los destinos de la guayaba demandada y los costos de transporte por tonelada se formuló el modelo para mercado cerrado. Para el caso de mercado abierto solo se tomarán los datos de las demandas exteriores, así como los costos para transportar el producto.

## **Conclusiones**

La modelación logística se da por la asignación de funciones matemáticas objetivo, que permite minimizar costos y maximizar la distribución de acuerdo con la demanda solicitada por los estados deficitarios.

### **3.3 Modelo de transporte para la distribución de cacao en México**

Este modelo fue elaborado por Rivera y Gutiérrez (2019) y tiene como objetivo formular un modelo de transporte que optimice la distribución del cacao en México minimizando el costo del transporte, tanto para una economía cerrada, como para una economía abierta. Se utilizó programación lineal para resolver el problema del transporte, dado que permite determinar la manera óptima de trasladar bienes, minimizando los costos totales de distribución.

La hipótesis de partida fue que la producción nacional de cacao únicamente pudo abastecer la demanda de los estados del sur del país, dada la cercanía geográfica que guardan con respecto a los estados productores.

Dentro de las aplicaciones de la programación lineal destaca el problema del transporte cuya finalidad es determinar la manera óptima de trasladar bienes, puesto que “la transportación generalmente representa el elemento individual más importante en los costos de logística para la mayoría de las empresas. Se ha observado que el movimiento de carga absorbe entre uno y dos tercios de los costos totales de logística (Hillier y Lieberman, 2010).

La propiedad de soluciones enteras establece que para los problemas de transporte en los que  $X_i$  y  $X_j$  tienen un valor entero, todas las variables básicas (asignaciones), en toda la solución básica factible (incluyendo la óptima), tienen también valores enteros (Ibid, 2010).

Para determinar que estados de México son deficitarios o superavitarios en el consumo de cacao se calculó el consumo aparente nacional, el resultado se dividió entre la población nacional para obtener el consumo aparente per cápita. El dato obtenido fue multiplicado por la población de cada estado y con ello se estimó su consumo. La producción menos la demanda de este grano determinó si el estado es oferente o demandante de cacao. Las fórmulas utilizadas fueron las siguientes:

**Consumo aparente nacional= producción + importación - exportación**

Donde: consumo aparente nacional= es la cantidad demandada de cacao en toneladas por parte del mercado mexicano.

Para determinar el consumo aparente per cápita:

**Consumo aparente per cápita= Consumo aparente / Población nacional**

Los costos de transporte se estimaron a partir de la versión de prueba del Software GlobalMap “Rutas de Autotransporte Carreteras de México 2018”. Se calcularon para un transporte tipo T3-C2 que, de acuerdo con la NOM-012-SCT-

2-2017, tiene una capacidad de 30 t (DOF, 2017). Por lo que las cantidades deficitarias o superavitarias empleadas en el modelo se presentan en unidades tráiler.

### **Conclusiones**

Para poder cubrir la demanda nacional de cacao se debe recurrir a los mercados extranjeros, por lo que el puerto de Lázaro Cárdenas, Jalisco, resultó ser una opción viable, mientras que el Puerto Progreso, Yucatán únicamente fue factible para abastecer la demanda de su estado y, por tanto, no es opción viable para la importación de cacao.

Se recomienda realizar el modelo de transporte considerando la demanda agroindustrial de este cultivo en cada estado puesto que, al ser un cultivo que forma parte de la cadena de producción del chocolate, la industria tiene gran peso en la demanda de éste. Además, se puede correr un nuevo modelo considerando otros puertos en el Golfo de México.

## **CAPITULO IV ASPECTOS GENERALES DEL AGUACATE**

### **4.1 Características generales del producto aguacate**

#### **4.1.1 Requerimientos climáticos**

**Temperatura:** la temperatura para el cultivo del aguacate va de los 17 a 24 °C, siendo la temperatura ideal en alrededor de 20°C, temperatura en la cual alcanza su óptimo desarrollo.

**Humedad:** el aguacate requiere regímenes pluviales de 1,000 a 2,000 milímetros de lluvia. Durante la época productiva, el riego localizado prolonga el periodo

productivo e incrementa los rendimientos en alrededor del 30% y mejora las cualidades organolépticas de los frutos.

**Suelo:** para sembrar el aguacate, el suelo más recomendado son los de textura ligera y profunda bien drenada con un pH neutro o ligeramente ácidos de 5.5 a 7. También, se pueden cultivar en suelos arcillosos o franco arcillosos, siempre que exista un buen drenaje. El exceso de humedad es un medio que provoca enfermedades de la raíz, fisiológicas y fúngicas.

**Terreno:** el terreno destinado al cultivo debe contar con buena protección natural contra el viento, porque este puede producir daños como: rotura de ramas, raíz y caída del fruto, especialmente cuando están pequeños, además, el viento reduce la humedad, las flores se deshidratan e interfiere con la polinización.

#### 4.1.2 Plagas del aguacate

**Gusano barrenador de hueso (*Heilipus lauris Boheman*):** la hembra deposita sus huevecillos bajo la epidermis del fruto en desarrollo, la larva se introduce en la pulpa hasta llegar al hueso. El daño principal lo ocasiona al alimentarse del hueso, provocando la caída prematura del fruto, lo que puede provocar la pérdida total en la producción.

**Trips del aguacate (*Heliethrips haemorrhoidalis*):** ocasiona daños en frutos y flores, ocasionándoles malformaciones; inhibe la fecundación de flores al lesionar los órganos sexuales; origina la caída de éstas y deteriora mucho a los frutos recién formados por la aparición de alteraciones irregulares en la cáscara.

**Araña de cristal (*Oligonychus*):** esta plaga se presenta en época seca, los adultos succionan los jugos de las hojas, produciendo manchas amarillentas en las mismas. En casos severos, los árboles se debilitan y tiran sus hojas.

**Taladrador del tronco (*Copturomimus perseae gunther*):** esta plaga come la madera de troncos, ramas y nuevos brotes, ocasionando regularmente que las

ramas se trocen por el peso de la fruta. Las zonas dañadas son fáciles de detectar por la presencia de aserrín en polvo.

**Ácaro de las agallas (Eriophyes):** Su ataque provoca la paralización del desarrollo del fruto, produce daños severos formando protuberancias (agallas) en las hojas.

#### **4.1.3 Razas de aguacate**

Generalmente, se identifican tres razas de aguacate: mexicana, guatemalteca y antillana.

La raza mexicana tiene como principal característica ser muy resistente al frío, así como también su alto contenido de aceite. El tamaño del fruto es variable, con tendencia a pequeño.

La raza guatemalteca posee un fruto de tamaño pequeño y forma redonda, cuya característica principal es su cáscara gruesa.

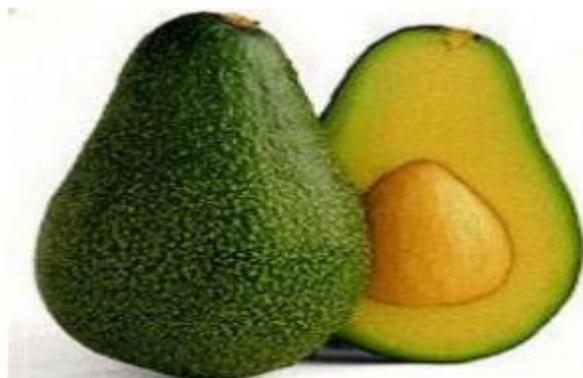
La raza Antillana se adapta a clima tropical y es más tolerante a la salinidad, también tiene un lapso de flor a fruto bastante corto y el tamaño de su fruto es mayor que las otras razas.

#### **4.1.4 Clases de aguacate**

**Hass:** Cuando está maduro, su cáscara adquiere un tono oscuro, casi negro. Su piel pasa de verde oscuro a verde purpurino. Tiene un gran sabor a nuez y avellana, con textura suave-cremosa y una semilla de pequeña a mediana. Disponible durante todo el año. El aguacate Hass proviene de injerto, mezcla de diferentes variedades de aguacate, desarrollado por Rudolph Hass.



**Fuerte:** Su cáscara es gruesa, comparada con otras especies y no se oscurece con la maduración. Su piel es ligeramente áspera, con muchos pequeños puntos amarillos. Se le puede encontrar desde finales de otoño hasta primavera. Tienen la forma de una pera, de buen sabor y pulpa cremosa.



**Criollo:** Se caracteriza por tener una cáscara muy delgada y suave, que se aferra a la masa, además, un hueso muy grande. El color de su cáscara es oscuro y su pulpa al madurar adopta un color amarillo-limón. Tiene entre sus principales características ser resistente al frío.



**Bacon:** Fruta disponible durante otoño hasta primavera. El fruto es de forma ovalada, pulpa amarilla verdosa que tiene un buen sabor con textura suave. Es fácil de pelar y contiene un hueso mediano a grande. Al madurar, la piel de este fruto toma un color más oscuro.



**Pinkerton:** Tiene cosecha temprana, redondo, con cuello en forma de pera, de tamaño medio. Se trata de una fruta de apariencia larga, pulpa cremosa con excelente sabor. Tiene una cáscara más gruesa que las diferentes clases de aguacate, además es muy fácil de pelar. Se le encuentra de invierno hasta primavera.



**Gwen:** Se le encuentra desde principios de primavera hasta finales de verano. Es una fruta redonda, la piel es delgada y granulada de color verde. El sabor de la pulpa es suave y cremoso.



**Reed:** Disponible en verano e inicios de otoño. Su piel permanece gruesa y verde, tienen buen sabor, presenta una suave presión cuando está madura. Es fácil de pelar y contiene una semilla mediana.



#### 4.2 Breve revisión histórica del aguacate en México

Existe evidencia del consumo de aguacate en México desde épocas cercanas a 10 000 años A.C, en inscripciones en el interior de algunas cuevas en Coxcatlán, en el estado de Puebla. El aguacate era ofrecido como tributo a los aztecas, principalmente por el pueblo de Ahuacatlan, toponímico que, según el Códice Mendocino, significa “el lugar donde abunda el aguacate”. En la época de la conquista el aguacate fue introducido en diferentes regiones de América y Europa. Al principio las razas mexicana y Antillana fueron predominantes; y posteriormente, durante las décadas de los setenta del siglo XX, el cultivo del aguacate se diversificó en diferentes variedades: Hass, Fuerte, Bacon, Rincón y Criollo (Torres Preciado,2009).

Al revisar la evolución de la estructura de la producción se observa que algunos países han consolidado su importancia, en tanto que otros han sido desplazados. Entre los primeros resalta México, que desde hace varios años figura como el principal productor y se ha ido afianzando en dicha posición (Ibid, 2009).

Por su parte, tres países que han incrementado su presencia en la producción mundial de forma notoria son Indonesia, Colombia y Chile. De igual manera España, Kenia, Sudáfrica y Australia incrementaron su participación en la producción mundial de aguacate, aunque a un ritmo más lento. Resalta la aparición de China, ya que cuenta con un amplio potencial para convertirse en un productor importante a escala mundial ya que dispone de grandes extensiones de tierra, condiciones climatológicas adecuadas y disponibilidad del factor trabajo.

La mayor proporción de la producción aún se destina al mercado interno de cada país, sin embargo, al haber un cambio en las preferencias de consumo de aguacate permite explicar algunos rasgos que delinean la dinámica del mercado mundial de este fruto, en particular: parte del incremento sostenido en la producción mundial de aguacate y en el incremento en la proporción de la producción destinada a la exportación. Es decir, además de satisfacer el mercado interno de cada país, la producción tuvo que aumentar para satisfacer tanto el consumo en países que recién lo han adoptado en su dieta, como el de aquellos

que han decidido consumirlo. Esto se refleja en un incremento en la proporción de la producción destinada a las exportaciones, de tal forma que éstas parecen impulsar el crecimiento de la producción mundial de aguacate.

Es importante señalar que la incursión de México en el mercado de exportaciones de aguacate ocurrió en medio de restricciones comerciales severas. Después de un largo embargo en el mercado estadounidense por motivos fitosanitarios, en 1997 se levanta parcialmente dicho embargo en el marco del Programa Bilateral de Exportación de Aguacate Hass Mexicano a los Estados Unidos de Norteamérica, que permitió exportar a todos los estados de este país con excepción de California, Hawái y Florida. Dicho programa establece que es a partir de 2007 cuando será posible exportar al total de estados (Echanove,2008).

Al revisar la evolución de la estructura de exportaciones de aguacate se observa, al igual que en la producción mundial, una concentración en un número aún más reducido de países. Por ejemplo, en 2006 doce países concentraron 95.4% de las exportaciones mundiales de aguacate. Sobresale México con 35.9% del total

Las exportaciones mexicanas de aguacate comenzaron a crecer de manera sostenida a partir de mediados de los años ochenta: De acuerdo con datos de FAO en 1986 México exportó apenas 3 876 toneladas con un valor aproximado de 2 millones de dólares, pero a partir de entonces su crecimiento ha sido exponencial llegando a un máximo en 1996 con 78 556 toneladas. En 1997 hubo una reducción en volumen debido a las heladas del año anterior exportándose 49 824 toneladas (Ibid,2008).

Actualmente México ocupa el primer lugar en volumen, las razones de este relativo éxito exportador son varias: la gran capacidad de producción de México, las ventajas de costo salarial y de clima y sin grandes problemas de agua, el mejoramiento de las prácticas agrícolas, mejor control fitosanitario de los huertos y la participación de empresas especializadas en la comercialización.

Parece haber consenso que una de las razones principales del crecimiento de las exportaciones mexicanas es su mayor competitividad en relación con otros

países. No obstante, existen escasos estudios que analicen en forma cuantitativa cual es el nivel y evolución de la competitividad de los aguacates mexicanos y cuál es su contribución al desempeño exportador reciente.

### 4.3 Perspectiva nacional de la producción de aguacate en México

Según datos del SIAP en México las variedades registradas de aguacate son: Hass, criollo, Hass orgánico, fuerte, sin clasificar y de manera local el aguacate pagua<sup>2</sup>.

Es de notar que, como se observa en la Tabla 1, del total de la producción de aguacate el 92.2% corresponde a la variedad Hass, esta variedad es específicamente para exportación, además por su consistencia, cáscara rugosa y sabor es la preferida de los mexicanos, por lo anterior ha ido desplazando la producción y consumo de las demás variedades a lo largo de los años.

La segunda variedad en importancia es la de Hass orgánico la cual representa el 5.1 % de la producción total de aguacate. Esta ha cobrado relevancia debido a nuevos consumidores con estándares de consumo más exigentes, que demandan productos más naturales y que utilicen cada vez menos insumos químicos en su proceso de producción.

En tercer lugar, figura la variedad criolla con un 2.1 % de la producción total se produce principalmente en los estados de Yucatán, Nayarit, Puebla y en menor medida en el resto del país.

Finalmente se encuentran las variedades Fuerte, Sin Clasificar, Hass malla sombra y Pagua que en conjunto no superan el 1% de la producción total.

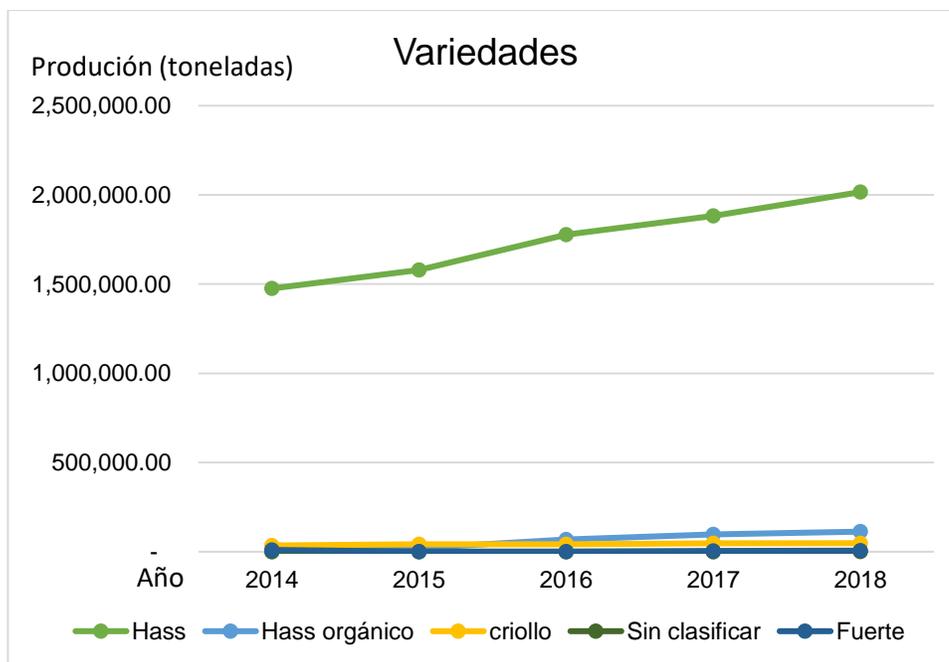
**Tabla 1: Producción de aguacate por variedad en toneladas, año 2018.**

Estado	Hass	Fuerte	Criollo	Hass orgánico	Sin clasificar	Producción total
--------	------	--------	---------	---------------	----------------	------------------

<sup>2</sup> De este no se tienen registrados datos de producción, solo se consume en mercados regionales

Aguascalientes			278			278
Baja California	243.4					243.4
B. California Sur	413	294				707
Campeche			774.1			774.1
Chiapas	15,800.6		982.1			16,782.8
Colima	7,533.9					7,533.9
Durango	3,823.1		215.7			4,038.9
Guanajuato	326.2		1,433.1			1,759.3
Guerrero	19,829.7		5,016.3			24,846.1
Hidalgo	1,743.2		1,844.1			3,587.3
Jalisco	200,514.0		1,290.3			201,804.3
México	97,156.9	175.8	473.0			97,805.8
Michoacán	1,561,572.6		725	112,557.3		1,674,855.0
Morelos	34,873.6	4,378.67	4,391.7			43,644.0
Nayarit	49,565.7		7,834.5	162.7		57,563.0
Nuevo León			3,009.1			3,009.1
Oaxaca	6,556.1	525	2,610.7			9,691.8
Puebla	9,002.7	509.9	5,702.1			15,214.8
Querétaro	161.1	258.4				419.5
San Luis Potosí	77.7		114.9			192.6
Sinaloa			135.5			135.5
Sonora	360.1					360.1
Tabasco			350.4			350.4
Tlaxcala	174.5					174.5
Veracruz	5,800.0		1,648.2			7,448.2
Yucatán		301.4	9,073.1		1,748.8	11,123.4
Zacatecas	210.3		109			319.3
<b>Total</b>	<b>2,015,739.1</b>	<b>6,443.1</b>	<b>48,011.7</b>	<b>112,720.1</b>	<b>1,748.8</b>	<b>2,184,663</b>

Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP 2018.



**Figura 1: Evolución de la producción de las variedades de aguacate.**

Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP 2018.

Como se observa en la tabla 2 la variedad Hass es por mucho la más importante debido al incremento de la demanda en diferentes partes del mundo, por lo tanto, los productores locales que siembran variedades nativas están desplazando esas variedades por la variedad Hass. En la tabla anterior se ilustra como se ha comportado la producción de las distintas variedades en el periodo que comprende de 2014-2018.

#### 4.3.1 Mercadotecnia del aguacate mexicano

La relativa rapidez con que los productores nacionales han reaccionado ante la oportunidad de exportar hacia Estados Unidos parece sustentarse en dos razones: por un lado, el esfuerzo por llevar a cabo una reconversión productiva en sustitución de otros productos agrícolas a favor de la producción de aguacate, y por otro, la notoria aparición de empresas transnacionales extranjeras que exportan aguacate hacia Estados Unidos (Torres Preciado, 2009).

Respecto a la primera razón, se observa que el grueso de la producción se concentra solamente en el estado de Michoacán; cuya principal agroindustria es la del aguacate, produce por sí solo más del 80% de la producción total nacional; es decir, es prácticamente responsable tanto de la producción como de la exportación nacional de aguacate. El segundo estado en importancia es Jalisco con una participación de 4.5% en la producción nacional de aguacate.

En 2006, había 55 empresas dedicadas a la exportación de aguacate en el estado de Michoacán, de las que solamente 23 tenían como objetivo el mercado de Estados Unidos. En este rubro coexisten empresas trasnacionales y nacionales, por ejemplo, en ese año operaban en el estado las empresas extranjeras trasnacionales Mission de México, Calavo, Fresh Directions, Chiquita, Wes Park y Del Monte. Se estima que 45% del volumen de aguacate exportado hacia Estados Unidos fue realizado por ellas, sin embargo, la relación comercial que mantienen con empresas nacionales ubicadas en Michoacán lleva a estimaciones que alcanzan 80% del total exportado (Echánove, 2008).

Esto se debe a que las empresas trasnacionales contratan a algunas nacionales para clasificar y empacar la fruta mediante un proceso de maquila; otro proceso consiste en que las trasnacionales compran la fruta propiedad de las nacionales y les pagan también por la clasificación y el empaque. En ambos casos la exportación aparece registrada con origen nacional (Ibid, 2008).

Con base en lo anterior, el panorama que emerge acerca de la distribución de las ganancias por apertura del mercado estadounidense del aguacate es de gran desigualdad, e incluso, al parecer las principales ganadoras son precisamente las empresas estadounidenses que se instalan en territorio mexicano. A continuación, se describe esta situación:

a) a nivel regional, solamente un estado parece absorber las ganancias de la exportación para aguacate hacia Estados Unidos, mientras el resto de los estados atienden principalmente el mercado interno;

b) en Michoacán sólo algunos productores tienen acceso a los beneficios de acceder al mercado estadounidense; al respecto la Asociación de Productores y Exportadores de Aguacate de Michoacán, A.C (APEAM) parece funcionar como una importante puerta de entrada a dicho mercado, principalmente para los pequeños productores;

c) la operación de trasnacionales extranjeras con un importante volumen de exportación de aguacate hacia Estados Unidos (y otros países) parece indicar que ni siquiera las empresas nacionales que forman parte de la APEAM tienen acceso a la totalidad de beneficios que resultan de la apertura comercial, puesto que varias operan para complementar las actividades de exportación de las trasnacionales.

#### **4.3.2 Calibres de aguacate Hass para exportación**

De acuerdo con la APEAM el aguacate Hass debe cumplir con ciertas características para su exportación a los distintos mercados como se muestra en la tabla siguiente:

**Tabla 2: Características de los calibres de aguacate Hass.**

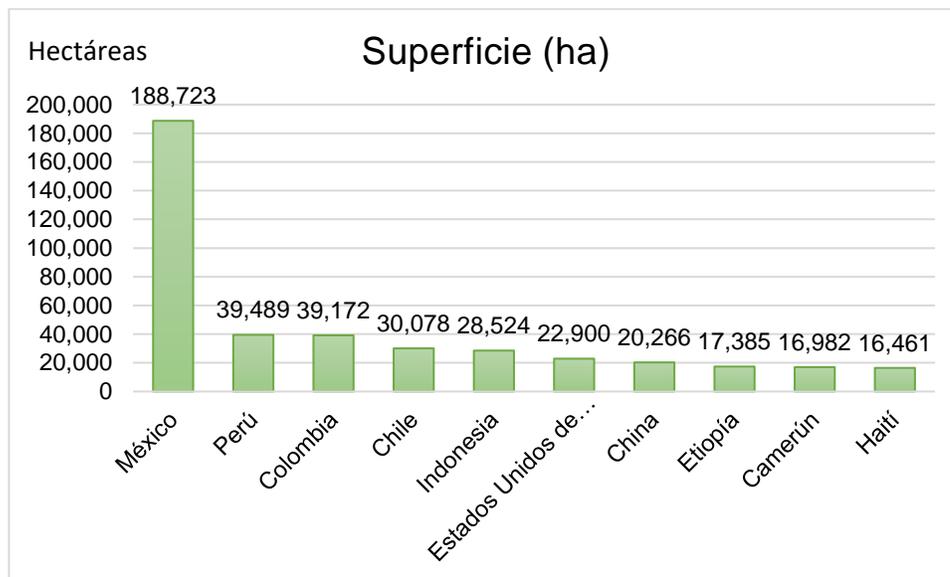
<b>Calibre</b>	<b>Peso en gramos</b>
Calibre 36's	300 a 350
Calibre 40's	265 a 300
Calibre 48's	205 a 265
Calibre 60's	170 a 205
Calibre 70's	150 a 170

Fuente: Elaboración propia con datos de la APEAM 2018.

El calibre 70 corresponde a la calidad mediana, el de 60 a la de primera, el de 48 a la calidad extra y el calibre 40 y 36 a la calidad super extra. Aunque los dos primeros cumplen con el peso requerido para exportación, México solo exporta el calibre 48, 40 y 36.

#### 4.4 Panorama del mercado mundial

De acuerdo con datos de la FAOSTAT 2017 dentro de los principales países que siembran en mayor cantidad el aguacate en mayor superficie se encuentran: México, Perú, Colombia, Chile, Estados Unidos, China y China. Como se observa México es por mucho el que mayor superficie destina a la producción de aguacate.

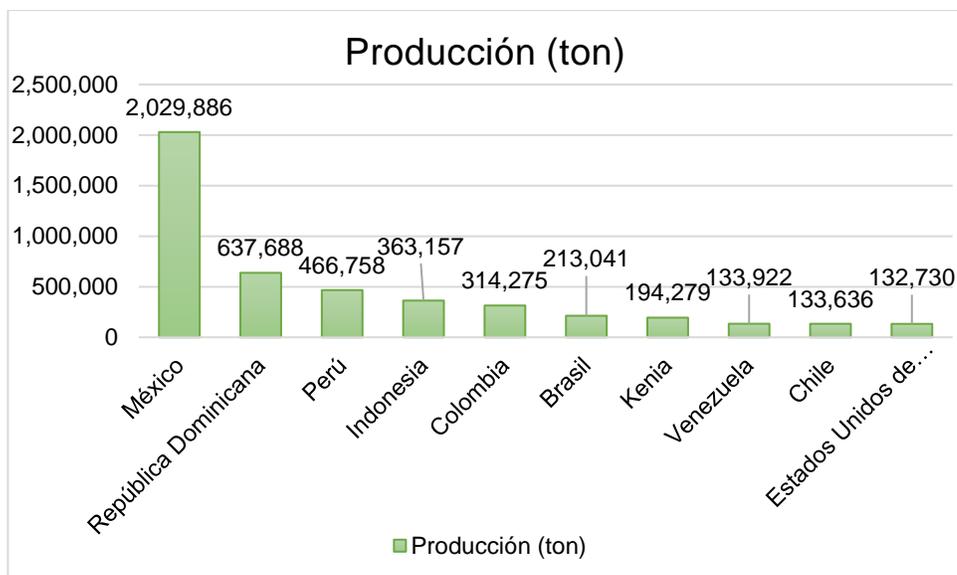


**Figura 2: Países con mayor superficie de aguacate, año 2017.**

Fuente: Elaboración propia con datos de FAOSTAT 2017.

##### 4.4.1 Producción

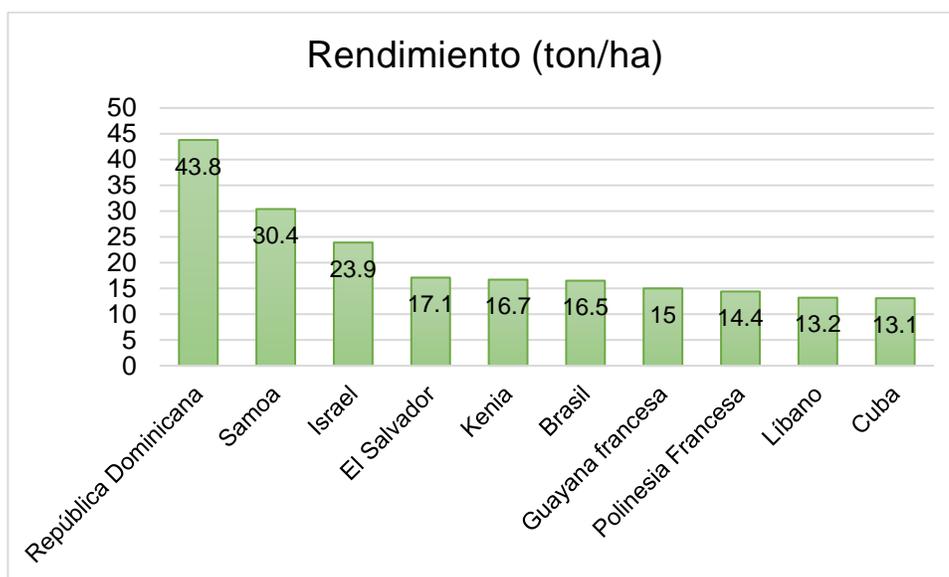
En el contexto mundial, 20 países productores de aguacate produjeron 3.5 millones de toneladas (mt) durante el 2017, según datos de la FAOSTAT. Los principales países que cultivan aguacate son, en orden de importancia: México, Perú, Colombia, Chile, Indonesia, Estados Unidos, China y Etiopía.



**Figura 3: Países con mayor producción de aguacate, año 2017.**

Fuente: Elaboración propia con datos de FAOSTAT 2017.

#### 4.4.2 Rendimientos



**Figura 4: Países con mayor rendimiento de aguacate, año 2018.**

Fuente: Elaboración propia con datos de FAOSTAT 2018 .

Respecto al rendimiento dentro de los principales países que siembran aguacate países como Dominicana, Samoa, Palestina (Israel), El Salvador, Kenia, Brasil, entre otros marcan la pauta con los mayores rendimientos, es de mayor la atención porque estos países no figuran dentro de los países con mayor superficie sembrada, por lo tanto representan una seria amenaza para nuestro país ya que de incrementar el número de hectáreas sembradas en el largo plazo cobrarían terreno en las exportaciones sobre todo por su cercanía a los grandes mercados demandantes de aguacate.

#### 4.4.3 Comercio internacional

En 2018, los principales países importadores de aguacate fueron EE. UU. (40.6%), Países Bajos (8.9%) Francia (6.8%), Alemania (5.3%) y España (4.6%), los cuales concentran 66.2% de las importaciones totales (ITC 2018).

Llama la atención que tanto Países Bajos como España figuran dentro de los principales países importadores y exportadores al mismo tiempo.

**Tabla 3: Principales países importadores de aguacate, año 2018.**

Países importadores	Valor importado (miles de USD)	Volumen (toneladas)	Participación (%)
<b>Mundo</b>	<b>6,029,549</b>	<b>2491194</b>	<b>100</b>
EE. UU.	2,448,439	1,038,111	40.6
Países Bajos	538,633	258,284	8.9
Francia	409,856	157,486	6.8
Alemania	317,810	92,765	5.3
España	280,312	129,326	4.6
Reino Unido	267,328	117,663	4.4
Canadá	223,320	94,208	3.7
Japón	218,160	74,096	3.6
China	133,380	43,859	2.2

Bélgica	77,548	27,949	1.3
Suecia	71,200	21,210	1.2
Dinamarca	62,891	17,441	1
Noruega	59,670	12,779	1
Rusia	59,010	29,242	1
Hong Kong, China	58,318	24,290	1
Suiza	57,409	15,528	1

Fuente: ITC, 2018.

**Tabla 4: Principales países importadores del aguacate mexicano (en toneladas), año 2018.**

<b>Países importadores</b>	<b>Valor exportado (miles de USD)</b>	<b>Volumen (toneladas)</b>	<b>Participación (%)</b>
Mundo	2,391,963	1,091,937	100
EE. UU.	1,776,316	814,817	74.3
Canadá	197,302	89,134	8.2
Japón	147,300	66,210	6.2
Países Bajos	42,801	16,765	1.8
España	35,086	15,852	1.5
Singapur	31,607	14,499	1.3
Francia	30,875	14,766	1.3
China	27,413	12,202	1.1
El Salvador	25,338	11,769	1.1
Honduras	25,015	11,663	1
Reino Unido	9,868	5,036	0.4
Hong Kong, China	9,864	4,300	0.4
Chile	8,231	3,824	0.3

Guatemala	8,094	3,679	0.3
Corea del Sur	4,424	2,046	0.2

Fuente: ITC,2018.

Como se observa en la tabla, Estados Unidos es el principal mercado de las exportaciones mexicanas con el 74.3 %, le sigue Canadá (8.2%) y Japón (6.2%), este último es un destino que ha cobrado relevancia en los últimos 3 años.

Por otra parte, entre los principales países exportadores de aguacate se encuentra México, el cual participa con el 43% del mercado, le siguen en menor medida Holanda (13.2%), Perú (13%) y España (6.2%).

**Tabla 5: Principales países exportadores de aguacate (en miles de toneladas), año 2018.**

<b>Exportadores</b>	<b>Valor exportado (miles de USD)</b>	<b>Volumen (Toneladas)</b>	<b>Participación (%)</b>
Mundo	5,562,760	2,432,822	100
México	2,391,963	1,091,937	43
Países Bajos	733,782	246,319	13.2
Perú	722,310	359,428	13
España	346,918	108,033	6.2
Chile	323,195	132,525	5.8
EE. UU.	179,635	68,477	3.2
Kenia	118,303	71,877	2.1
Sudáfrica	116,722	89,343	2.1
Nueva Zelandia	71,478	16,569	1.3
Colombia	62,732	30,009	1.1
Francia	62,160	21,766	1.1
Israel	59,778	18,343	1.1
Rep. Dominicana	59,177	34,462	1.1

Marruecos	56,679	16,946	1
Alemania	53,241	15,136	1

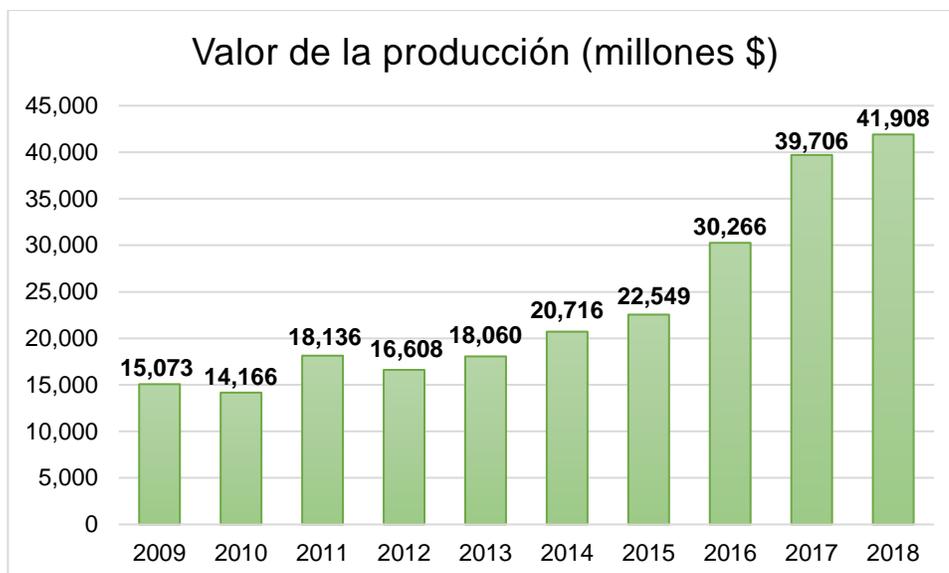
Fuente: ITC, 2018.

Como se observa en la tabla, México es el que marca la pauta en cuanto a valor de la exportación y toneladas exportadas de aguacate, esto gracias a la cercanía con países como Estados Unidos y Canadá que son de los principales consumidores, en gran medida por la gran cantidad de comunidad latina que existe en esos países. Su competidor más cercano es Perú, ya que en los últimos años ha aumentado su producción y exportación, principalmente a Europa, donde su producción ingresa libre de aranceles.

#### **4.5 Situación del consumo y exportación del aguacate mexicano**

En 2018, el Consumo Nacional Aparente de aguacate en México ascendió a 1,092,726 toneladas. La producción nacional muestra un dinamismo de crecimiento promedio de 4% en el periodo 2009-2018, su monto es suficiente para abastecer el consumo interno. En cuanto a las exportaciones México aporta 3 de cada 10 toneladas de aguacate que se producen en el mundo. El estado de Michoacán aporta el 85.9% de la exportación total del fruto que genera el país, es decir que, a nivel nacional, Michoacán aporta 8 de cada 10 toneladas que se producen en México, consolidándose como el líder productor de aguacate en la República Mexicana. Los estados que siguen en mayor producción son: Estado de México, Jalisco, Nayarit y Morelos, generando en conjunto el 95% de la producción nacional.

Sin embargo, el consumo de aguacate a nivel mundial ha crecido de manera acelerada en los últimos años; se estima que la demanda crece a un ritmo de 200,000 toneladas anuales y actualmente no hay producción suficiente en el mundo, para atender esos incrementos. Adicionalmente, la participación de las exportaciones en la producción muestra una tendencia ascendente en el periodo 2009-2018 como se muestra en la siguiente gráfica:

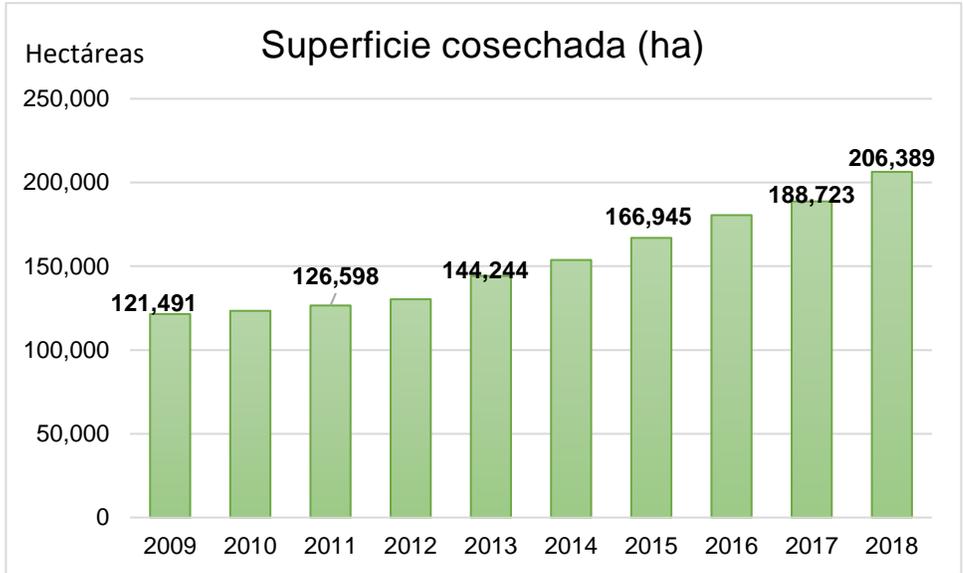


**Figura 5: Valor de las exportaciones mexicanas de aguacate, años 2009-2018.**

Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP 2018.

#### **4.6 Superficie sembrada, rendimientos y producción.**

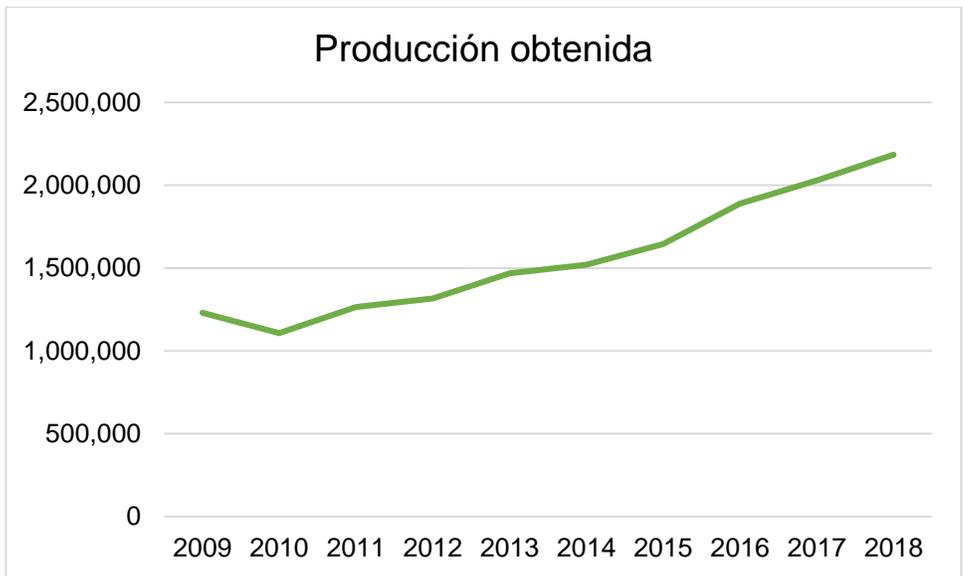
La superficie sembrada de aguacate en el país alcanzó las 231,524 hectáreas en 2018, después de un periodo de expansión que comenzó en 2009. Dicha expansión fue principalmente en su modalidad de temporal, la cual creció a una TMCA de 8 %, mientras que la superficie de riego sólo creció 2 % en dicho periodo, para alcanzar sus niveles de los años de la década de los 90, lo anterior provocó un buen dinamismo de la producción en el periodo 2009-2018. La superficie de riego representó en 2018, 40.5% de la total mientras que la de temporal lo hizo en 59.5% (SIAP, 2018).



**Figura 6: Evolución de la superficie cosechada de aguacate, años 2009-2018.**

Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP 2018.

Al igual que la superficie sembrada la superficie cosechada ha ido en aumento tal como se observa en la tabla 8.



**Figura 7: Evolución de la producción de aguacate, 2009-2018.**

Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP 2018.

Desde el año 2009 la producción de aguacate va en aumento con una ligera caída en el año 2010 la cual se debe a las plagas que afectaron a la producción. De 2013 a la fecha año con año aumenta a pasos agigantados debido al cuidado e inversiones que se le hacen al cultivo para aumentar la producción.

Como se observa líneas abajo, los estados de Michoacán, Jalisco, Estado de México y Nayarit comandan la lista en cuanto a la superficie sembrada (ha),-así como la producción obtenida (ton) y valor de la producción (miles de pesos). Michoacán tiene un amplio margen de ventaja en cuanto a superficie, producción obtenida y valor de la producción respecto a los demás estados.

**Tabla 6: Superficie, producción y rendimiento por estado, año 2018.**

Estado	Superficie (ha)		Producción en toneladas	Rendimiento (ton/ha)
	Sembrada	Cosechada		
Nacional	231,524.0	206,388.9	2,184,663.1	10.5
Michoacán	166,603.8	152,399.5	1,674,855.0	10.9
Jalisco	22,528.8	18,661.7	201,804.3	10.8
México	10,457.6	8,899.1	97,805.8	10.9
Nayarit	7,062.5	6,318.4	57,563.0	9.1
Morelos	5,432.7	5,319.7	43,644.0	8.
Guerrero	4,298.8	3,456.9	24,846.1	7.1
Chiapas	3,261.4	2,325.4	16,782.8	7.2
Oaxaca	3,223.5	1,972.4	9,691.8	4.9
Puebla	2,805.4	2,105.5	15,214.9	7.2
Durango	1,077.2	1,042.2	4,038.9	3.8
Veracruz	962	707	7,448.2	10.5
Hidalgo	871.7	522.2	3,587.3	6.8

Colima	773.5	721.5	7,533.9	10.4
Nuevo León	681.1	679.3	3,009.1	4.4
Yucatán	457.1	440.1	11,123.4	25.2

Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP 2018.

En cuanto a los rendimientos por estados es de mayor la atención que no es Michoacán, Jalisco o los estados arriba mencionados los que tienen mejores rendimientos, sino el estado de Yucatán (25.3 ton/ha) y Sonora (12 ton/ha) por lo tanto en estos dos estados existe un potencial muy grande para incrementar la superficie destinada a este fruto ya que en el caso de Yucatán las condiciones climatológicas son las idóneas para aumentar el área cosechada y en el caso de Sonora cuentan con la tecnología adecuada para competir con los principales estados productores, además que la cercanía de Sonora con el mercado de Estados Unidos permite reducir drásticamente los costos de transporte por lo cual existe un gran potencial que explotar.

**Tabla 7: Valor de la producción por estado, año 2018.**

Orden	Estado	Valor de la producción (millones \$)
1	Michoacán	34,405
2	Jalisco	3,072
3	México	1,725
4	Nayarit	807
5	Morelos	540
6	Chiapas	261
7	Guerrero	258
8	Puebla	180
9	Oaxaca	138

10	Colima	125
----	--------	-----

Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP 2018.

Respecto al valor de la producción se observa que Michoacán es el pionero en cuanto a los ingresos generados por este fruto, esto en gran medida a que la su producción está enfocada hacia la exportación al mercado de Estados Unidos o Canadá por lo que representa ingresos en dólares, caso contrario para los demás estados que toda su producción va destinada al mercado nacional o para consumo local.

#### 4.7 Principales municipios productores de aguacate, año 2018.

**Tabla 8: Producción por municipios, año 2018.**

Orden	Municipio	Valor de la producción (millones de \$)
1	Tancítaro	4,960
2	Salvador Escalante	3,907
3	Uruapan	3,850
4	Ario	3,577
5	Tacámbaro	3,367
6	Peribán	3,091
7	Nuevo Parangaricutiro	1,585
8	Los Reyes	1,401
9	Tingüindín	1,250
10	Turicato	1,055

Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP 2018.

De manera más específica en las tabla 11 se observa que los municipios de Michoacán cuentan con la mayor producción obtenida así como también mayor valor de la producción, esto gracias a las fuertes inversiones que se realizan año con año para aumentar las áreas cosechadas.

Respecto a la estacionalidad el aguacate es un cultivo perenne ya que se produce en todos los meses del año.

Desde el año 2009 al 2018, el volumen de producción se ha incrementado a una tasa media anual de 2.9%, sin embargo, para 2018<sup>3</sup> se observa un crecimiento mayor a ese promedio, de 11.5%, debido principalmente a la mayor superficie destinada a su cultivo. El 57% del volumen es de temporal y el restante 43% de riego. Mientras que el rendimiento de temporal alcanza 9.6 ton/ha, el de riego alcanza 11.1 ton/ha, 13% más que el primero.

#### **4.8 Precio al consumidor del producto aguacate en México**

La creciente popularidad y consumo del aguacate mexicano en el exterior, principalmente en los Estados Unidos de Norteamérica, combinado con algunas etapas de baja producción, ha dado lugar a un excesivo aumento del precio de este fruto extraordinario en el mercado nacional. La gráfica siguiente nos permite apreciar de qué manera se han movido los precios promedio, al menudeo, en el mercado nacional.

---

<sup>3</sup> Según datos de SIAP- SAGARPA, en el 2018 se produjo 2,184,663 toneladas de aguacate en México.



**Figura 8: Precios al menudeo del aguacate en México, 2018-2019.**

Fuente: Elaboración propia con datos del SNIIM, 2019.

#### 4.9 Comercialización

El sistema de comercialización del aguacate está compuesto por un flujo del producto en el cual se involucran una serie de empresas e instituciones mediante la prestación de servicios de transporte, almacenamiento, empaque, distribución y publicidad, entre otras; con el propósito de que el aguacate vaya desde la huerta hasta la mesa del consumidor final. Este sistema de comercialización del aguacate es complejo y muy costoso, por esta razón tradicionalmente no ha estado en manos de los productores, salvo algunas excepciones, es una actividad ajena a los mismos.

México exportó en 2018 alrededor del 50% de su producción total, principalmente a Estados Unidos, Japón y Canadá; desde la temporada 1989-90 se consolidó la exportación de guacamole o pasta de aguacate congelada a Estados Unidos.

Los términos arancelarios y plazos de desgravación para el aguacate negociado en el marco del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) son los siguientes: Para el caso México-Estados Unidos; el aguacate mexicano tiene acceso al mercado de Estados Unidos con un arancel de 13.2 centavos de dólar

por kilogramo, con un periodo de desgravación de 10 años a partir de la entrada en vigor del TLC, por lo que actualmente está totalmente desgravado.

Respecto a los mercados nacionales, los principales centros de distribución del producto se encuentran en las ciudades de México,- (central de abastos de Iztapalapa, Cd de México,Guadalajara, Monterrey) y de manera secundaria, Cd. Juárez, Torreón, San Luis Potosí, León, Aguascalientes y Nuevo Laredo.

La comercialización del aguacate se realiza a través de centros de acopio y emparadoras privadas. La mayor cantidad y capacidad instalada de centros de acopio y emparadoras para el mercado nacional e internacional se encuentran en Uruapan, Peribán y Tacámbaro. En total, estas tres poblaciones suman una comercialización aproximadamente del 75% de la producción total del Estado de Michoacán. El consumo nacional de aguacate se encuentra muy extendido, los principales consumidores son: Puebla, Jalisco, México, Ciudad de México, Tamaulipas, San Luis Potosí, Chihuahua, Guanajuato, Baja California y Michoacán.

La comercialización del aguacate que se produce en el Estado de Michoacán, concurre al mercado por medio de los siguientes canales: intermediario local, intermediario de otras ciudades, empaadora local, comisionistas y en forma directa a centros de abasto. La mayor parte de la producción de Michoacán es consumida en el mercado nacional, y el restante se exporta como fruta fresca, pulpa congelada o aceite refinado.

## **CAPITULO V METODOLOGÍA**

La metodología empleada para este trabajo incluye tres métodos de investigación: deductiva, inductiva y método estadístico ya que así lo requiere la investigación.

## **5.1 Recopilación y ordenamiento de datos**

### **5.1.1 Fuentes de información**

Para la elaboración de este trabajo, se consideraron datos de producción de aguacate Hass año 2018, los datos se obtuvieron de la página de la SAGARPA-SIAP. La demanda de aguacate se estimó a partir de la producción de aguacate has que queda en el país después de las exportaciones (*ITC, 2018*) + la producción de aguacate de otras variedades:

**Producción aguacate hass-exportaciones aguacate hass= consumo nacional de aguacate hass + producción de aguacate de otras variedades= consumo total nacional de aguacate.**

Para determinar la población 2018 se consultó la página de la CONAPO (población estimada) puesto que el último censo de población y vivienda fue en el año 2015. En el 2018, según estimaciones de la CONAPO (2018), en México había 125 327 797 habitantes.

Para obtener el consumo per cápita de aguacate se procedió de la siguiente manera:

**Consumo per cápita= Consumo total de aguacate / población total.**

El consumo per cápita de aguacate en el año 2018 fue de 8.71 kilogramos por persona.

La producción nacional de aguacate, en el año 2018, fue de 2,184,663 toneladas, según datos de SIAP-SAGARPA, mientras que la demanda nacional, obtenida mediante cálculos propios, fue de 1,092,726 toneladas. Una vez obtenido el dato

de la producción por estado<sup>4</sup>, la población de los mismos, y el consumo “*per cápita*” de aguacate en México, la demanda se obtiene de la siguiente manera:

- **Demanda por estado= población \* consumo “*per cápita*”.**

Después se hace el cálculo para conocer la relación oferta-demanda, la cual se realiza de la siguiente manera:

- **Relación oferta demanda por estado= producción estatal- demanda estatal**; si el número obtenido es positivo hay un superávit, si es negativo hay un déficit, como se mencionó líneas atrás sólo hay 5 estados con superávit: Michoacán, Jalisco, Nayarit, Morelos y Colima.

Los orígenes son los estados con superávit, los destinos los estados con déficit, por cuestiones de agilización, los demás estados se agrupan como lo muestran la siguientes tablas:

**Tabla 9: Estados con superavit, año 2018.**

<b>Superávit</b>	<b>Cantidad (t)</b>
Colima	911.4
Jalisco	130042.8
Michoacán	1633417.4
Morelos	26219.5
Nayarit	46655.0

Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP 2018.

Para los principales centros de orígenes se tomó como referencia información proporcionada por el SIAP, en la cual enlista a los principales municipios que producen en mayor cantidad por estado.

---

<sup>4</sup> Como los datos son presentados en toneladas es preciso transformarlos a kilogramos, para facilitar el cálculo de la demanda.

Para el caso de los destinos se tomaron como referencia las principales centrales de abasto de cada estado deficitario las cuales se encuentran en la capital de dichos estados.

**Tabla 10: Déficits por estados, año 2018 .**

<b>Estado</b>	<b>Toneladas</b>
Aguascalientes	11,879.4
Baja California	30,426.5
Baja California Sur	6,011.0
Campeche	7,651.2
Coahuila	27,279.9
Chiapas	31,678.5
Chihuahua	32,470.7
Ciudad de México	78,750.6
Durango	11,956.7
Guanajuato	51,521.5
Guerrero	6,768.8
Hidalgo	22,666.8
México	50,757.7
Nuevo León	44,502.5
Oaxaca	25,993.0
Puebla	41,215.6
Querétaro	18,724.5
Quintana Roo	14,330.0
San Luis Potosí	24,414.5
Sinaloa	26,905.6
Sonora	25,771.0
Tabasco	21,563.3

Tamaulipas	31,273.1
Tlaxcala	11,566.0
Veracruz	66,013.4
Yucatán	8,110.3
Zacatecas	13,985.9

Fuente: Elaboración propia en base a datos del SIAP Y CONAPO, 2018.

Enseguida se identificaron las distancias de los orígenes a cada uno de los destinos, hay 5 orígenes y veintisiete destinos, las zonas se agruparon de esta manera por la cercanía de los estados; la Tabla 12 muestra la distancia, medida en kilómetros, entre orígenes y destinos:

**Tabla 11: Distancia desde cada uno de los orígenes hacia los destinos.**

CENTROS CONSUMIDORES	CENTROS PRODUCTORES					Distancia en km.
	Tecomán, Colima	Cd. Guzmán, Jalisco	Uruapan, Michoacán	Zacatepec-Galeana, Morelos	Santiago Ixcuintla, Nayarit	
Aguascalientes, A.	458	349	417	622	483	
Mexicali, Baja California	2,282	2,173	2,312	2,772	1,811	
La Paz, Baja California Sur	1,350	1,241	1,380	1,738	879	
Campeche, Campeche	1,830	1,796	1,533	1,167	1,930	
Saltillo, Coahuila	940	831	873	967	928	
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas	1,524	1,490	1,226	861	1,623	
Chihuahua, Chihuahua	1,409	1,301	1368	1,574	1,108	
CEDA, Ciudad de México	702	667	404	125	801	
Durango, Durango	867	758	826	1,031	417	

Celaya, Guanajuato	576	467	242	389	601
Chilpancingo, Guerrero	728	871	621	151	1,018
Pachuca, Hidalgo	722	687	424	220	821
Toluca, México	634	600	336	147	734
Monterrey, N.León	1029	921	936	1,030	1,010
Oaxaca, Oaxaca	1,158	1,123	860	495	1,257
Puebla, Puebla	828	793	530	155	927
Querétaro, Qro.	620	511	294	340	645
Chetumal, Quintana Roo	2,020	1,986	1,722	1,357	2,120
San Luis Potosí, S.L.P.	565	457	440	534	590
Culiacán, Sinaloa	911	802	942	1,300	440
Hermosillo, Sonora	1,584	1,475	1,615	1,973	1,113
Villa Hermosa, Tabasco	1,449	1,414	1,151	785	1,548
Ciudad Victoria, Tamaulipas	900	791	758	852	920
Tlaxcala, Tlaxcala	808	773	510	187	907
Jalapa, Veracruz	962	928	664	330	1,062
Mérida, Yucatán	2,002	1,967	1,704	1,339	2,101
Zacatecas, Zac.	579	470	538	743	604
Nuevo Laredo, Tamaulipas	1,243	1,134	1,150	1,244	1,224
Ciudad Juárez, Chihuahua	1,800	1,691	1,759	1,964	1,498
Tijuana, Baja California	2,453	2,344	2,484	2,959	1,982

Fuente: Elaboración propia con datos de Distancia entre ciudades.

Para el caso de las distancias se usó el portal “distancia entre ciudades” ya que proporciona la distancia por carretera, caso contrario a Google Maps el cual solo

proporciona la distancia entre ciudades en línea recta, por lo tanto, al usar el primero se reduce el sesgo en la información y lo vuelve más confiable.

Asimismo, para conformar el modelo de economía abierta se tomó como referencia 3 aduanas (Nuevo Laredo, Ciudad Juárez y la aduana de Tijuana), por las cuales pasa la mayor parte de mercancías hacia el mercado de Estados Unidos. Estas forman parte de las restricciones de la 28 a la 30, las cuales se incorporan al modelo de economía cerrada para unificar el modelo.

De acuerdo con el portal Infohass la demanda de aguacate mexicano por parte de Estados Unidos en el año 2018 fue de 814,817 toneladas.

Finalmente se sacan las respectivas distancias de los centros de orígenes hacia cada una de las aduanas en cuestión.

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.

### **5.1.2 Nomenclatura del modelo**

En la nomenclatura de las variables que integran el modelo se utilizaron letras y números; a los orígenes se le asignaron letras de la A a la E y para los destinos se usaron números del 1 al 30. La cantidad ofrecida o demandada se representó con la letra X.

### **5.1.3 Orígenes (estados con superávit en la producción).**

1. Tecomán, Colima.
2. Ciudad Guzmán, Jalisco.
3. Uruapan, Michoacán.
4. Ayala, Zacatepec-Galeana, Morelos.

5. Santiago Ixcuintla, Nayarit.

**5.1.4 Destinos (Centros de abasto de los estados con déficit en la producción y aduanas)**

1. Aguascalientes, Aguascalientes.

2. Mexicali, Baja California.

3. La Paz, Baja California Sur.

4. Campeche, Campeche.

5. Saltillo, Coahuila.

6. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

7. Chihuahua, Chihuahua.

8. CEDA, Ciudad de México.

9. Durango, Durango.

10. Celaya, Guanajuato.

11. Chilpancingo, Guerrero.

12. Pachuca, Hidalgo.

13. Toluca, México.

14. Monterrey, Nuevo León.

15. Oaxaca, Oaxaca.

16. Puebla, Puebla.

17. Querétaro, Querétaro.

18. Chetumal, Quintana Roo

19. San Luis Potosí, San Luis Potosí.

20. Culiacán, Sinaloa.

21. Hermosillo, Sonora.

22. Villa Hermosa, Tabasco.

23. Ciudad Victoria, Tamaulipas.

24. Tlaxcala, Tlaxcala.

25. Jalapa, Veracruz.

26. Mérida Yucatán.

27. Zacatecas, Zacatecas.

Para las exportaciones:

28. Aduana de Nuevo Laredo, Tamaulipas.

29. Aduana de Ciudad Juárez, Chihuahua.

30. Aduana de Tijuana, Baja California Sur.

### 5.1.5 Formulación del modelo

Para diseñar el modelo se utilizan las restricciones entonces la función objetivo es:  $MIN 458X_{A1} + 2282X_{A2} + 1350X_{A3} + 1830X_{A4} + 940X_{A5} + 1524X_{A6} + 1409X_{A7} + 702X_{A8} + 867X_{A9} + 576X_{A10} + 728X_{A11} + 722X_{A12} + 634X_{A13} + 1029X_{A14} + 1158X_{A15} + 828X_{A16} + 620X_{A17} + 2020X_{A18} + 565X_{A19} + 911X_{A20} + 1584X_{A21} + 1449X_{A22} + 900X_{A23} + 808X_{A24} + 962X_{A25} + 2002X_{A26} + 579X_{A27} + 1243X_{A28} + 1800X_{A29} + 2453X_{A30} + 349X_{B1} + 2173X_{B2} + 1241X_{B3} + 1796X_{B4} + 831X_{B5} + 1490X_{B6} + 1301X_{B7} + 667X_{B8} + 758X_{B9} + 467X_{B10} + 871X_{B11} + 687X_{B12} + 600X_{B13} + 921X_{B14} + 1123X_{B15} + 793X_{B16} + 511X_{B17} + 1986X_{B18} + 457X_{B19} + 802X_{B20} + 1475X_{B21} + 1414X_{B22} + 791X_{B23} + 773X_{B24} + 928X_{B25} + 1967X_{B26} + 470X_{B27} + 1134X_{B28} + 1691X_{B29} + 2344X_{B30} + 417X_{C1} + 2312X_{C2} + 1380X_{C3} + 1533X_{C4} + 873X_{C5} + 1226X_{C6} +$

$$\begin{aligned}
& 1368X_{C7} + 404X_{C8} + 826X_{C9} + 242X_{C10} + 621X_{C11} + 424X_{C12} + 336X_{C13} + 936X_{C14} \\
& + 860X_{C15} + 530X_{C16} + 294X_{C17} + 1722X_{C18} + 440X_{C19} + 942X_{C20} + 1615X_{C21} + \\
& 1151X_{C22} + 758X_{C23} + 510X_{C24} + 664X_{C25} + 1704X_{C26} + 538X_{C27} + 1150X_{C28} + \\
& 1759X_{C29} + 2484X_{C30} + 622X_{D1} + 2772X_{D2} + 1738X_{D3} + 1167X_{D4} + 967X_{D5} + 861X_{D6} \\
& + 1574X_{D7} + 125X_{D8} + 1031X_{D9} + 389X_{D10} + 151X_{D11} + 220X_{D12} + 147X_{D13} + \\
& 1030X_{D14} + 495X_{D15} + 155X_{D16} + 340X_{D17} + 1357X_{D18} + 534X_{D19} + 1300X_{D20} + \\
& 1973X_{D21} + 785X_{D22} + 852X_{D23} + 187X_{D24} + 330X_{D25} + 1339X_{D26} + 743X_{D27} + \\
& 1244X_{D28} + 1964X_{D29} + 2959X_{D30} + 483X_{E1} + 1811X_{E2} + 879X_{E3} + 1930X_{E4} + \\
& 928X_{E5} + 1623X_{E6} + 1108X_{E7} + 801X_{E8} + 417X_{E9} + 601X_{E10} + 1018X_{E11} + 821X_{E12} \\
& + 734X_{E13} + 1010X_{E14} + 1257X_{E15} + 927X_{E16} + 645X_{E17} + 2120X_{E18} + 590X_{E19} + \\
& 440X_{E20} + 1113X_{E21} + 1548X_{E22} + 920X_{E23} + 907X_{E24} + 1062X_{E25} + 2101X_{E26} + \\
& 604X_{E27} + 1224X_{E28} + 1498X_{E29} + 1982X_{E30}
\end{aligned}$$

### 5.1.6 Restricciones de la oferta

SUBJECT TO

$$1) X_{A1} + X_{A2} + X_{A3} + X_{A4} + X_{A5} + X_{A6} + X_{A7} + X_{A8} + X_{A9} + X_{A10} + X_{A11} + X_{A12} + X_{A13} + X_{A14} + X_{A15} + X_{A16} + X_{A17} + X_{A18} + X_{A19} + X_{A20} + X_{A21} + X_{A22} + X_{A23} + X_{A24} + X_{A25} + X_{A26} + X_{A27} + X_{A28} + X_{A29} + X_{A30} \leq 911.4$$

$$2) X_{B1} + X_{B2} + X_{B3} + X_{B4} + X_{B5} + X_{B6} + X_{B7} + X_{B8} + X_{B9} + X_{B10} + X_{B11} + X_{B12} + X_{B13} + X_{B14} + X_{B15} + X_{B16} + X_{B17} + X_{B18} + X_{B19} + X_{B20} + X_{B21} + X_{B22} + X_{B23} + X_{B24} + X_{B25} + X_{B26} + X_{B27} + X_{B28} + X_{B29} + X_{B30} \leq 130042.8$$

$$3) X_{C1} + X_{C2} + X_{C3} + X_{C4} + X_{C5} + X_{C6} + X_{C7} + X_{C8} + X_{C9} + X_{C10} + X_{C11} + X_{C12} + X_{C13} + X_{C14} + X_{C15} + X_{C16} + X_{C17} + X_{C18} + X_{C19} + X_{C20} + X_{C21} + X_{C22} + X_{C23} + X_{C24} + X_{C25} + X_{C26} + X_{C27} + X_{C28} + X_{C29} + X_{C30} \leq 1633417.4$$

$$4) X_{D1} + X_{D2} + X_{D3} + X_{D4} + X_{D5} + X_{D6} + X_{D7} + X_{D8} + X_{D9} + X_{D10} + X_{D11} + X_{D12} + X_{D13} + X_{D14} + X_{D15} + X_{D16} + X_{D17} + X_{D18} + X_{D19} + X_{D20} + X_{D21} + X_{D22} + X_{D23} + X_{D24} + X_{D25} + X_{D26} + X_{D27} + X_{D28} + X_{D29} + X_{D30} \leq 26219.5$$

$$5) X_{E1} + X_{E2} + X_{E3} + X_{E4} + X_{E5} + X_{E6} + X_{E7} + X_{E8} + X_{E9} + X_{E10} + X_{E11} + X_{E12} + X_{E13} + X_{E14} + X_{E15} + X_{E16} + X_{E17} + X_{E18} + X_{E19} + X_{E20} + X_{E21} + X_{E22} + X_{E23} + X_{E24} + X_{E25} + X_{E26} + X_{E27} + X_{E28} + X_{E29} + X_{E30} \leq 46665.0$$

La primera restricción de oferta significa que el estado de Colima una vez cubierta su demanda interna tiene un excedente de producción de 911.4 toneladas las cuales puede repartir a uno de los destinos o en su caso a cada uno de los 30 destinos.

Y así sucesivamente con las demás restricciones de oferta.

### 5.1.7 Restricciones de la demanda

- 1)  $X_{A1} + X_{B1} + X_{C1} + X_{D1} + X_{E1} = 11879.4$
- 2)  $X_{A2} + X_{B2} + X_{C2} + X_{D2} + X_{E2} = 30426.5$
- 3)  $X_{A3} + X_{B3} + X_{C3} + X_{D3} + X_{E3} = 6011.0$
- 4)  $X_{A4} + X_{B4} + X_{C4} + X_{D4} + X_{E4} = 7651.2$
- 5)  $X_{A5} + X_{B5} + X_{C5} + X_{D5} + X_{E5} = 27279.9$
- 6)  $X_{A6} + X_{B6} + X_{C6} + X_{D6} + X_{E6} = 31678.5$
- 7)  $X_{A7} + X_{B7} + X_{C7} + X_{D7} + X_{E7} = 32470.7$
- 8)  $X_{A8} + X_{B8} + X_{C8} + X_{D8} + X_{E8} = 78750.6$
- 9)  $X_{A9} + X_{B9} + X_{C9} + X_{D9} + X_{E9} = 11956.7$
- 10)  $X_{A10} + X_{B10} + X_{C10} + X_{D10} + X_{E10} = 51521.5$
- 11)  $X_{A11} + X_{B11} + X_{C11} + X_{D11} + X_{E11} = 6768.8$
- 12)  $X_{A12} + X_{B12} + X_{C12} + X_{D12} + X_{E12} = 22666.8$
- 13)  $X_{A13} + X_{B13} + X_{C13} + X_{D13} + X_{E13} = 50757.8$
- 14)  $X_{A14} + X_{B14} + X_{C14} + X_{D14} + X_{E14} = 44502.5$
- 15)  $X_{A15} + X_{B15} + X_{C15} + X_{D15} + X_{E15} = 25993.0$

$$16) X_{A16} + X_{B16} + X_{C16} + X_{D16} + X_{E16} = 41215.6$$

$$17) X_{A17} + X_{B17} + X_{C17} + X_{D17} + X_{E17} = 18724.5$$

$$18) X_{A18} + X_{B18} + X_{C18} + X_{D18} + X_{E18} = 14330.0$$

$$19) X_{A19} + X_{B19} + X_{C19} + X_{D19} + X_{E19} = 24414.5$$

$$20) X_{A20} + X_{B20} + X_{C20} + X_{D20} + X_{E20} = 26905.6$$

$$21) X_{A21} + X_{B21} + X_{C21} + X_{D21} + X_{E21} = 25771.0$$

$$22) X_{A22} + X_{B22} + X_{C22} + X_{D22} + X_{E22} = 21563.3$$

$$23) X_{A23} + X_{B23} + X_{C23} + X_{D23} + X_{E23} = 31273.1$$

$$24) X_{A24} + X_{B24} + X_{C24} + X_{D24} + X_{E24} = 11566.0$$

$$25) X_{A25} + X_{B25} + X_{C25} + X_{D25} + X_{E25} = 66013.4$$

$$26) X_{A26} + X_{B26} + X_{C26} + X_{D26} + X_{E26} = 8110.3$$

$$27) X_{A27} + X_{B27} + X_{C27} + X_{D27} + X_{E27} = 13985.9$$

$$28) X_{A28} + X_{B28} + X_{C28} + X_{D28} + X_{E28} + X_{A29} + X_{B29} + X_{C29} + X_{D29} + X_{E29} + X_{A30} + X_{B30} + X_{C30} + X_{D30} + X_{E30} = 814817$$

La primera restricción de demanda significa que el estado de Aguascalientes demanda 11,879.4 toneladas las cuales pueden provenir del origen A (Colima), origen B (Jalisco), origen C (Michoacán), origen D (Morelos) o del origen E (Nayarit).

Y así sucesivamente con las demás restricciones.

El cambio de signos de desigualdad en las restricciones de oferta a igualdades en las restricciones de demanda obedece a que las demandas deben ser satisfechas en su totalidad, pero las cantidades de oferta no pueden salir en su totalidad porque saturan la demanda y el sobrante ya no tiene destino que lo reciba.

## **CAPITULO VI ANÁLISIS Y RESULTADOS**

### **6.1 Interpretación del modelo**

En el apartado de formulación del modelo se explicó el significado de cada una de las variables que componen el modelo, por lo tanto, se omite este punto.

Las restricciones se dividen en dos grupos; las de oferta y las de demanda, la primera restricción indica el producto que es posible enviar de cada origen a uno, parte o a todos los destinos, mientras que la segunda restricción indica la cantidad requerida de producto en cada una de las zonas, provenientes de uno, parte, todos o diferentes orígenes.

#### **6.1.2 Interpretación de la solución óptima**

El valor de la función objetivo, las variables seleccionadas, las variables de holgura y su precio dual, se presentan líneas abajo, por lo tanto, la interpretación y discusión se hacen en ese orden.

#### **6.1.3 Valor de la función objetivo**

El número que aparece en la parte superior de los datos 1,492,525,010, es el valor que resulta de multiplicar los valores de las rutas seleccionadas por sus respectivas distancias y luego hacer una suma de ellas. Entre menor resulte este número, menor es la distancia recorrida por los productos distribuidos. En este caso, abasteciendo la demanda total de los centros de consumo como se especifica en las restricciones de demanda.

Por lo tanto, este es el costo mínimo generado por transportar la producción de aguacate desde los centros productores hacia los destinos de consumo.

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.

La hilera con el nombre <<variable>> lista los nombres de las variables del modelo donde sus dos dígitos de subíndices representan el origen y el destino respectivamente.

La columna: “Costos reducidos”; esta columna se puede traducir como <<precio sombra”, e indica la cantidad que aumentaría el costo de transporte al tratar de incluir una tonelada adicional de aguacate dentro de la combinación (López, 1991).

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:

**Tabla 12: Distribución del producto que generan el mínimo costo de transporte de aguacate.**

	CENTROS PRODUCTORES				
CENTROS CONSUMIDORES	Tecomán, Colima (A)	Cd. Guzmán, Jalisco (B)	Uruapan, Michoacán (C)	Zacatepec-Galeana, Morelos (D)	Santiago Ixcuintla, Nayarit (E)
1. Aguascalientes, Aguascalientes		11879.4			
2. Mexicali, Baja California		30426.5			
3. La Paz, Baja California Sur		6011			
4. Campeche, Campeche			7651.2		
5. Saltillo, Coahuila		17301	9978.9		
6. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas			31678.5		

7. Chihuahua, Chihuahua		32470.6			
8. CEDA, Ciudad de México			78750.6		
9. Durango, Durango		11956.7			
10. Celaya, Guanajuato			51521.5		
11. Chilpancingo, Guerrero				6768.7	
12. Pachuca, Hidalgo			22666.8		
13. Toluca, México			50757.8		
14. Monterrey, Nuevo León			44502.5		
15. Oaxaca, Oaxaca			25993		
16. Puebla, Puebla			21764.9	19450.6	
17. Querétaro, Querétaro			18724.5		
18. Chetumal, Quintana Roo			14330		
19. San Luis Potosí, S.L.P.			24414.5		
20. Culiacán, Sinaloa					26905.5
21. Hermosillo, Sonora		6011.6			19759.4
22. Villa Hermosa, Tabasco			21563.3		
23. Cd Victoria, Tamaulipas			31273		
24. Tlaxcala, Tlaxcala			11566		
25. Jalapa, Veracruz			66013.3		
26. Mérida, Yucatán			8110.2		
27. Zacatecas, Zacatecas		13985.9			
28. Aduana de Nuevo Laredo, Tamaulipas			814817		

29. Aduana de Cd. Juárez, Chihuahua					
30. Aduana de Tijuana, B. C.					

Elaboración propia con datos de la salida del programa LINDO.

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 generado 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.

## 6.2 Restricciones de la oferta

Primero se interpretan las restricciones de la 2 a la 6, las cuales se refieren a la producción de aguacate disponible en cada centro productor para repartir a los centros consumidores. La columna (SLACK OR SURPLUS) se interpreta como la cantidad de aguacate que sobró (o faltó) respecto a lo demandado(ofrecido). En este caso las restricciones que tienen un valor diferente de cero indican las cantidades de aguacate que los productores no agotaron en el mercado.

Como se observa, solo dos restricciones tienen valor diferente de cero:

En el centro productor de Uruapan, Michoacán existe un excedente de producción de 277,339.5 t (ROW 4).

En el centro de Tecomán, Colima existe un excedente de producción de 911.4 t (ROW 2).

Todos lo demás centros productores agotan su excedente de producción en los destinos consumidores.

### **6.3 Restricciones de la demanda**

Continuando con los resultados, se analizan las restricciones (ROW) de la 7 a la 34, que corresponden a la cantidad demandada de aguacate por los centros productores. La salida del modelo arrojó lo siguiente:

Se satisface la demanda de aguacate 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 aguacate? Esto se puede responder con un ejemplo, en la restricción 8 (ROW 8), al aumentar la cantidad demandada en México en una unidad y al satisfacerse, el valor de la función objetivo disminuiría en 2215, esto se puede 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. Dicha restricción es la 3 la cual corresponde al estado de Jalisco.

### **6.4 Interpretación del análisis de sensibilidad**

Un análisis de sensibilidad consiste en analizar en qué tanto pueden fluctuar los valores de los coeficientes de la “Función Objetivo” y de los “RHS” en forma individual, en un rango determinado, permaneciendo constante la base del modelo. Cuando se rebase dicho rango, la solución básica se modificará, es

decir, se tendrá un conjunto nuevo de variables seleccionadas, y si se cambia el RHS cambian los valores de los  $X_{ij}$  que son básicos (López, 1991).

Por lo tanto, se analizan los resultados arrojados por el programa, para averiguar cómo se comporta el modelo ante los cambios.

#### **6.4.1 Análisis de sensibilidad para los coeficientes 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 aguacate 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.

La columna <<coeficiente actual>>: indica el valor actual del coeficiente de cada variable. En nuestro caso, por ejemplo, la distancia que hay de Tecomán, Colima a Aguascalientes, Aguascalientes ( $X_{A1}$ ) es de 458 kilómetros. De Tecomán, Colima a Mexicali, Baja California hay 2282 kilómetros, y así con todas las variables.

La columna “incremento permisible”: indica que puede haber un incremento permisible del coeficiente actual de una variable sin que la solución básica se modifique (López, 1991); por ejemplo, si al coeficiente de 458 se le agrega una cantidad infinita, la solución básica no cambiará.

La columna de “decremento permisible”: Esta columna nos muestra la variación permisible del coeficiente actual de una variable sin que el conjunto de variables

activas cambie. Sin embargo, cambiarán los valores de dichas variables, es decir, la solución y consecuentemente el valor de la función objetivo (Ibid, 1991).

#### **6.4.2 Análisis de sensibilidad para los coeficientes RHS.**

La columna "ROW", indica la numeración de las restricciones.

La columna "RHS actual": indica el valor actual del "RHS" de cada columna. Por ejemplo, la restricción 3 tiene un valor de 911.4.

La columna "incremento permisible": indica hasta cuanto puede aumentar el valor del RHS sin que la solución básica se modifique.

La columna "decremento permisible": indica el límite máximo en que puede disminuir el valor de la RHS para cada restricción sin que la solución básica se modifique (Ibid, 1991).

En términos generales se observa que con lo que propone el modelo se beneficia a los consumidores ya que, de aplicarse las recomendaciones propuestas, el precio del aguacate será más homogéneo en las distintas centrales de abasto del país, además de que al existir una mejor planeación de la producción se recorre una menor distancia entre centro productor y centro consumidor lo que permite un consumo más fresco del producto, para mayor satisfacción del consumidor.

En cuanto a lo que se produce y se demanda se observa que todo se consume, ya sea en el mercado exterior o en el mercado nacional, por lo tanto, es factible incrementar la producción planificando los procesos de producción y de cosecha de acuerdo a los mercados emergentes.

Asimismo, los resultados muestran que es factible aplicar el modelo de distribución propuesto ya que de esta manera se distribuye mejor la producción de aguacate.

## CAPITULO VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 7.1 Conclusiones

**Tabla 13: Mapa estratégico de la producción actual y la esperada en el mediano plazo de acuerdo con el modelo.**



Fuente: Elaboración propia

En el mapa anterior se muestra cómo se encuentra la distribución actual del aguacate (en color verde) y la distribución esperada de la producción en base a los resultados del modelo (color rosa) en el mediano y largo plazo.

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 elaboración y, por lo tanto, la ejecución de la metodología descrita es sencilla y de fácil manejo, requirió solamente las distancias 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 es una herramienta útil para determinar el costo mínimo de transporte en el cultivo de aguacate, ya que permite distribuir el producto entre los centros consumidores al mínimo costo posible.
- ❖ Los centros productores mejor ubicados con respecto a los grandes centros consumidores (Ciudad de México, Estado de México) son Michoacán y Morelos, ya que no necesitan recorrer mucha distancia hacia los destinos de consumo.
- ❖ Los estados con mayor población y por lo tanto con mayor demanda de aguacate son: Estado de México, Ciudad de México, Veracruz, Jalisco, Puebla, Guanajuato y Nuevo León. Sin embargo, si lo vemos del lado de los estados más deficitarios estos son, de mayor a menor: Ciudad de México, Veracruz, Guanajuato, Nuevo León, Chihuahua y Puebla.
- ❖ Los estados donde se puede incrementar la producción de aguacate son: Sonora (por la avanzada tecnología con que se cuenta en el norte del país), Yucatán (por el alto rendimiento que se obtiene por hectárea sembrada), Chiapas y Oaxaca (por los climas aptos para producir aguacate y su alta disponibilidad de agua).
- ❖ Se observa que el consumo y producción de variedades locales (pagua, criollo, etc.) va disminuyendo a medida que aumenta la producción de aguacate Hass en distintas partes del país, sobre todo en el sur.
- ❖ El aguacate Hass y las distintas variedades, se consumen en fresco de ahí la importancia de disminuir las distancias recorridas durante su traslado a los centros de consumo, a menor medida de traslado mayor frescura del producto.

## 7.2 Recomendaciones

- ❖ Dado que México tiene un excedente en la producción de aguacate, se recomienda buscar y analizar nuevos destinos para exportar, esto podría derivar en una mayor producción, como efecto de la demanda exterior.
- ❖ Una mejor planificación en la producción permite aprovechar mejor los recursos existentes (agua, tierra, etc.), ya que en la actualidad se destina muchas hectáreas y agua para producir, debido a la falta de planificación de esta.
- ❖ Dado los requerimientos climáticos y de cuidado del cultivo, se recomienda producir en los estados del sur, con el fin de generar producción que satisfaga la demanda de la región, y reducir el precio del producto.
- ❖ Otra alternativa para el uso y manejo del excedente de aguacate que se tiene en el estado de Michoacán sería establecer industrializadoras de aguacate, con la finalidad de conservar por más tiempo el aguacate en diferentes presentaciones y facilitar su manejo, así como diversificar su presentación.
- ❖ Se debe promover el acceso a distintos tipos de financiamiento de insumos, así como la preparación del cultivo para todos los productores que lo requieran.
- ❖ Implementar esquemas de asociación que permitan a nuevos productores organizarse e integrarse con la finalidad de conocer los beneficios que conlleva la misma.
- ❖ Adopción de prácticas agrícolas en fitosanidad e inocuidad que permitan hacer más rentable la producción.
- ❖ Elaborar estudios de mercado que permitan hacer sondeos de consumo en diversos mercados mundiales.

### 7.3 BIBLIOGRAFIA

Arghiri, Emmanuel. (1972) El intercambio Desigual, Ed. Siglo Veintiuno de España.

Ayllón, Julio César et al. (2015) Modelo de transporte en México para la minimización de costos de distribución de tuna (*Opuntia spp.*) en fresco.

Castillo, Enrique et al. (2002) Formulación y resolución de modelos de programación matemática en ingeniería y ciencia.

CEDRSSA. (2017) Caso de exportación: el aguacate, Cámara de Diputados, Palacio Legislativo de San Lázaro, Ciudad de México.

Chacholiades, Melquiades. (1980) Economía Internacional. Edit. Mc Graw-Hill. México.

Dussel, Enrique. (2008) Los costos de transporte en las exportaciones mexicanas. Universidad Nacional Autónoma de México.

Echánove H., F. (2008) "Abriendo fronteras: el auge exportador del aguacate mexicano a Estados Unidos". Anales de Geografía, núm. 1, pp. 9-28.

Ekelund, B. y Herbert, R.F. (1991) Historia de la teoría económica y de su método. Madrid.

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

Gordon, S. (1995) Historia y filosofía de las ciencias sociales. Barcelona.

Hamdy A., Taha. (2004) Investigación de operaciones, 7ª edición, Pearson educación, México.

Hernández, Roberto et al. (2014) Investigación de operaciones, 6ª edición, editorial McGraw-Hill, México.

Hillier, Frederick S. y Lieberman, Gerald J. (1999) Introducción a la investigación de operaciones, 4ª edición al español, editorial McGraw-Hill, México, D.F.

Hutchison, T.W. (1974) "Jevons, William Stanley", EICS, VI, 326-331.

Jevons, Williams. (1871) Theory of Political Economy.

López, J. (1991) Modelo de minimización de costos de transporte de plátano en México. Tesis de licenciatura, Departamento de Economía Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México.

Méndez, Ignacio et al. (1996) Protocolo de investigación: lineamientos para su elaboración y análisis, 2ª edición, editorial Trillas, México.

Pedrosa, José M. (2017) El modelo del problema de transporte: Aplicación práctica a red logística, Universidad de la Rioja, España.

Planeación agrícola nacional 2017-2030. (2017) Aguacate mexicano, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.

Porter, Michael E. (1982) La ventaja Competitiva de las Naciones. Edit. Javier Vergara, México.

Quintero, Juan Manuel et al. (2016) Modelo de transporte para la distribución de guayaba (*Psidium guajava* L.) en México.

Ricardo, David. (1817) Principios de economía política y tributación, edit. John Murray, Inglaterra.

Salazar, José Juan. (2001) Programación Matemática, Universidad de la Laguna, Tenerife, España.

Segura, J. (1988): "La obra de León Walras al cabo de un siglo", en L. Walras, Elementos de economía política pura (o Teoría de la riqueza social). Madrid, España.

Rivera, Samuel. (2019) Modelo de transporte para la distribución de cacao en México.

Torres Gaytán, Ricardo. (1972) Teoría del comercio internacional. Edit. siglo XXI, México.

Torres Preciado, Víctor Hugo. (2009) La competitividad del aguacate mexicano en el mercado estadounidense Revista de Geografía Agrícola, núm. 43, pp. 61-79, Universidad Autónoma Chapingo Texcoco, México.

Winston, W. L. 2005. Investigación de operaciones. Aplicaciones y algoritmos. Cuarta edición. Editorial Cengage Learning. Editores, SA. México.

### **7.3.1 Referencias Electrónicas**

<https://www.banxico.org.mx>

Directorio de centrales de abasto de la república mexicana consultado de la página: <https://uneabasto.com/centrales.htm> . Consultado el día 06 de Mayo de 2019 a las 13:30 horas.

Distancia Entre Ciudades consultado el 25 de Marzo de 2019 a las 21:35 horas del portal: <http://www.distanciasentreciudades.com/mexico>.

ITC [https://www.trademap.org/Country\\_SelProductCountry.aspx?nvpm=3](https://www.trademap.org/Country_SelProductCountry.aspx?nvpm=3). consultado el 3 de octubre de 2018.

<https://ecoinventos.com/beneficios-propiedades-usos-aguacate/>. Citado el día 10 de Agosto de 2019 a las 12:21 horas.

<http://www.sagarpa.mx/agronegocios/Documents/pablo/Documentos/Monografias/Monograf%C3%ADa%20del%20aguacate.pdf> consultado el 17 de Abril de 2019 a las 15:20 horas.

Sistema Nacional de Información de Mercados consultado en <http://www.economia-sniim.gob.mx>. Día 01 de mayo de 2019 a las 11:23 horas.

## ANEXOS

### Anexo 1: Precio del kilogramo de aguacate en principales centrales de abasto, consultado al 28 de septiembre de 2017.

Origen	Destino	Precio Mín	Precio Max	Precio Frecuente
Michoacán	Aguascalientes: Centro Comercial Agropecuario de Aguascalientes	38.5	39.5	39
Michoacán	Baja California: Central de Abasto INDIA, Tijuana	59	62	62
Jalisco	Baja California Sur: Unión de Comerciantes de La Paz	58	61	58
Distrito Federal	Campeche: Mercado "Pedro Sáinz de Baranda", Campeche	34.62	38.46	34.62
Michoacán	Coahuila: Central de Abasto de La Laguna, Torreón	46	47	46.2
Puebla	Chiapas: Central de Abasto de Tuxtla Gutiérrez	42	50	42
Michoacán	Chihuahua: Central de Abasto de Chihuahua	55.5	55.5	55.5
Michoacán	Chihuahua: Mercado de Abasto de Cd. Juárez	55.5	55.5	55.5
Michoacán	DF: Central de Abasto de Iztapalapa DF	36.67	52.22	38.89
Michoacán	Durango: Central de Abasto "Francisco Villa"	38	50	45
Michoacán	Durango: Centro de Distribución y Abasto de Gómez Palacio	46.2	47.2	47

Michoacán	Guanajuato: Central de Abasto de León	49.11	49.11	49.11
Michoacán	Guerrero: Central de Abastos de Acapulco	50	50	50
Michoacán	Hidalgo: Central de Abasto de Pachuca	27.08	29.17	29.17
Michoacán	Jalisco: Mercado de Abasto de Guadalajara	45.56	53	45.56
Michoacán	Jalisco: Mercado Felipe Ángeles de Guadalajara	54.11	54.11	54.11
Michoacán	México: Central de Abasto de Ecatepec	50	55	55
Michoacán	México: Central de Abasto de Toluca	55	60	55
Michoacán	Michoacán: Mercado de Abasto de Morelia	46.84	47	47
Michoacán	Morelos: Central de Abasto de Cuautla	43.75	46.88	46.88
Michoacán	Nayarit: Mercado de abasto 'Adolfo López Mateos' de Tepic	31	38	33
Michoacán	Nayarit: Mercado de abasto 'Adolfo López Mateos' de Tepic	34.27	35.47	34.87
Michoacán	Nuevo León: Mercado de Abasto "Estrella" de San Nicolás de los Garza	52.22	55.56	52.22
Sinaloa	Puebla: Central de Abasto de Puebla	54.67	55	55
Michoacán	Querétaro: Mercado de Abasto de Querétaro	48	50	50
Distrito Federal	Quintana Roo: Mercado de Chetumal, Quintana Roo	57.14	57.14	57.1
Michoacán	San Luis Potosí: Centro de Abasto de San Luis Potosí	34	37	35.5
Jalisco	Sinaloa: Central de Abasto de Culiacán	55	55	55
Michoacán	Sonora: Central de Abasto de Cd. Obregón	60	60	60
Michoacán	Sonora: Mercado de Abasto "Francisco I. Madero" de Hermosillo	40	58	50
Michoacán	Tabasco: Central de Abasto de Villahermosa	34	38	38
Nuevo León	Tamaulipas: Módulo de Abasto de Reynosa	55	58	58
Michoacán	Veracruz: Central de Abasto de Jalapa	37.22	37.78	37.22
Puebla	Veracruz: Central de Abasto de Minatitlán	55	59	59

Puebla	Veracruz: Mercado Malibrán	55.56	61.11	60
Distrito Federal	Yucatán: Central de Abasto de Mérida	38	40	38
Distrito Federal	Yucatán: Centro Mayorista Oxkutzcab	57	57	57
Jalisco	Zacatecas: Mercado de Abasto de Zacatecas	48	48	48

Fuente: SNIIM 2017.

## Anexo 2: Consumo de aguacate por estados.

Estado	Producción(t)	Población	Consumo per cápita	Demanda
Aguascalientes	278.0	1,395,794	8.71	12,157.4
Baja California	243.5	3,521,242	8.71	30,670.0
Baja California Sur	707.0	771,294	8.71	6,718.0
Campeche	774.2	967,319	8.71	8,425.3
Coahuila		3,132,017	8.71	27,279.9
Colima	7,533.9	760,333	8.71	6,622.5
Chiapas	16,782.8	5,563,869	8.71	48,461.3
Chihuahua		3,727,984	8.71	32,470.7
Ciudad de México		9,041,395	8.71	78,750.6
Durango	4,038.9	1,836,460	8.71	15,995.6
Guanajuato	1,759.3	6,117,205	8.71	53,280.9
Guerrero	24,846.2	3,629,733	8.71	31,615.0
Hidalgo	3,587.4	3,014,258	8.71	26,254.2
Jalisco	201,804.4	8,238,991	8.71	71,761.6
México	97,805.8	17,056,666	8.71	148,563.6
Michoacán	1,674,855.0	4,757,482	8.71	41,437.7
Morelos	43,644.1	2,000,527	8.71	17,424.6
Nayarit	57,563.1	1,252,363	8.71	10,908.1
Nuevo León	3,009.2	5,454,848	8.71	47,511.7
Oaxaca	9,691.8	4,096,998	8.71	35,684.9
Puebla	15,214.9	6,478,819	8.71	56,430.5
Querétaro	419.5	2,197,938	8.71	19,144.0
Quintana Roo		1,645,237	8.71	14,330.0
San Luis Potosí	192.6	2,825,157	8.71	24,607.1
Sinaloa	135.6	3,104,610	8.71	27,041.2
Sonora	360.1	3,000,127	8.71	26,131.1
Tabasco	350.4	2,515,926	8.71	21,913.7
Tamaulipas		3,590,486	8.71	31,273.1

Tlaxcala	174.5	1,347,932	8.71	11,740.5
Veracruz	7,448.2	8,434,163	8.71	73,461.6
Yucatán	11,123.4	2,208,236	8.71	19,233.7
Zacatecas	319.3	1,642,388	8.71	14,305.2

### Anexo 3: Salida programa lindo.

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 45

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 0.1492525E+10

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
XA1	0.000000	67.000000
XA2	0.000000	67.000000
XA3	0.000000	67.000000
XA4	0.000000	297.000000
XA5	0.000000	67.000000
XA6	0.000000	298.000000
XA7	0.000000	66.000000
XA8	0.000000	298.000000
XA9	0.000000	67.000000
XA10	0.000000	334.000000
XA11	0.000000	202.000000
XA12	0.000000	298.000000
XA13	0.000000	298.000000
XA14	0.000000	93.000000
XA15	0.000000	298.000000
XA16	0.000000	298.000000
XA17	0.000000	326.000000
XA18	0.000000	298.000000
XA19	0.000000	125.000000

XA20	0.000000	67.000000
XA21	0.000000	67.000000
XA22	0.000000	298.000000
XA23	0.000000	142.000000
XA24	0.000000	298.000000
XA25	0.000000	298.000000
XA26	0.000000	298.000000
XA27	0.000000	67.000000
XA28	0.000000	93.000000
XA29	0.000000	650.000000
XA30	0.000000	1303.000000
XB1	11879.400391	0.000000
XB2	30426.500000	0.000000
XB3	6011.000000	0.000000
XB4	0.000000	305.000000
XB5	17301.000000	0.000000
XB6	0.000000	306.000000
XB7	32470.699219	0.000000
XB8	0.000000	305.000000
XB9	11956.700195	0.000000
XB10	0.000000	267.000000
XB11	0.000000	387.000000
XB12	0.000000	305.000000
XB13	0.000000	306.000000
XB14	0.000000	27.000000
XB15	0.000000	305.000000
XB16	0.000000	305.000000
XB17	0.000000	259.000000
XB18	0.000000	306.000000
XB19	0.000000	59.000000
XB20	0.000000	0.000000

XB21	6011.600098	0.000000
XB22	0.000000	305.000000
XB23	0.000000	75.000000
XB24	0.000000	305.000000
XB25	0.000000	306.000000
XB26	0.000000	305.000000
XB27	13985.900391	0.000000
XB28	0.000000	26.000000
XB29	0.000000	583.000000
XB30	0.000000	1236.000000
XC1	0.000000	26.000000
XC2	0.000000	97.000000
XC3	0.000000	97.000000
XC4	7651.200195	0.000000
XC5	9978.900391	0.000000
XC6	31678.500000	0.000000
XC7	0.000000	25.000000
XC8	78750.601562	0.000000
XC9	0.000000	26.000000
XC10	51521.500000	0.000000
XC11	0.000000	95.000000
XC12	22666.800781	0.000000
XC13	50757.800781	0.000000
XC14	44502.500000	0.000000
XC15	25993.000000	0.000000
XC16	21764.900391	0.000000
XC17	18724.500000	0.000000
XC18	14330.000000	0.000000
XC19	24414.500000	0.000000
XC20	0.000000	98.000000
XC21	0.000000	98.000000

XC22	21563.300781	0.000000
XC23	31273.099609	0.000000
XC24	11566.000000	0.000000
XC25	66013.398438	0.000000
XC26	8110.299805	0.000000
XC27	0.000000	26.000000
XC28	814817.000000	0.000000
XC29	0.000000	609.000000
XC30	0.000000	1334.000000
XD1	0.000000	606.000000
XD2	0.000000	932.000000
XD3	0.000000	830.000000
XD4	0.000000	9.000000
XD5	0.000000	469.000000
XD6	0.000000	10.000000
XD7	0.000000	606.000000
XD8	0.000000	96.000000
XD9	0.000000	606.000000
XD10	0.000000	522.000000
XD11	6768.799805	0.000000
XD12	0.000000	171.000000
XD13	0.000000	186.000000
XD14	0.000000	469.000000
XD15	0.000000	10.000000
XD16	19450.699219	0.000000
XD17	0.000000	421.000000
XD18	0.000000	10.000000
XD19	0.000000	469.000000
XD20	0.000000	831.000000
XD21	0.000000	831.000000
XD22	0.000000	9.000000

XD23	0.000000	469.000000
XD24	0.000000	52.000000
XD25	0.000000	41.000000
XD26	0.000000	10.000000
XD27	0.000000	606.000000
XD28	0.000000	469.000000
XD29	0.000000	1189.000000
XD30	0.000000	2184.000000
XE1	0.000000	496.000000
XE2	0.000000	0.000000
XE3	0.000000	0.000000
XE4	0.000000	801.000000
XE5	0.000000	459.000000
XE6	0.000000	801.000000
XE7	0.000000	169.000000
XE8	0.000000	801.000000
XE9	0.000000	21.000000
XE10	0.000000	763.000000
XE11	0.000000	896.000000
XE12	0.000000	801.000000
XE13	0.000000	802.000000
XE14	0.000000	478.000000
XE15	0.000000	801.000000
XE16	0.000000	801.000000
XE17	0.000000	755.000000
XE18	0.000000	802.000000
XE19	0.000000	554.000000
XE20	26905.599609	0.000000
XE21	19759.400391	0.000000
XE22	0.000000	801.000000
XE23	0.000000	566.000000

XE24	0.000000	801.000000
XE25	0.000000	802.000000
XE26	0.000000	801.000000
XE27	0.000000	496.000000
XE28	0.000000	478.000000
XE29	0.000000	752.000000
XE30	0.000000	1236.000000
A27	911.400024	0.000000

ROW SLACK OR SURPLUS DUAL PRICES

2)	0.000000	0.000000
3)	0.000000	42.000000
4)	277339.593750	0.000000
5)	0.000000	375.000000
6)	0.000000	404.000000
7)	0.000000	-391.000000
8)	0.000000	-2215.000000
9)	0.000000	-1283.000000
10)	0.000000	-1533.000000
11)	0.000000	-873.000000
12)	0.000000	-1226.000000
13)	0.000000	-1343.000000
14)	0.000000	-404.000000
15)	0.000000	-800.000000
16)	0.000000	-242.000000
17)	0.000000	-526.000000
18)	0.000000	-424.000000
19)	0.000000	-336.000000
20)	0.000000	-936.000000
21)	0.000000	-860.000000

22)	0.000000	-530.000000
23)	0.000000	-294.000000
24)	0.000000	-1722.000000
25)	0.000000	-440.000000
26)	0.000000	-844.000000
27)	0.000000	-1517.000000
28)	0.000000	-1151.000000
29)	0.000000	-758.000000
30)	0.000000	-510.000000
31)	0.000000	-664.000000
32)	0.000000	-1704.000000
33)	0.000000	-512.000000
34)	0.000000	-1150.000000

NO. ITERATIONS= 45

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:

OBJ COEFFICIENT RANGES			
VARIABLE	CURRENT	ALLOWABLE	ALLOWABLE
	COEF	INCREASE	DECREASE
XA1	458.000000	INFINITY	67.000000
XA2	2282.000000	INFINITY	67.000000
XA3	1350.000000	INFINITY	67.000000
XA4	1830.000000	INFINITY	297.000000
XA5	940.000000	INFINITY	67.000000
XA6	1524.000000	INFINITY	298.000000
XA7	1409.000000	INFINITY	66.000000
XA8	702.000000	INFINITY	298.000000
XA9	867.000000	INFINITY	67.000000
XA10	576.000000	INFINITY	334.000000
XA11	728.000000	INFINITY	202.000000

XA12	722.000000	INFINITY	298.000000
XA13	634.000000	INFINITY	298.000000
XA14	1029.000000	INFINITY	93.000000
XA15	1158.000000	INFINITY	298.000000
XA16	828.000000	INFINITY	298.000000
XA17	620.000000	INFINITY	326.000000
XA18	2020.000000	INFINITY	298.000000
XA19	565.000000	INFINITY	125.000000
XA20	911.000000	INFINITY	67.000000
XA21	1584.000000	INFINITY	67.000000
XA22	1449.000000	INFINITY	298.000000
XA23	900.000000	INFINITY	142.000000
XA24	808.000000	INFINITY	298.000000
XA25	962.000000	INFINITY	298.000000
XA26	2002.000000	INFINITY	298.000000
XA27	579.000000	INFINITY	67.000000
XA28	1243.000000	INFINITY	93.000000
XA29	1800.000000	INFINITY	650.000000
XA30	2453.000000	INFINITY	1303.000000
XB1	349.000000	26.000000	INFINITY
XB2	2173.000000	0.000000	INFINITY
XB3	1241.000000	0.000000	INFINITY
XB4	1796.000000	INFINITY	305.000000
XB5	831.000000	26.000000	25.000000
XB6	1490.000000	INFINITY	306.000000
XB7	1301.000000	25.000000	INFINITY
XB8	667.000000	INFINITY	305.000000
XB9	758.000000	21.000000	INFINITY
XB10	467.000000	INFINITY	267.000000
XB11	871.000000	INFINITY	387.000000
XB12	687.000000	INFINITY	305.000000

XB13	600.000000	INFINITY	306.000000
XB14	921.000000	INFINITY	27.000000
XB15	1123.000000	INFINITY	305.000000
XB16	793.000000	INFINITY	305.000000
XB17	511.000000	INFINITY	259.000000
XB18	1986.000000	INFINITY	306.000000
XB19	457.000000	INFINITY	59.000000
XB20	802.000000	INFINITY	0.000000
XB21	1475.000000	0.000000	0.000000
XB22	1414.000000	INFINITY	305.000000
XB23	791.000000	INFINITY	75.000000
XB24	773.000000	INFINITY	305.000000
XB25	928.000000	INFINITY	306.000000
XB26	1967.000000	INFINITY	305.000000
XB27	470.000000	26.000000	INFINITY
XB28	1134.000000	INFINITY	26.000000
XB29	1691.000000	INFINITY	583.000000
XB30	2344.000000	INFINITY	1236.000000
XC1	417.000000	INFINITY	26.000000
XC2	2312.000000	INFINITY	97.000000
XC3	1380.000000	INFINITY	97.000000
XC4	1533.000000	9.000000	INFINITY
XC5	873.000000	25.000000	26.000000
XC6	1226.000000	10.000000	INFINITY
XC7	1368.000000	INFINITY	25.000000
XC8	404.000000	96.000000	INFINITY
XC9	826.000000	INFINITY	26.000000
XC10	242.000000	267.000000	INFINITY
XC11	621.000000	INFINITY	95.000000
XC12	424.000000	171.000000	INFINITY
XC13	336.000000	186.000000	INFINITY

XC14	936.000000	27.000000	INFINITY
XC15	860.000000	10.000000	INFINITY
XC16	530.000000	95.000000	9.000000
XC17	294.000000	259.000000	INFINITY
XC18	1722.000000	10.000000	INFINITY
XC19	440.000000	59.000000	INFINITY
XC20	942.000000	INFINITY	98.000000
XC21	1615.000000	INFINITY	98.000000
XC22	1151.000000	9.000000	INFINITY
XC23	758.000000	75.000000	INFINITY
XC24	510.000000	52.000000	INFINITY
XC25	664.000000	41.000000	INFINITY
XC26	1704.000000	10.000000	INFINITY
XC27	538.000000	INFINITY	26.000000
XC28	1150.000000	26.000000	INFINITY
XC29	1759.000000	INFINITY	609.000000
XC30	2484.000000	INFINITY	1334.000000
XD1	622.000000	INFINITY	606.000000
XD2	2772.000000	INFINITY	932.000000
XD3	1738.000000	INFINITY	830.000000
XD4	1167.000000	INFINITY	9.000000
XD5	967.000000	INFINITY	469.000000
XD6	861.000000	INFINITY	10.000000
XD7	1574.000000	INFINITY	606.000000
XD8	125.000000	INFINITY	96.000000
XD9	1031.000000	INFINITY	606.000000
XD10	389.000000	INFINITY	522.000000
XD11	151.000000	95.000000	INFINITY
XD12	220.000000	INFINITY	171.000000
XD13	147.000000	INFINITY	186.000000
XD14	1030.000000	INFINITY	469.000000

XD15	495.000000	INFINITY	10.000000
XD16	155.000000	9.000000	95.000000
XD17	340.000000	INFINITY	421.000000
XD18	1357.000000	INFINITY	10.000000
XD19	534.000000	INFINITY	469.000000
XD20	1300.000000	INFINITY	831.000000
XD21	1973.000000	INFINITY	831.000000
XD22	785.000000	INFINITY	9.000000
XD23	852.000000	INFINITY	469.000000
XD24	187.000000	INFINITY	52.000000
XD25	330.000000	INFINITY	41.000000
XD26	1339.000000	INFINITY	10.000000
XD27	743.000000	INFINITY	606.000000
XD28	1244.000000	INFINITY	469.000000
XD29	1964.000000	INFINITY	1189.000000
XD30	2959.000000	INFINITY	2184.000000
XE1	483.000000	INFINITY	496.000000
XE2	1811.000000	INFINITY	0.000000
XE3	879.000000	INFINITY	0.000000
XE4	1930.000000	INFINITY	801.000000
XE5	928.000000	INFINITY	459.000000
XE6	1623.000000	INFINITY	801.000000
XE7	1108.000000	INFINITY	169.000000
XE8	801.000000	INFINITY	801.000000
XE9	417.000000	INFINITY	21.000000
XE10	601.000000	INFINITY	763.000000
XE11	1018.000000	INFINITY	896.000000
XE12	821.000000	INFINITY	801.000000
XE13	734.000000	INFINITY	802.000000
XE14	1010.000000	INFINITY	478.000000
XE15	1257.000000	INFINITY	801.000000

XE16	927.000000	INFINITY	801.000000
XE17	645.000000	INFINITY	755.000000
XE18	2120.000000	INFINITY	802.000000
XE19	590.000000	INFINITY	554.000000
XE20	440.000000	0.000000	INFINITY
XE21	1113.000000	0.000000	0.000000
XE22	1548.000000	INFINITY	801.000000
XE23	920.000000	INFINITY	566.000000
XE24	907.000000	INFINITY	801.000000
XE25	1062.000000	INFINITY	802.000000
XE26	2101.000000	INFINITY	801.000000
XE27	604.000000	INFINITY	496.000000
XE28	1224.000000	INFINITY	478.000000
XE29	1498.000000	INFINITY	752.000000
XE30	1982.000000	INFINITY	1236.000000
A27	0.000000	0.000000	INFINITY

RIGHTHAND SIDE RANGES

ROW	CURRENT	ALLOWABLE	ALLOWABLE
	RHS	INCREASE	DECREASE
2	911.400024	INFINITY	911.400024
3	130042.796875	9978.900391	17301.000000
4	1633417.375000	INFINITY	277339.593750
5	26219.500000	21764.900391	19450.699219
6	46665.000000	6011.600098	17301.000000
7	11879.400391	17301.000000	9978.900391
8	30426.500000	17301.000000	9978.900391
9	6011.000000	17301.000000	6011.000000
10	7651.200195	277339.593750	7651.200195
11	27279.900391	277339.593750	9978.900391
12	31678.500000	277339.593750	31678.500000

13	32470.699219	17301.000000	9978.900391
14	78750.601562	277339.593750	78750.601562
15	11956.700195	17301.000000	9978.900391
16	51521.500000	277339.593750	51521.500000
17	6768.799805	19450.699219	6768.799805
18	22666.800781	277339.593750	22666.800781
19	50757.800781	277339.593750	50757.800781
20	44502.500000	277339.593750	44502.500000
21	25993.000000	277339.593750	25993.000000
22	41215.601562	277339.593750	21764.900391
23	18724.500000	277339.593750	18724.500000
24	14330.000000	277339.593750	14330.000000
25	24414.500000	277339.593750	24414.500000
26	26905.599609	17301.000000	6011.600098
27	25771.000000	17301.000000	6011.600098
28	21563.300781	277339.593750	21563.300781
29	31273.099609	277339.593750	31273.099609
30	11566.000000	277339.593750	11566.000000
31	66013.398438	277339.593750	66013.398438
32	8110.299805	277339.593750	8110.299805
33	13985.900391	17301.000000	9978.900391
34	814817.000000	277339.593750	814817.000000