



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ACATLÁN

Pronóstico del ingreso económico mexicano por exportación de aguacate
mediante un modelo ARIMA.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

Licenciado en Matemáticas Aplicadas y Computación

PRESENTA

Carlos Jovanny Aguilar Sánchez

Asesor: María del Carmen González Videgaray

Enero de 2013



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Dedicatorias y agradecimientos.

A ustedes papis Juan y Blanca, por la maravillosa oportunidad que me dieron con sus sacrificios, enseñanzas, apoyo, y todo aquello que sólo nosotros sabemos. ¡Los amo!

A ti mi hermoso hermano pollo, porque tú estuviste todos estos años en los días y las noches viendo el esfuerzo y las ganas de salir adelante. ¡Te amo!

A ti *my boo* Rodri, que me apoyaste, viviste, sufriste y celebraste siempre conmigo durante todo este tiempo, me has enseñado el verdadero significado de la vida, demostrando siempre todo tu potencial y sacrificio he aprendido de ti. ¡Luv ya bunches!

A ustedes mamis Olga e Irma, por todo el apoyo que recibí desde pequeño, por todo el cariño que me han brindado, por haberme dado una maravillosa infancia y siempre creer en mí. ¡Las amo!

A ustedes tíos Paty y Vicente, porque me enseñaron desde el inicio de su historia a luchar en contra de quien sea por ser quien en realidad se es y gracias por el apoyo y cariño que me han brindado. ¡Los adoro!

A usted mi profesora y asesora del presente trabajo MariCarmen, que con su apoyo y conocimientos me hizo enamorarme de lo que hago y nunca dudar de ello. ¡La adoro! Es usted mi heroína.

A ti amigo del alma y del amor Alan, que con los 17 años de conocernos eres mi gemelo y uno de mis ángeles, me viste iniciar y me ves continuar, porque aún no se termina. ¡BriXty lo mejor!

A mis ángeles y amigos Dinorah, Jairo, Mariana, Bere, Liz, Ane, Jimenita, Jenny y Carlos, que sin ustedes no habría tenido una maravillosa historia que contar en toda mi vida como estudiante.

A ti Lilí, mi hermosa íntimis, sin ti mi primer empleo no habría sido una gran experiencia, te amísimo y hartos gliters de la virgencita plis.

A ti Rubén por mostrarme el verdadero coraje y ganas de salir adelante.

Finalmente a mi amada casa de estudios la UNAM y a mis sinodales Mtra. Sara Camacho, Act. Luz María Lavín, Dr. Arturo Erdely y Lic. Jaime Vergara por esos conocimientos de los cuales he absorbido lo máximo posible.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
<i>Hay veces que la luna sale de día, pero el sol nunca sale de noche... ¿Sabes por qué?</i>	2
<i>Dime de qué presumes y te diré de qué careces...</i>	3
<i>Quien su origen no conoce su destino desconoce...</i>	5
<i>Escribiré tu nombre en mayúsculas...</i>	7
<i>Aquello que sale del corazón, lleva el matiz y el calor de su lugar de origen...</i>	9
<i>¿Cómo decir no te vayas si ya no estás?...</i>	13
<i>El secreto de un negocio es que sepas algo que nadie más sabe.</i>	13
<i>La gente no entiende que los problemas son y serán, el por qué de vivir mañana...</i>	14
<i>No importan los problemas, importa la solución...</i>	16
I. MARCO CONTEXTUAL	17
I.I Producción de acuerdo a la Asociación Agrícola Local de Productores de Aguacate de Uruapan	
Michoacán (APROAM)	17
I.I.I Introducción	17
I.I.II Clima y Suelo	17
I.I.III Sistemas de Plantación	18
I.I.IV Cosecha	19
I.II Costo de producción del Aguacate	20
I.II.I En huerto con sistema de fertirrigación y manejo integrado	20
I.II.II En huerto con manejo integrado en huerta temporal	21
I.III ¿Quién establece los precios del Aguacate?	21
I.IV Amenazas y realidades del aguacate mexicano	22
I.V Problemas del aguacate mexicano en Europa	23
I.VI Exportación hacia los Estados Unidos	24
I.VII Comercio en Asia	25

I.VIII Canales de comercio	25
I.IX Problemática actual del sistema mexicano productor de aguacate	27
I.X Comisión Mexicana del aguacate, A.A.	33
I.XI Asociación Agrícola Local de Productores de Aguacate de Uruapan, Michoacán	34
I.XII Procesos de certificación y organismos de certificación	35
II. MODELOS DE BOX-JENKINS	37
II.I Glosario	38
II.I.I Modelos matemáticos	38
II.I.II Proceso estocástico	39
II.I.III Pronósticos y toma de decisiones	39
II.I.IV Series de tiempo	40
II.I.IV.I Componentes de las series de tiempo	40
II.I.V Modelos univariados y multivariados	43
II.I.VI Metodología de Box-Jenkins	43
II.I.VII Funciones de primer y segundo orden	45
II.I.VIII Periodicidad	45
II.I.VIII.I Función seno	46
II.I.VIII.II Función seno generalizada	47
II.II Modelos estacionarios	48
II.II.I Modelos autorregresivos $AR(p)$	49
II.II.II Modelos de medias móviles $MA(q)$	50
II.II.III Modelos $ARMA(p,q)$	51
II.II.IV Dualidad de los modelos	51
II.III Modelos no estacionarios	52
II.IV Modelos $ARIMA(p,d,q)$	52
II.V Modelos con variación estacional	53
II.V.I Modelos exclusivamente estacionales	53
II.V.I.I Modelos $SAR(P)$	53
II.V.I.II Modelos $SMA(Q)$	54
II.V.I.III Modelos $SARIMA(P,D,Q)$	54
II.V.II Modelos multiplicativos	54
II.VI Resumen de modelos	55
II.VII Descripción de la metodología de Box-Jenkins	55
II.VIII Pronósticos	56

II.IX Actualización de los pronósticos	57
III. MODELADO DEL PROBLEMA	58
III.I Recapitulación	58
III.II Serie de tiempo inicial	59
III.III Diferencias y transformaciones	62
III.IV Estimación	66
III.V Diagnóstico	66
III.V.I Análisis de estacionaridad	66
III.V.II ¿El modelo está sobre especificado?	67
III.V.III ¿El modelo está sub especificado?	67
III.V.IV Datos atípicos	68
III.V.V Comparativo de modelos	68
III.V.VI Selección del mejor modelo	70
III.V.VII Análisis gráfico del modelo seleccionado	70
IV. PRONÓSTICOS	73
V. CONCLUSIÓN	77
REFERENCIAS	82

Introducción

Siendo un día de ocio de aquellos en los que uno enciende la televisión y sólo encuentra las típicas telenovelas que tratan los mismos guiones de los clásicos, los mismos dibujos animados violentos y los ya tan de moda “reality shows” que nos muestran un entretenimiento extraño, con un poco de suerte se tuvo la dicha de encontrar un programa en un canal informativo en el cual se encontraban un grupo de personas dialogando distintos puntos de interés sobre el fruto del aguacate tales como la antigüedad y la importancia que tuvo para los médicos, pero profundizando un poco más en el tema se encuentra que médicos como Francisco Hernández de Toledo¹ médico del rey Felipe Segundo que alrededor del año 1570 cubre una tarea del rey que constaba de realizar una expedición a la entonces Nueva España para llevar a cabo una investigación de botánica de entre las cuales se encontraba como principal objeto de estudio al fruto del aguacate debido a su particular beneficio para la salud²; retomando un poco más sobre la discusión que se presentaba en dicho programa se llegó a un punto que capta en su totalidad el interés y es cuando mencionan el papel que desempeña el fruto en la economía mexicana, desde los campesinos, hasta las exportaciones³.

Esto despierta la curiosidad de aplicar las matemáticas por medio del establecimiento de un modelo que genere los pronósticos de los ingresos mexicanos por exportación de aguacate, y que en consecuencia nos podrá servir como una base y justificación para la creación de un conjunto de propuestas o políticas que beneficien al campo, a la agricultura, o diversos rubros que se encuentren inmersos en el tema, con el propósito de evitar que se tomen decisiones erróneas. Todo esto debido a que la agricultura es uno de los sectores más olvidados en nuestro país y mediante un pronóstico de los beneficios económicos que nos brinda esta actividad lograr un cambio en nuestra perspectiva y ver más allá de lo que nuestros ojos nos permiten ver.

¹ Programa “El comal que marca las horas”, Canal Once IPN.

² Hernández, Francisco, Cuatro libros de la naturaleza y virtudes medicinales de las plantas y animales de la Nueva España, Morelia, México, 1888.

³ Programa “El comal que marca las horas”, Canal Once IPN.

*Hay veces que la luna sale de día, pero el sol nunca sale de noche... ¿Sabes por qué?*⁴

Nuestra casa, la Tierra, que es una asombrosa esfera irregular de color azul y blanco cuando es vista desde el espacio, el tercer planeta desde el Sol, es el único lugar que se sabe con seguridad tiene vida y agua líquida en la superficie y que la tierra en unión con el agua y una semilla del fruto del aguacate en sincronización con un clima tropical o subtropical nos resultará un árbol que, con el cumplimiento de un intervalo de tiempo nos podrá llegar a suministrar frutos o desempeñar una función ornamental.

A dicho árbol se le designa el nombre de palta, aguacatero o simplemente como el nombre del propio fruto aguacate, dependiendo de la variedad, el árbol puede exteriorizar diferentes características desde una planta de pequeña altura y copa frondosa, hasta una planta alta y esbelta que puede alcanzar los 30 metros de altura y la madera que la compone llegar a ser frágil. Es una planta originaria del continente americano que pertenece a la familia de las lauráceas (nombre común de una familia de plantas con flores que se desarrolla en regiones tropicales, además del aguacatero se encuentra el alcanforero, el canelero y lintera que se muestran en la *Figura 1*), su fruto, el aguacate con nombre científico *Persea Americana Mill* (*Tabla 1*).

La *Persea Americana Mill* o aguacate es una baya conformada en su interior de una semilla grande ubicada en el centro y que a su alrededor contiene una gruesa y carnosa pulpa, todo se encuentra cubierto por una cáscara que dependiendo la variedad cambia en espesor y textura.

Las variedades que se cultivan difieren en tamaño, forma, color y otros caracteres que las identifican. Por lo general van de piriformes (con forma de pera) a redondos u ovalados, sin embargo pueden tener forma de pepino o calabaza. Lo que refiere al peso, los frutos oscilan de unos cuantos gramos hasta un kilogramo o más. El color suele darse del verde al amarillento claro, verde claro, castaño y del pardo al negro púrpura⁵.

⁴ Trevi, Gloria. 2004. ¿Cómo nace el universo?. ¿Cómo nace el universo?. Centro de readaptación social Chihuahua: Sony Music.

⁵ Programa "El comal que marca las horas", Canal Once IPN

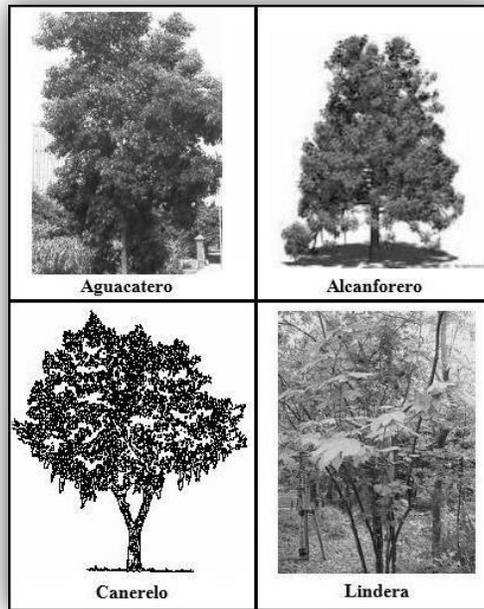


Figura 1. Árboles familia lauráceas.

FICHA TÉCNICA	
CULTIVO DE AGUACATE	
COMPONENTE TÉCNICO	
Nombre común	Aguacate
Nombre técnico	Persea americana Mill
Orden	Ranales
Familia	Lauraceae

Tabla 1. Ficha técnica del cultivo de aguacate. Fuente: www.aproam.com

Dime de qué presumes y te diré de qué careces...

El aguacate se ha llegado a convertir en un componente de suma importancia dentro de la dieta de la población mexicana y de la misma forma para familias en muchas partes del mundo, esto debido a que aporta una gran cantidad de nutrientes (Tabla 2) así como muchos otros beneficios a la salud.

Haciendo referencia a las propiedades del fruto, hablamos de que nos aporta un efecto benéfico adicional al funcionar como catalizador para eliminar el colesterol dañino a la salud humana y reduce el riesgo de desarrollar esclerosis; a su vez tiene un

efecto favorecedor en pacientes con asma y artritis reumatoide⁶; las hojas, la semilla y el fruto son utilizados en la medicina homeopática para la eliminación de microorganismos relacionados con el desarrollo de la disentería y algunos desajustes digestivos, de la misma forma las hojas pueden servir como expectorantes.

Análisis nutrimental (100 g. de pulpa de aguacate Hass)	
Fibra	0.4 g.
Carbohidratos	5.9 g.
Proteínas	1.8 g.
Grasa Total	18.4 g.
Ácidos Grasos	
Saturados	3.0 g.
Monoinsaturados	8.9 g.
Poliinsaturados	2.0 g.
Retinol (A)	17.0 g.
Tiamina	0.10 mg.
Riboflavina	0.10 mg.
Niacina	1.8 mg.
Vitamina C	15.0 g.
Vitamina E	1.53 g.
Vitamina B6	0.25 mg.
Folate	10.0%
Ácido Pantoténico	0.87 mg.
Calcio	24.0 mg.
Sodio	4.0 mg.
Potasio	604.0 mg.
Zinc	0.42 mg.
Kilocalorías	181.0 Kc.

Tabla 2. Análisis Nutrimental Fuente: www.aproam.com

En la gastronomía, el aguacate se consume en muy variadas formas, en ensaladas, sopas, guisados, postres y algunas bebidas, es por eso que existe un recetario editado por la “Asociación Local de Productores de Aguacate de Uruapan Michoacán”.

La industria de los cosméticos lo emplea en artículos de belleza en la elaboración de aceites, lociones, jabones, cremas y shampoos⁷.

⁶ M. Alvisouri *et al.*, resúmenes IV Congreso Mundial de Aguacate

⁷ <http://www.aproam.com>

Quien su origen no conoce su destino desconoce...

(Anónimo)

De acuerdo con el libro *“Frutos del Campo Michoacano”* el aguacate es un fruto cuyo origen se ubica en tierras americanas, principalmente en México, América Central y la región norte de Sudamérica. De las zonas anteriormente mencionadas se formó la principal especie botánica, la *Persea Americana Mill*, con tres tipos de razas, la mexicana, guatemalteca y antillana. De éstas provienen todas las variedades de aguacate conocidas y las más comerciales en el mundo.

La raza mexicana tiene su origen en los estados de Nuevo León, Veracruz, Puebla y Michoacán; la raza guatemalteca proviene principalmente de Centroamérica, lo que es Guatemala y el estado mexicano de Chiapas; por lo que se refiere a la raza antillana no se tienen datos totalmente confiables sobre su origen.

El aguacate, cuando se llevó a cabo la conquista en América, ya era popular desde México hasta Colombia, Ecuador y Perú (*Figura 2*).



Figura 2. Ubicación del origen del aguacate.

De las tres razas mencionadas se derivan innumerables híbridos y variedades, por ejemplo, de la mexicana se tiene la Atlixco, Bacon, Duke, Sinaloa y Zutano; de la guatemalteca encontramos Anaheim, Collins, Lamat y Linda; y a la variedad antillana se encuentra la Baker, Butler, Polok y Villa Campa (*Tabla 3*).

Las principales variedades en México han sido la Fuerte y Hass. La variedad de la Fuerte (*Figura 3*) resultó de la cruce entre la raza guatemalteca y mexicana que se

originó en Atlixco, Puebla, esta variedad se introdujo a los Estados Unidos en el año de 1911 y constituyó una base para la creación de la industria aguacatera en el estado de California. La variedad fue una de las primeras que se cultivaron en huertas de Michoacán para producirla de manera intensiva. El árbol tiene como característica ser corpulento, con las ramas extendidas, su fruto es resistente al frío y sensible al calor, tiene forma de pera alargada, su cáscara es delgada y poco rugosa, de un color verde mate con puntos blanquecinos; la pulpa tiene un ligero sabor de almendra⁸.

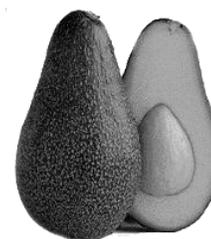


Figura 3. Aguacate de la Fuerte.

Raza de Aguacate	Mexicana	Guatemalteca	Antillana
Variedades de aguacate	Atlixco, Bacon, Duke, Sinalora y Zutano	Anaheim, Collins, Lamat y Linda	Baker, Butler, Polok y Villa Campa
Híbridos de aguacate	Fuerte y Hass		

Tabla 3. Resumen de las variedades de aguacate.

La variedad Hass (*Figura 4*) se originó en California, E.U., en 1935. Se supone que también es el resultado de una cruce entre la raza guatemalteca y mexicana, aunque no se ha podido establecer con exactitud la mezcla que dio origen al fruto. El árbol es de tamaño mediano, tronco erecto y copa extendida, su fruto es de tamaño medio, con un peso entre 180 a los 250 gramos, con forma de huevo o pera no muy alargada, la cáscara rugosa y áspera de un color verde oscuro cuando aún no está maduro pero cuando está listo para comer es de color negro. El sabor es similar al de una almendra y la textura de la pulpa se asemeja al de la mantequilla.



Figura 4. Aguacate Hass.

⁸ Documento interno de la Asociación de Exportadores y Empacadores de Aguacate Michoacán, A.C. (ASSEAM) Uruapan, Michoacán, 1998.

El nombre de “aguacate” proviene de la palabra náhuatl *ahuacatl*, que significa testículo, se debe a que una mayor parte de los frutos de las distintas variedades tienen esa forma. Los nahuas solían referirse a la planta *ahuacacuahuitl*, de *ahuacatl*, testículo y de *cuahuitl*, árbol; es decir, árbol de los testículos. Los purépechas en Michoacán lo llamaban *cupanda* tanto al árbol como al fruto; y en Sudamérica lo llamaban *palta*, nombre de una región en Perú del imperio inca, donde se supone que se diseminó por todo el sur del continente.

De la misma palabra *ahuacatl* también derivan las palabras “avocado” del inglés y “avocar” del francés (Gómez Vargas 1984)¹⁰.

Existe evidencia arqueológica del consumo en el continente americano desde hace miles de años antes de la era cristiana. Se encontraron restos de semillas de aguacate en la región de Tehuacán, Puebla, con antigüedad de siete a ocho mil años. Además, se encontraron evidencias de semillas de la raza mexicana en cuevas cercanas a Mitla, Oaxaca, con antigüedad de 700 u 800 años a.C. En el Valle de Casma, en Perú, a unos 18 kilómetros de la costa del Océano Pacífico, se encontraron vestigios arqueológicos de aguacate que data, aproximadamente, de 1200 a 1800 a.C. En las Antillas no existen evidencias de la existencia del aguacate antes de la Colonia, por lo que se supone que fueron los españoles quienes lo introdujeron en esas islas (Barrientos, 1994).

Una vez que los españoles llegaron a la Gran Tenochtitlán se encontraron con una inmensa variedad de frutos, plantas y hierbas en los mercados, entre esos frutos encontraron al aguacate y existen algunos escritos de la época de la Colonia que refieren al aguacate. Una de las primeras narraciones la hace Martín Fernández de Enciso (*Summa de Geografía*) quien probó el aguacate en Colombia en 1519. Al referirse al fruto expresó: “Se parece a una naranja y cuando se parte para comerlo es de color amarillo. Lo que hay dentro es mantequilla, tiene un sabor delicioso y deja un

⁹ Pausini, Laura. 2004. *Tu nombre en mayúsculas*. Escucha. Studio Impatto: Warner Music.

¹⁰ El maestro Cayetano Reyes, investigador de El Colegio de Michoacán, hablante y estudioso del náhuatl, opina que la palabra *ahuacatl* se deriva de a=agua; ua, sufijo de posesión y cal=casa, por lo que su significado real sería: “La casa que tiene agua”. El significado de <testículo> se deriva de una apreciación que tuvieron los españoles al ver el fruto colgando del árbol.

gusto tan blando y tan bueno que es maravilloso”¹¹. Gonzalo Hernández de Oviedo (1478-1557) también se refiere al aguacate “como unas peras, pero sin el sabor y textura de éstas” (Gómez Vargas, 1984).

Fray Bernardino de Sahagún, historiador y religioso español, escribió sobre el aguacate en su obra “De las cosas de la Nueva España”, escrita en 1569. José de Acosta, naturista y escritor jesuita español, menciona al aguacate en la obra “Historia Natural y Moral de las Indias”, una obra completa sobre fauna y flora del continente americano del siglo XVI que fue escrita en 1589. (Gómez Vargas, 1984).

A finales del siglo pasado Don Eduardo Ruíz (1839-1907), escritor michoacano, escribió su obra “Michoacán, paisajes, tradiciones y leyendas”. En ella detalla la existencia de huertas de aguacate cerca de Uruapan. Esas huertas existieron desde muchos años atrás y junto a los aguacates se encontraban árboles tropicales y subtropicales (Gómez Vargas, 1984). A principios del presente siglo Ruíz Valencia describe varios tipos de aguacate: “Dulce Largo”, “Dulce Grande”, “Verde Precoz de San Ángel”, “Morado de Chalco”, “Negro de San Ángel”, “Morado de San Ángel”. Y refiriéndose expresamente al Distrito Federal describe:

...en San Ángel, D.F., en la población de Tizapán, ha sido notable siempre por las hermosas huertas que casi en su totalidad la forman, y más aún por la bondad de sus frutos que han llegado a considerarse en esta población, se halla un barrio que se llama Aguacatitla, debido a la abundancia y calidad de sus aguacates¹².

Los datos anteriormente mencionados nos llevan a concluir que durante los periodos de la Colonia, la Independencia y la Reforma, el aguacate ya formaba parte de la dieta alimenticia de la población mexicana. Sin embargo a finales del siglo XIX y sobre todo en los últimos 100 años, el cultivo ha adquirido una importancia en aumento, no sólo en nuestro país o en el continente americano a tal grado que puede considerarse el cuarto cultivo tropical o subtropical no cítrico, superado tan sólo por el plátano, la piña y el mango.

¹¹ Cita tomada de un documento interno de ASEEM

¹² Ruíz Valencia, G. Secretaría de Fomento, Dirección General de Agricultura, Estación Agrícola Central, San Jacinto, D.F., boletín núm. 71, 1912, (citado en Barrientos y Barrientos, 1994)

Aquello que sale del corazón, lleva el matiz y el calor de su lugar de origen...

(Oliver Wendell Holmes)

El aguacate considerado fruto de los dioses, se ha convertido en un objeto de gran importancia en las últimas décadas para la vida económica y social en México y particularmente en el estado de Michoacán. Esto ha sido posible por diversas razones, entre las que sobresalen el hecho de ser el estado de Michoacán una de las regiones que vio nacer al aguacate, por otro lado, han convergido diversos elementos físicos, como el suelo, el clima, el agua, la altura, etc. Y junto a condiciones culturales que señalan a Michoacán como el lugar donde la gente considera al aguacate como un elemento propio de su vida cotidiana.

Entre los años comprendidos entre 2000 y 2008 la superficie cultivada de aguacate en el país aumentó de 94,104 a 112,479 hectáreas y la producción de 907,439 a 1, 162,429 toneladas. Durante este período la participación de Michoacán aumentó de 83.3% al 85% de la superficie cultivada y del 87.6% al 88.1% de la producción nacional¹³. Con el 34% de la producción mundial, el Sistema Producto Aguacate contribuye de manera importante el crecimiento económico del sector agrícola del país, de acuerdo con el Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), el valor de la producción se triplicó en la década pasada pasando de 4,216 a 12,459 millones de pesos y de las exportaciones aumentó en más de 1,000% al pasar de 73.3 a 812.2 millones de dólares. Estimaciones que no incluyen la derrama económica que se generó a través de la generación de empleos y servicios en cada eslabón de la cadena¹⁴.

Michoacán destaca por el cultivo de aguacate de la variedad Hass, tanto por su extensión de 96,764 hectáreas como por su producción anual de 1, 003,450 toneladas¹⁵ representando el 29% del total de la superficie plantada a nivel nacional y

¹³ Impactos ambientales y socioeconómicos del cambio de uso del suelo forestal a huertos de aguacate en Michoacán, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional Pacífico Centro, Campo Experimental Uruapan, publicación especial no. 2, diciembre 2009

¹⁴ Impactos ambientales y socioeconómicos del cambio de uso del suelo forestal a huertos de aguacate en Michoacán, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional Pacífico Centro, Campo Experimental Uruapan, publicación especial no. 2, diciembre 2009

¹⁵ SIAP-SAGARPA, 2006

el 36% de la producción mundial, ubicándolo como el principal productor en el mundo, principal exportador con el 22% del total mundial.

La producción nacional del fruto ha crecido ligeramente, mientras las exportaciones se han elevado a un ritmo muy rápido, por lo que el consumo nacional aparente (Producción Nacional menos Exportaciones) se ha visto afectado (*Tabla 4, Gráfico 1*).

Consumo Nacional Aparente
2000-2012
(En miles de toneladas)

CONCEPTO	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
PRODUCCIÓN NACIONAL	907.4	940.2	901.1	905.0	987.3	1,021.5	1,134.3	1,142.9	1,162.4	1,231.0	1,107.1
EXPORTACIONES	89.3	71.6	94.2	124.2	212.0	229.2	208.3	310.3	326.7	398.2	368.9
CONSUMO NACIONAL APARENTE	818.1	868.6	806.9	780.8	775.3	792.3	925.9	832.6	835.8	832.8	738.3

Tabla 4. Consumo Nacional Aparente. Fuente: SIAP-SAGARPAR, SIAVI-SE.

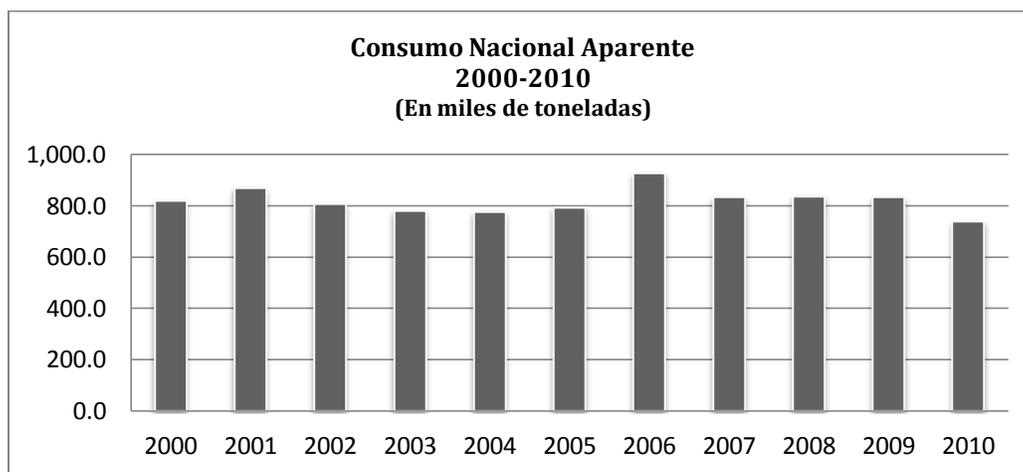


Gráfico 1. Gráfico del consumo nacional aparente.

Michoacán tiene además el mayor consumo per cápita anual (Consumo total entre los habitantes del estado) cerca de 10 Kg. por habitante. Durante el período que se comprende entre 2000-2010 el consumo per cápita del aguacate tuvo un decremento que va asociado al decremento del consumo nacional aparente, el cual a su vez se atribuye al aumento acelerado de las exportaciones (*Tabla 5, Gráfico 2*).

**Consumo Anual Per Cápita Nacional
2000-2010**

CONCEPTO	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
CONSUMO NACIONAL APARENTE (TONS.)	818.1	868.6	806.9	780.8	775.3	792.3	925.9	832.6	835.8	832.8	738.3
POBLACIÓN (1000)	100.3	101.9	103.4	104.9	105.0	106.2	107.4	108.7	110.0	111.2	112.5
CONSUMO PER CÁPITA (KG./HAB.)	8	9	8	7	7	7	9	8	8	7	7

Tabla 5. Consumo anual per cápita nacional. Fuente: SIAP-SAGARPAR, SIAVI-SE.

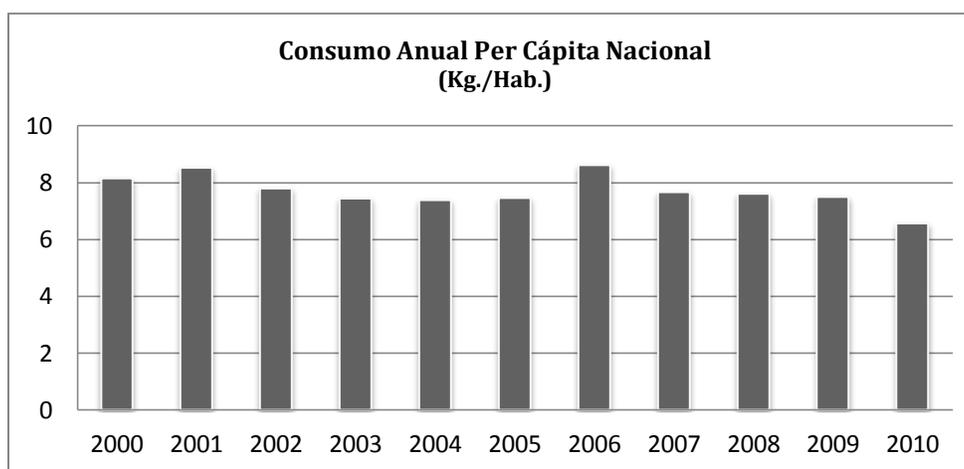


Gráfico 2. Gráfico del consumo anual per cápita nacional.

Además de Michoacán, también otros estados de la República Mexicana producen y exportan el aguacate, entre ellos se encuentran Puebla, Chiapas, Estado de México, Veracruz, Jalisco, Nayarit, Morelos, Guerrero y Sinaloa (*Figura 5*) mismos que son considerados importantes productores. Entretanto en el año 2010 el promedio anual de producción del fruto fue de 138.39 mil toneladas, en la que la participación constituida principalmente por siete estados, los cuales contribuyeron el 97.3% de la producción. Michoacán es el estado que mayor participación tiene, contribuyendo en promedio anual 950.9 mil toneladas, correspondiente a 85.9% del total de la producción (*Tabla 6, Gráfico 3*).



Figura 5. Estados productores y exportadores de aguacate.

**Producción Nacional de aguacate
2010
(En toneladas)**

CONCEPTO	2010
Michoacán	950,942
Jalisco	29,987
Morelos	26,860
Nayarit	25,843
Estado de México	21,328
Guerrero	12,334
Yucatán	10,418
Otros	29,483
Total Nacional	1,107,135

Tabla 6. Producción nacional de aguacate. Fuente: SIAP-SAGARPA

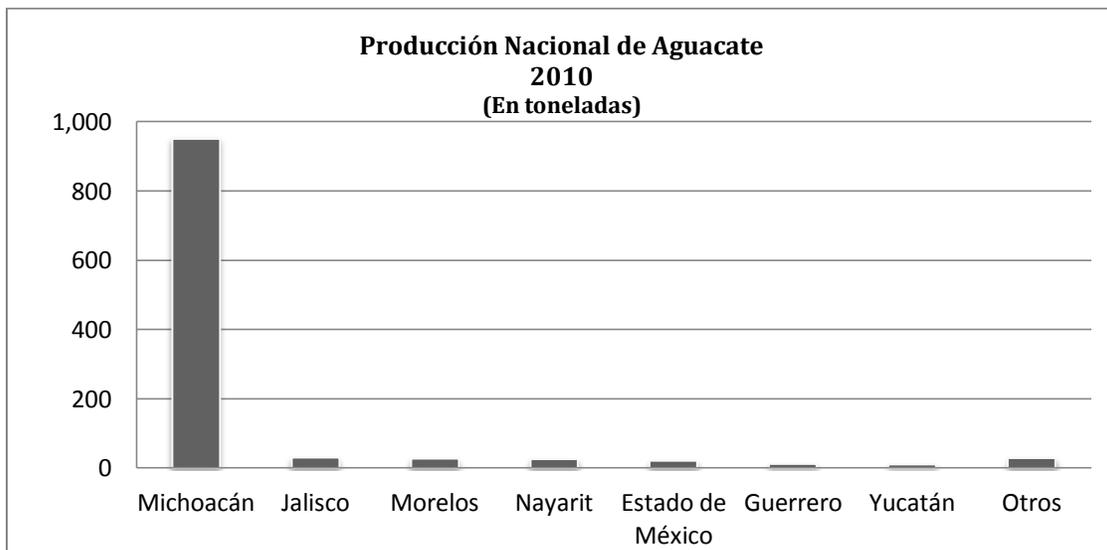


Gráfico 3. Gráfico de la producción nacional de aguacate.

A nivel internacional en 2009 se obtuvo una producción de aguacate de 3,854 mil toneladas, procedentes de casi 50 países de los cinco continentes; México se colocó como el principal productor con 1,231 mil toneladas, cantidad que significa 32% de la producción total. Para el mismo año 2009, la superficie mundial recolectada de aguacate en promedio fue de 436.3 miles de hectáreas, los seis países principales que cultivan actualmente aguacate son: México, Indonesia, Estados Unidos, Colombia, Brasil y República Dominicana, de estos países quien más ha crecido es Colombia con una tasa media anual del 8%. México creció a un promedio de 3% anual en dicho periodo¹⁷(Gráfico 4).



Gráfico 4. Distribución de la producción internacional de aguacate.

El secreto de un negocio es que sepas algo que nadie más sabe.

(Aristóteles Onassis)

Desde 2002 Estados Unidos había sido el principal importador de aguacate pasando por encima de Francia que hasta 2001 ocupaba el primer lugar. Estados

¹⁶ Rubio, Paulina. 2007. Ayúdame. Ananda. Estados Unidos: Universal Music México.

¹⁷ www.aguacate.gob.mx

Unidos adquiere en promedio por año el 25.2% de las importaciones totales, para el año 2003 Japón se convierte en un importador importante, pues en 1996 importó 9 mil toneladas y para 2004 realiza importaciones por 32 mil toneladas (*Gráfico 5*).

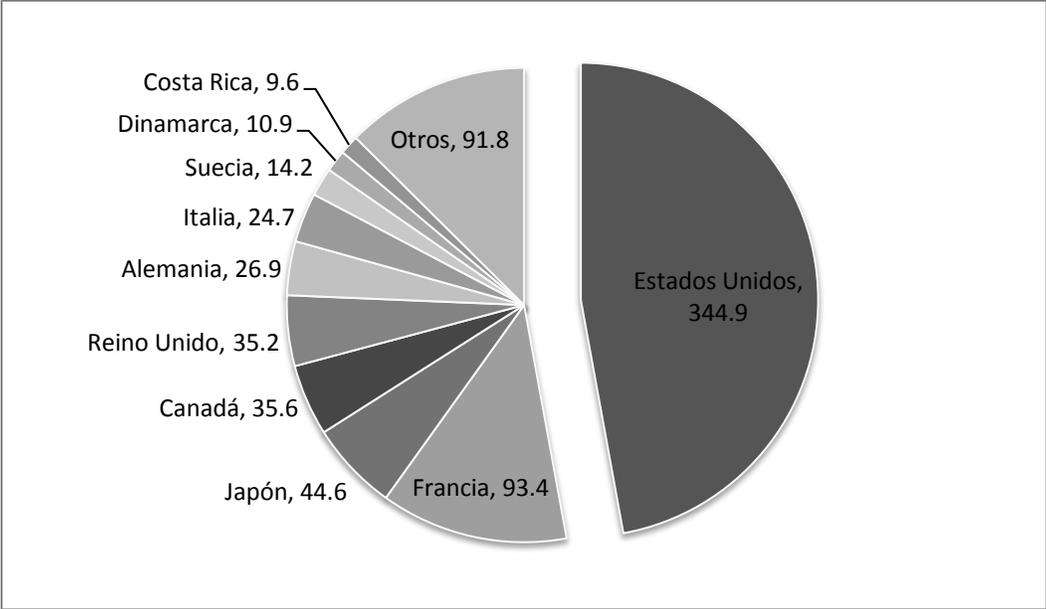


Gráfico 5. Distribución de los países importadores de aguacate 2010. Fuente: FAOSTAT.

La gente no entiende que los problemas son y serán, el por qué de vivir mañana...

Con base en los datos proporcionados anteriormente vemos que la economía en nuestro país depende en cierta medida de los beneficios que se obtienen de la agricultura, especialmente por el fruto del aguacate; así como de las manos de los campesinos que para ellos es ganarse el pan de cada día con las cosechas que se obtienen durante el año y que a su vez es el soporte de muchas familias mexicanas.

Durante los últimos años la población activa ha estado migrando hacia otras actividades, para el 2008 un total de 4,332, 070 personas contaban con empleo, del cual el 13.1% se encontraba involucrada con el sector primario, desempeñando actividades de agricultura, ganadería, pesca, entre otros. El 25.2% se desarrollaba en el sector secundario, realizando actividades de transformación de la materia prima, procesos industriales, industria conservera, textil, metálica, entre otros. Por último el

60.8% estaba ubicado en el sector terciario en el desempeño de actividades de comercio, transporte, turismo, educación, sanidad y administración¹⁸.

Esto quiere decir que de la población económicamente activa la menor parte se encuentra en el sector primario por innumerables razones, siendo la principal la revolución industrial que trajo como consecuencia la reducción de la necesidad de fuerza de trabajo que permitió el aumento de la productividad. Los capitales, la fuerza de trabajo y las mercancías excedentes se invirtieron en la industria. En los países desarrollados y subdesarrollados también el sector primario es ocupado en menor proporción y tiene un peso menor al PIB. Aunque cada sector muestra ciertas debilidades y fortalezas se considera que el sector primario tiene una capacidad productiva muy pequeña, ya que los recursos naturales muy difícilmente se renuevan solos en su totalidad, como lo es la tierra, petróleo, minería o pesca.

El sector primario cada vez va perdiendo más importancia para la economía nacional en palabras de producción, reflejo de una mayor actividad de las manufacturas y los servicios a escala nacional. En los últimos 30 años se ha reducido a una tercera parte su importancia.

En el caso de la exportación de aguacate la economía mexicana tendría varios beneficios de los cuales se pueden tener mayores ventas, mayor eficiencia operativa, mejor asignación de recursos, posicionamiento más fuerte frente a proveedores, menor riesgo financiero por tipo de cambio, acceso a nuevos mercados financieros y beneficios, menos exposición a la variación de la demanda, elevación de la barrera de entrada al mercado local entre otros. Asimismo se elevará la entrada de divisas que traerán el beneficio a los bancos y todo un incremento en empleos y como consecuencia beneficios a cada eslabón que conforma nuestra economía. Siendo la primicia para establecer un modelo para pronosticar los ingresos por exportación de aguacate y con base en los resultados arrojados por el modelo tomar decisiones para el beneficio del campo. Dado que la exportación beneficia no solo a los productores sino a la población y gobierno por la entrada de divisas, el pronóstico puede generar información que pueda servir para crear algún tipo de política a favor de los

¹⁸ www.inegi.gob.mx

productores para incrementar las exportaciones, como algún estímulo fiscal o subsidios para incrementar los campos de producción. A los productores les puede servir para la obtención de créditos para la producción.

No importan los problemas, importa la solución...

Este problema se abordará por medio de la metodología de Box-Jenkins utilizando datos de los ingresos por exportación de aguacate en México que han sido obtenidos desde el Banco de Información Económica en el sitio web del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), se cuenta con un total de 230 datos tomados con una frecuencia mensual desde enero de 1993 hasta febrero de 2012, siendo la unidad de medida miles de dólares. La fuente de los datos es: Grupo de Trabajo de Estadísticas de Comercio Exterior integrado por el Banco de México, INEGI, Servicio de Administración Tributaria y la Secretaría de Economía. Toda la metodología será por medio del uso de *software Statgraphics* para una mayor precisión y aprovechar la bondad que nos ofrece esta herramienta.

Se ha decidido utilizar la metodología de Box-Jenkins ya que como principal ventaja es que nos ofrece predicciones óptimas en el plazo inmediato y en corto plazo, asimismo nos permite seleccionar entre una amplia gama de modelos según nos muestre el mejor comportamiento de los datos.

También, Box-Jenkins enfatizan en que la clave de un buen modelo ARIMA es que se cumpla el principio de parsimonia (sencillez). Un modelo será parsimonioso si se ajusta a la serie sin utilizar coeficientes innecesarios, en la práctica un modelo parsimonioso suele generar mejores predicciones.

I. Marco Contextual

II Producción de acuerdo a la Asociación Agrícola Local de Productores de Aguacate de Uruapan Michoacán (APROAM)

I.I.I Introducción

La producción del fruto en el estado de Michoacán se lleva a cabo en la zona que forma parte del eje neovolcánico mexicano (*Figura 6*), que cruza al estado por el centro, desde el municipio de Zitácuaro hasta Cotija. Los municipios que destacan por la superficie y la producción son: Chilchota, Los Reyes, Tingüindín, Villa Escalante, Nuevo Parangaricutiro, Ziracuaretiro, Zitácuaro, Tingambao, Tacámbaro, Ario de Rosales, Peribán, Tancítaro y Uruapan.



Figura 6. Franja productora de aguacate en Michoacán.

Debido a las características fisiográficas de estos municipios que constan de abundantes montañas, valles y lagos, también se preserva un ambiente climático y edáfico privilegiado del cual se registran 11 subtipos climáticos, desde el cálido húmedo al semifrío.

I.I.II Clima y Suelo

Para poder llevar a cabo el cultivo del aguacate, se requiere para su crecimiento y desarrollo, una temperatura mínima de 10°C, cabe mencionar que la variedad del

tipo Hass tiene la capacidad para resistir por períodos muy cortos de tiempo temperaturas de 1.1°C; el aguacate se desarrolla prósperamente en zonas con lluvia anual en humedad del 80 al 85%, fotoperíodo anual de 980 a 1,200 horas de luz y un régimen térmico anual de 1,750 a 3,250 unidades de calor acumuladas entre 10 y 30°C.

Con respecto al suelo, el Andosol conocido localmente como topure ha mostrado ser el óptimo, esto es, el término Andosol deriva de los vocablos japoneses "an" que significa negro y "do" que significa suelo, haciendo alusión a su carácter de suelos negros de formaciones volcánicas, el material original lo constituyen, fundamentalmente, cenizas volcánicas, pero también pueden aparecer sobre tobas, pumitas, lapillis y otros productos de eyección volcánica.

I.I.III Sistemas de Plantación

Los sistemas que comúnmente son empleados para la creación de los huertos dependerán de la topografía y la pendiente del terreno.

- Marco Real: Se deben colocar los árboles en líneas rectas y paralelas (*Figura 7*), de tal suerte que la distancia entre plantas sea la misma, se recomienda para terrenos con pendientes entre 0 y 5%.

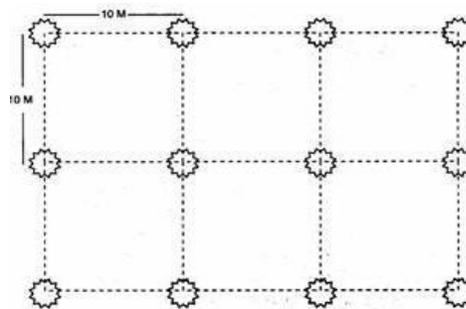


Figura 7. Sistema de plantación "Marco Real".

- Hexagonal: Las plantas estarán equidistantes, formando triángulos equiláteros (*Figura 8*), se logran un 15% más de plantas que en el sistema de marco real, se recomienda en terrenos con pendientes de 5 a 15%.

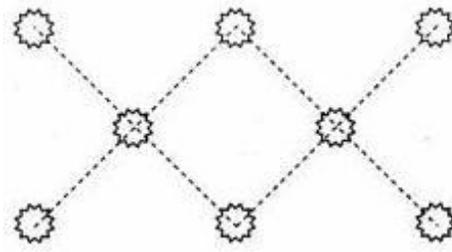


Figura 8. Sistema de plantación "Hexagonal".

- Curvas a nivel: Es utilizado en terrenos con topografía muy inclinada para disminuir la erosión del suelo, deben ser terrenos con pendientes de 15 a 45%.

I.I.IV Cosecha

APROAM ofrece una serie de pasos y sugerencias a seguir para poder llevar a cabo el proceso de cosecha del fruto para evitar que éste se maltrate o contamine, los enunciamos a continuación:

- Utilizar ganchos con una especie de tijeras o cuchillas, además de tener integrado un bolso o red que impida la caída del fruto al suelo.
- Del bolso del gancho, se debe pasar a otro bolso de lona que cuelga del hombro del cortador. Al ser llenada la bolsa de lona, el cortador tiene que pasar con mucho cuidado el fruto a cajas las cuales requieren de estar ubicadas bajo la sombra.
- Las cajas no debe ser llenadas a más del 80% de su capacidad para evitar que al estibarlas se dañe el fruto.
- Los vehículos encargados de transportar el fruto de la huerta al centro de acopio no pueden sobrecargarse y la carga no debe ir suelta.
- El fruto tiene que ser llevado a la empacadora el mismo día que es cortado, así como ir cubierto para evitar los rayos del sol y en caso de lluvias evitar que se moje, asimismo se debe evitar que haya mucho movimiento, por lo que todo debe ir asegurado.
- Las maniobras de carga y descarga deben efectuarse cuidadosamente, evitando golpear las cajas o un movimiento excesivo.

I.II Costo de producción del Aguacate

I.II.I En huerto con sistema de fertirrigación y manejo integrado¹⁹

La Asociación Agrícola Local de Productores de Aguacate de Uruapan Michoacán en el año 2008 presentó a los productores de aguacate en general, el costo de producción, con el objetivo de que pudieran ellos vender su producto al mejor precio y debido al incremento del precio de los lubricantes, fertilizantes, combustibles y mano de obra, el costo de la producción se ha visto impactado con un 34% de incremento con respecto al del año 2007, tomando en cuenta la media de producción que es de 10 toneladas por hectárea (*Tabla 7*).

Concepto	Costo/HA/Año
Labores Culturales	\$2,618.10
Fertilización	\$19,084.14
Riego	\$3,475.11
Control Fitosanitario	\$9,775.17
Maquinaria y Equipo	\$28,250.05
Diversos	\$3,925.78
Subtotal	\$67,124.35
Costo Administrativo (5%)	\$3,356.21
	<hr/>
	\$70,480.56
Costo Financiero Productores en Desarrollo (P. en D.) (100% CETES=7.42)	\$5,229.65
Costo Financiero Otros Productores (O.P.) (CETES=7.42+6 Puntos)=13.42	\$9,458.49
Costo Total (P. en D.)	\$75,710.21
Costo Total (O.P.)	\$79,939.05

Tabla 7. Costo de producción del aguacate con sistema de fertirrigación y manejo integrado. Fuente: Boletín "El aguacatero" No. 55, Ed. Julio-Agosto 2008.

¹⁹ Boletín "El aguacatero" No. 55, Ed. Julio-Agosto 2008, Ing. Salvador Torres Corona, Departamento Técnico de AALPAUM

I.II.II En huerto con manejo integrado en huerta temporal²⁰

La Asociación Agrícola Local de Productores de Aguacate de Uruapan Michoacán en el año 2008 presenta a los productores de aguacate en general, el costo de producción bajo las mismas condiciones que el de sistema de fertirrigación y manejo integrado (*Tabla 8*).

Concepto	Costo/HA/Año
Labores Culturales	\$2,618.10
Fertilización	\$19,080.14
Control Fitosanitario	\$9,775.17
Maquinaria y Equipo	\$23,210.05
Diversos	\$3,925.78
Subtotal	\$58,609.24
Costo Administrativo (5%)	\$2,930.46
	\$61,539.70
Costo Financiero Productores en Desarrollo (P. en D.) (100% CETES=7.42)	\$4,566.24
Costo Financiero Otros Productores (O.P.) (CETES=7.42+6 Puntos)=13.42	\$8,258.62
Costo Total (P. en D.)	\$66,105.94
Costo Total (O.P.)	\$69,798.32

Tabla 8. Costo de producción del aguacate con manejo integrado en huerta temporal. Fuente: Boletín "El aguacatero" No. 55, Ed. Julio-Agosto 2008.

I.III ¿Quién establece los precios del Aguacate?

En el boletín "El aguacatero" No. 1 de la edición de noviembre de 1997 el Ingeniero Luis Zamora Cuevas comenta que los mexicanos somos los primeros consumidores del fruto en el mundo y que además se tiene un consumo per cápita de 10 Kg. por año, su precio al igual que cualquier otro producto depende de la oferta y la

²⁰ Boletín "El aguacatero" No. 55, Ed. Julio-Agosto 2008, Ing. Salvador Torres Corona, Departamento Técnico de AALPAUM

demanda, esta última se encuentra supeditada principalmente por la calidad del aguacate así como la estacionalidad del año, entre otros factores.

Es indudable que también hay factores que conducen a que no se consuma el producto, tal es el caso del fenómeno del “aguacate tierno” (aguacate que aún no está listo para ser cortado) que año con año se cosecha en los meses de agosto, septiembre y octubre; asimismo en temporada de invierno la presencia en el mercado de frutos más económicos como el cacahuete, naranja, mandarina, caña, jícama, tejocote, etc., provoca que la demanda del aguacate disminuya; pero caso contrario en época de semana santa, cuaresma y pascua en el que la demanda aumenta considerablemente y por consecuencia el precio también.

A partir de agosto de 1995 la oferta es controlada por los productores en que las asociaciones agrícolas promovieron de una manera más organizada la promoción de inicio de temporada, partiendo de bases como: costo de producción, existencia de fruto de corte, demanda de mercados nacionales e internacionales y el precio de la fruta negra. Estas campañas llevadas a cabo por medio de televisión y radio en invierno del año 1995 se realizaron con recursos aportados por los gobiernos federal y estatal que año con año aproximadamente aportan \$1,000, 000 para la organización.

Tomando en cuenta la oportunidad que ofrece el aguacate de estar hasta 3 meses en árbol una vez que esté en punto de corte y por medio de sugerencias de asociaciones agrícolas, el aguacate se puede vender en mejores precios en huerta, en empaques y mercados.

I.IV Amenazas y realidades del aguacate mexicano²¹

Siendo este uno de los puntos de importante interés y la razón de ser para el desarrollo del presente trabajo, ciertamente la agricultura es uno de los sectores que se encuentran sumamente olvidados dentro de la economía del país, es por eso que se debe buscar la manera de dar una serie de resultados alentadores para que se pueda impulsar nuevamente al agricultor y de esta manera obtener grandes beneficios.

²¹ Boletín “El aguacatero” No. 45, Ed. Abril 2008, Ing. Jorge Morales Sierra gerente de UDECAM, A.C.

En primer lugar México es el productor número uno de aguacate en el mundo, pero hay varios países potenciales en vías de incorporarse a la producción de aguacate; México se encuentra prácticamente desplazado del mercado europeo como exportador de aguacate debido a que no es competitivo en calidad y precio; aquellas exportaciones al mercado japonés han disminuido en un 50% debido a la falta de interés en calidad del aguacate que se envía así como estabilidad en los precios; descuido total del mercado nacional, debido a que se envían frutos de mala calidad y nulas medidas de inocuidad, haciendo que el consumo disminuya año con año; en México no se cuenta hasta la fecha con un centro de investigación del aguacate enfocado al incremento de producción, mejoramiento de la calidad y el estudio para minimizar los riesgos después de la cosecha, entre otros; asimismo en México son nulos los huertos que llevan a cabo las reglas y normas de inocuidad por los países importadores; las exportaciones del aguacate están enfocadas a Estados Unidos descuidando los mercados que dieron origen a las exportaciones.

De esta manera y reflexionando un poco nos encontramos con lo siguiente:

- Sin bosques no hay agua. El agua y los bosques son la razón de la existencia del clima que beneficia al aguacate y lo estamos destruyendo.
- En pocas palabras el aguacate es un producto importante para todo el país.
- Pensemos en todo el daño económico que se provocaría al destruir este fruto.
- Estamos apostando a un solo mercado de exportación que es Estados Unidos, qué sucedería si en este momento nos cerraran la frontera.

I.V Problemas del aguacate mexicano en Europa²²

Siendo los meses de septiembre, octubre y noviembre del año 2001, fueron registrados, principalmente en Europa, una serie de problemas con respecto a la calidad del aguacate michoacano de exportación. La situación tomó por sorpresa a los exportadores dado que la fruta había llegado bien a su destino, sin embargo, después

²² Boletín "El aguacatero" No. 28, Ed. Septiembre 2002, Fuente Paz y Asociados S. C.

de dos o tres semanas fueron notificados los exportadores de la existencia de problemas graves.

Dentro de los problemas que se reportaron destacan por su número y la claridad de los síntomas, así como fue los daños por pudrición peduncular (pudrición blanda que puede causar la descomposición completa del fruto), también se reportó negligencia del importador en desplazar la fruta inoportunamente.

Para el 17 de diciembre del mismo año, los exportadores involucrados estimaron que los daños estaban presentes en alrededor de 100 contenedores, lo que representaba un volumen aproximado de 2,000 toneladas del fruto y pérdidas equivalentes a los 2 millones de dólares.

I.VI Exportación hacia los Estados Unidos²³

El desarrollo del proceso de exportación hacia el país vecino se da a partir del año de 1990 en el cual uno de los principales obstáculos constaba de la cuarentena contra los barrenadores de hueso y ramas; por lo cual la Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV), la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) y United States Department of Agriculture (USDA) trabajan en conjunto para elaborar un plan de trabajo que determinará zonas libres de éstas plagas en México, teniendo como resultado a cuatro municipios libres en Michoacán, de ellos: Uruapan, Tancítaro, Peribán y Salvador Escalante.

Los estudios finalizaron en el año de 1994 y para el año 1996 el gobierno de Estados Unidos dio a conocer que a partir del primero de noviembre del año 1997, México, particularmente Michoacán con sus cuatro municipios aprobados, podrían iniciar sus exportaciones de aguacate a 19 estados del país del norte; posteriormente la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación con la D.G.S.V. a través del Comité Estatal de Sanidad Vegetal inician acciones de muestreo de los cuatro municipios aprobados y se obtuvieron un total de 1,499 hectáreas propuestas para la producción a exportar.

²³ Boletín "El aguacatero" No. 1, Ed. Noviembre 1997, Ing. Miguel Ángel García Guzmán

Al mismo tiempo se iban registrando los empaques y fueron pre-certificados por la D.G.S.V. que también indicaba aquellas modificaciones necesarias en las instalaciones de los productores y los requisitos para procesar la fruta hacia los Estados Unidos.

En la actualidad, para lograr que el fruto cruce la frontera con el país vecino, el plan de trabajo ha sido el mismo y es confiable para seguir operando durante los años posteriores.

I.VII Comercio en Asia²⁴

En Asia, Japón es la única nación que importa grandes cantidades de aguacate, en 1994, importaron 3, 741 toneladas con una cantidad de 9.5 millones de dólares. Siendo surtido principalmente por México y los Estados Unidos teniendo una participación del 65% y 35% respectivamente.

Los aguacates mexicanos son importados en los meses de septiembre a diciembre, mientras que el de los Estados Unidos llega de febrero a septiembre.

El segundo país importador del fruto es Hong Kong el cual importó en 663 toneladas con 686 mil dólares en el año de 1993, sus proveedores Tailandia seguido por Taiwán, China y Nueva Zelanda.

I.VIII Canales de comercio

El comercio del aguacate así como cualquier otro producto también cuenta con sus canales de comercio²⁵, para el aguacate mexicano se tienen siete diferentes canales descritos a continuación:

²⁴ Boletín "El aguacatero" No. 9, Ed. Junio 1999, Organización para la Alimentación y la Agricultura de las Naciones Unidas (FAO)

²⁵ Programa Estratégico de Investigación y Transferencia de Tecnología en el Estado de Michoacán, Fundación PRODUCE Michoacán, Morelia, Febrero de 2003

- El primer canal es el más largo, es utilizado para minoristas que compran grandes volúmenes.



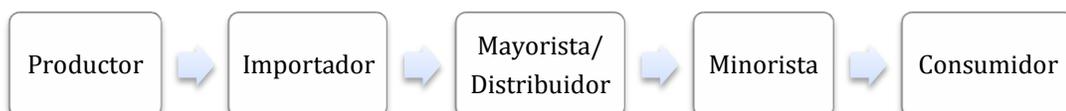
- Para el segundo canal es similar que el anterior pero el minorista compra directamente con el agente sin utilizar al mayorista/distribuidor, es comúnmente utilizado por restaurantes o supermercados.



- En el siguiente canal cuando el productor ha logrado la venta con un minorista el importador puede o no tomar posesión del productor y venderlo al minorista. Si no toma posesión del producto estaría actuando como un agente aduanal.



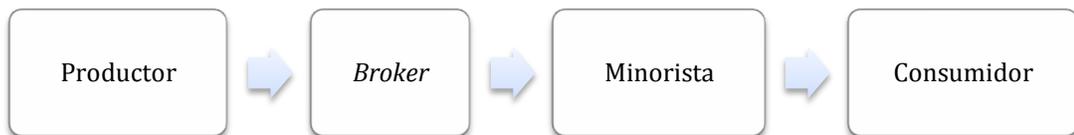
- Para el cuarto canal de comercio la diferencia con el anterior es que no tiene un agente involucrado y el mayorista compra directamente con el importador. De igual forma es utilizado para un minorista que compra grandes volúmenes.



- El siguiente es utilizado para productos originarios de Estados Unidos y no necesitan ser importados, es el más común utilizado por los supermercados.



- En el sexto canal de comercio, se utiliza para productos producidos en Estados Unidos, el minorista compra volúmenes muy grandes y lo hace directamente con un *broker* del productor.



- Finalmente el último canal es utilizado cuando el productor logra la venta directa con el mayorista, sin ayuda de nadie. Funciona principalmente a productos nacionales.

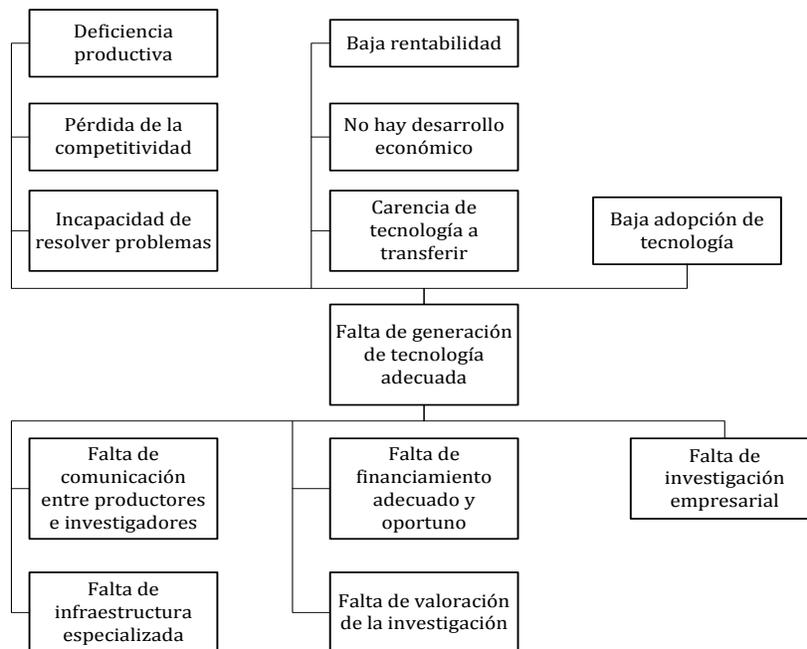


I.IX Problemática actual del sistema mexicano productor de aguacate

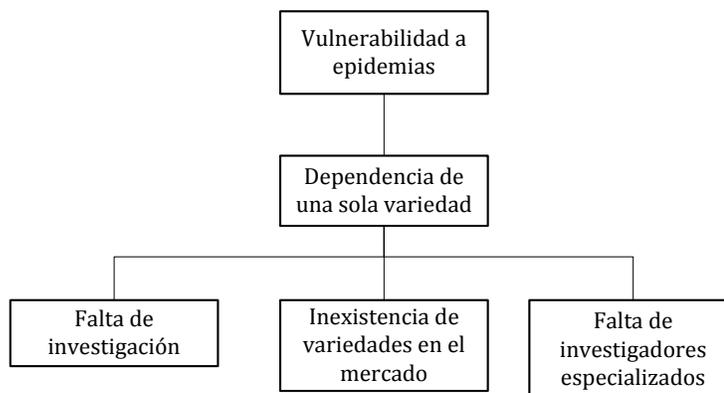
El sistema mexicano productor de aguacate tiene muchísimas problemáticas²⁶ actualmente de diversas índole, de la cuales veremos árboles que nos describen las causas y efectos.

²⁶ Programa Estratégico de Investigación y Transferencia de Tecnología en el Estado de Michoacán, Fundación PRODUCE Michoacán, Morelia, Febrero de 2003

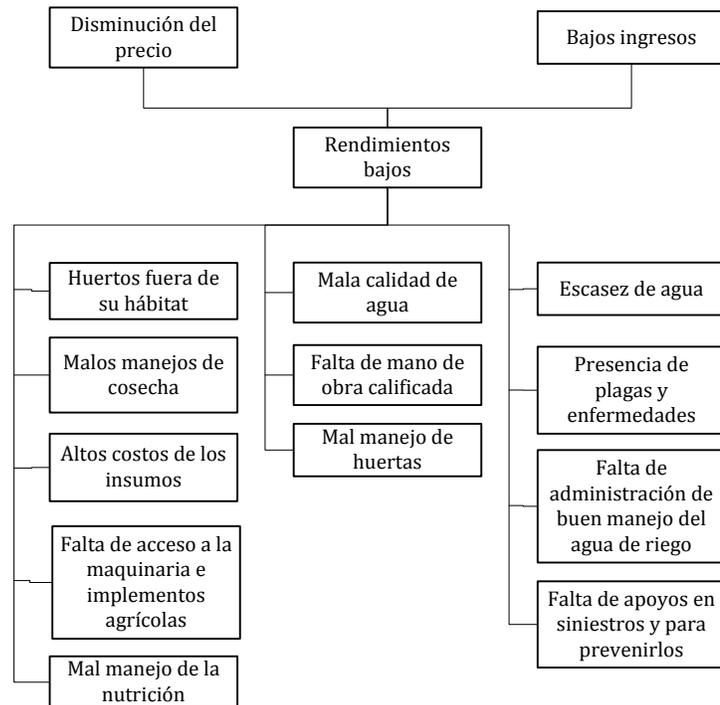
➤ Programación estratégica



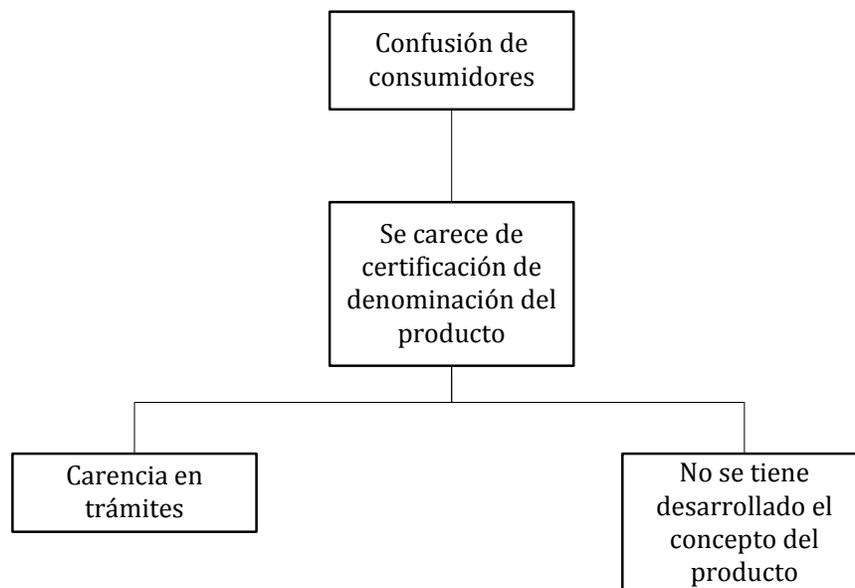
➤ Vulnerabilidad



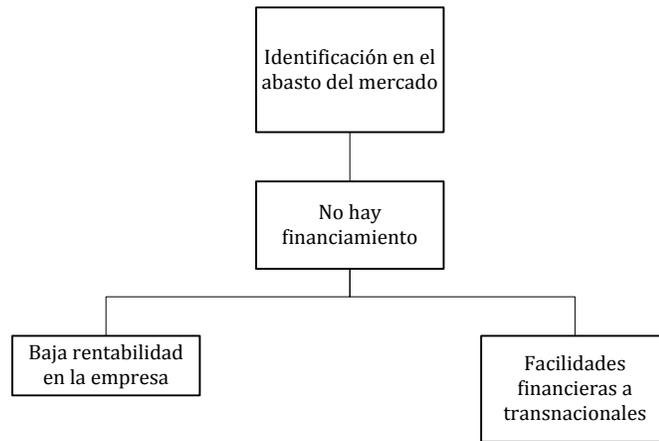
➤ Rendimientos



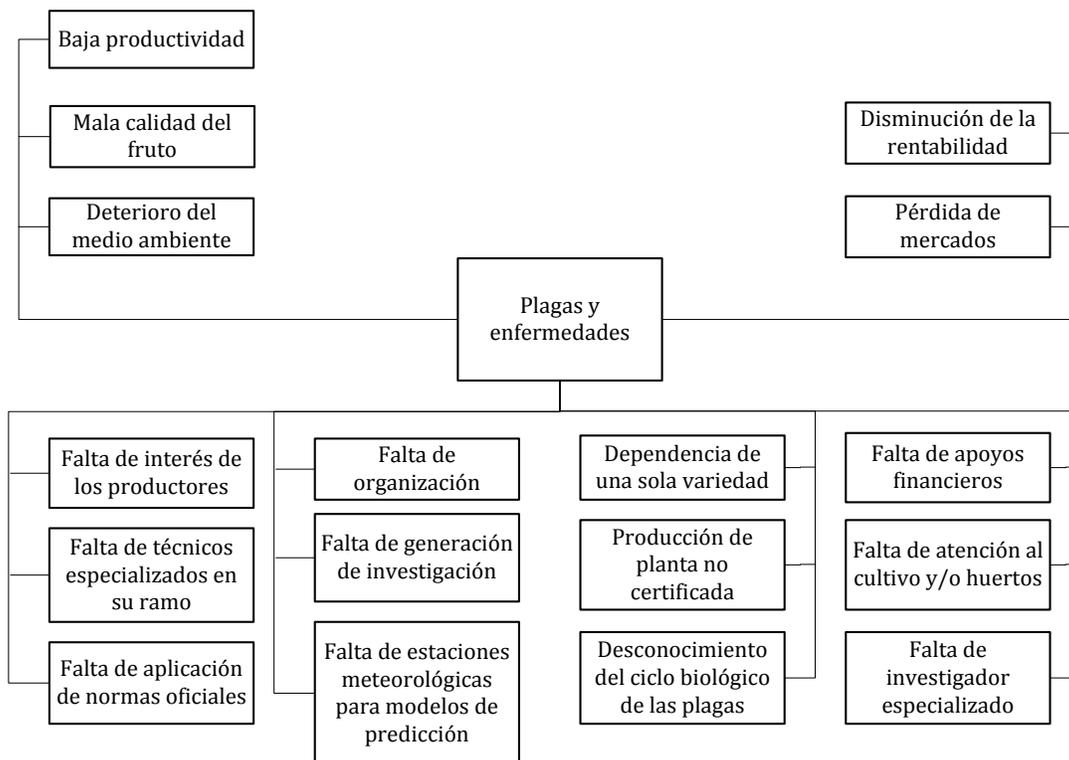
➤ Trámites



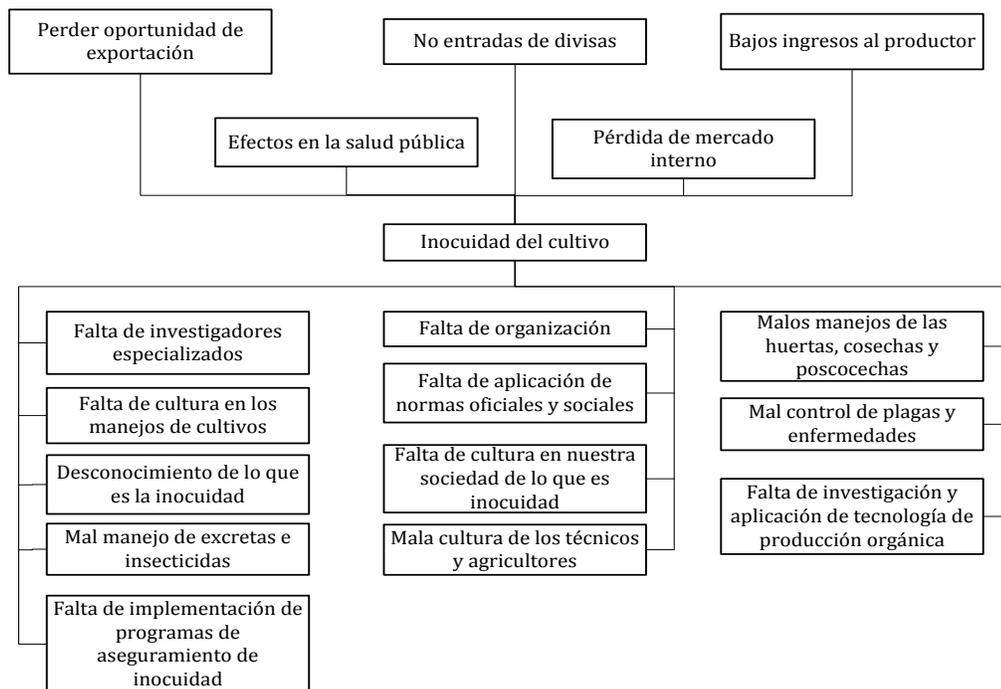
➤ **Financiamientos**



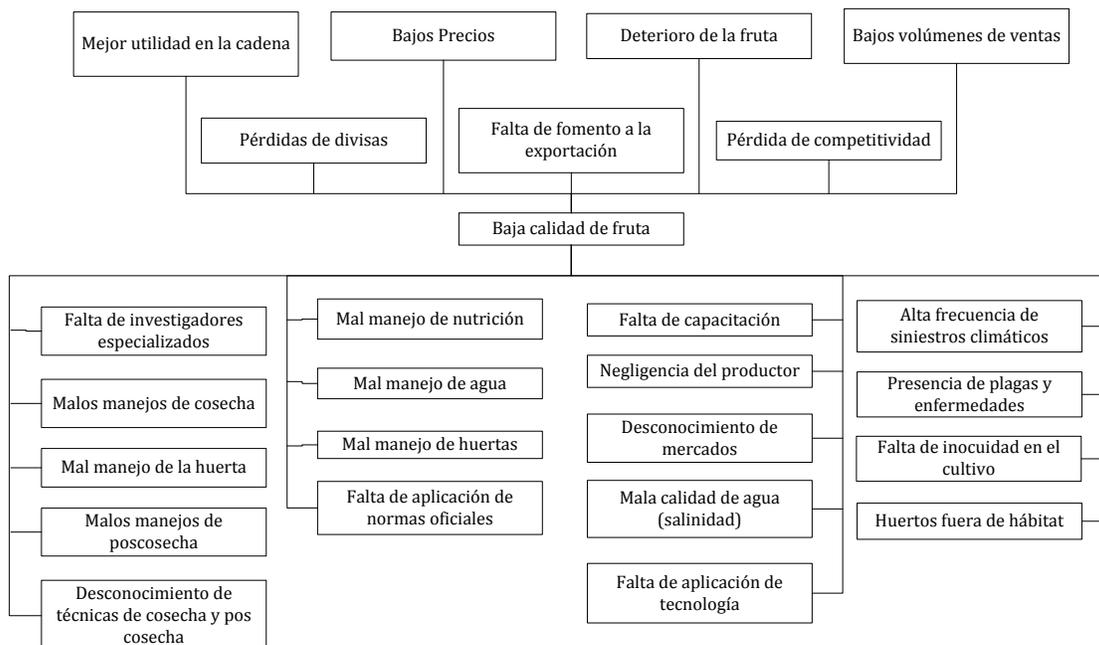
➤ **Plagas y enfermedades**



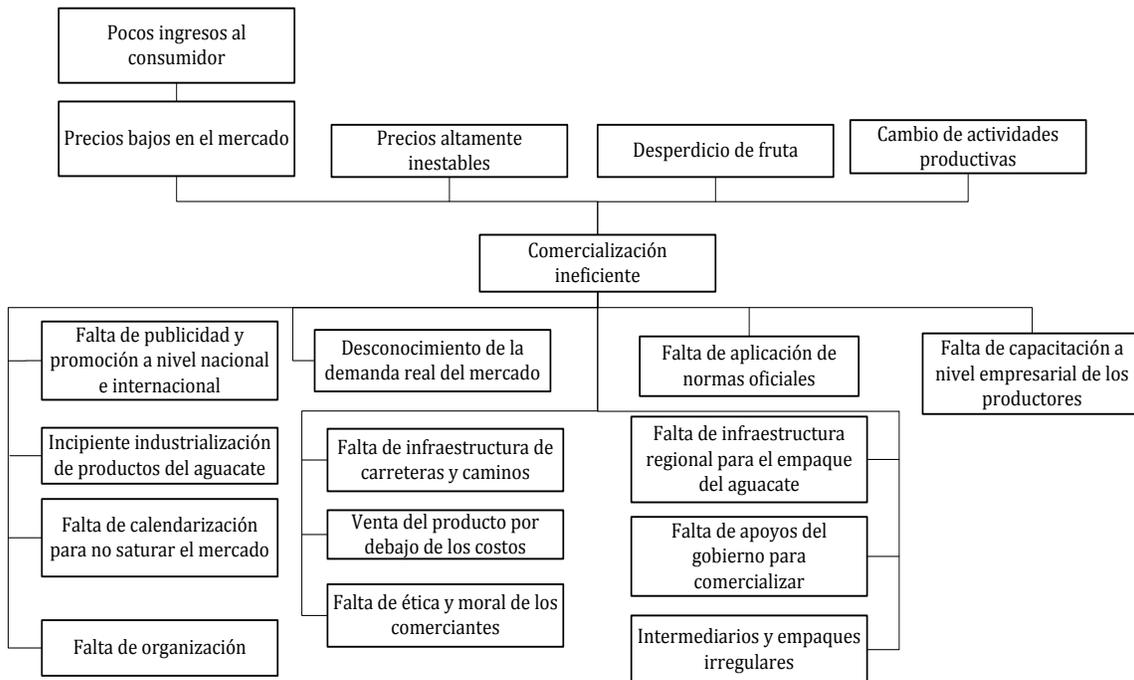
➤ Inocuidad



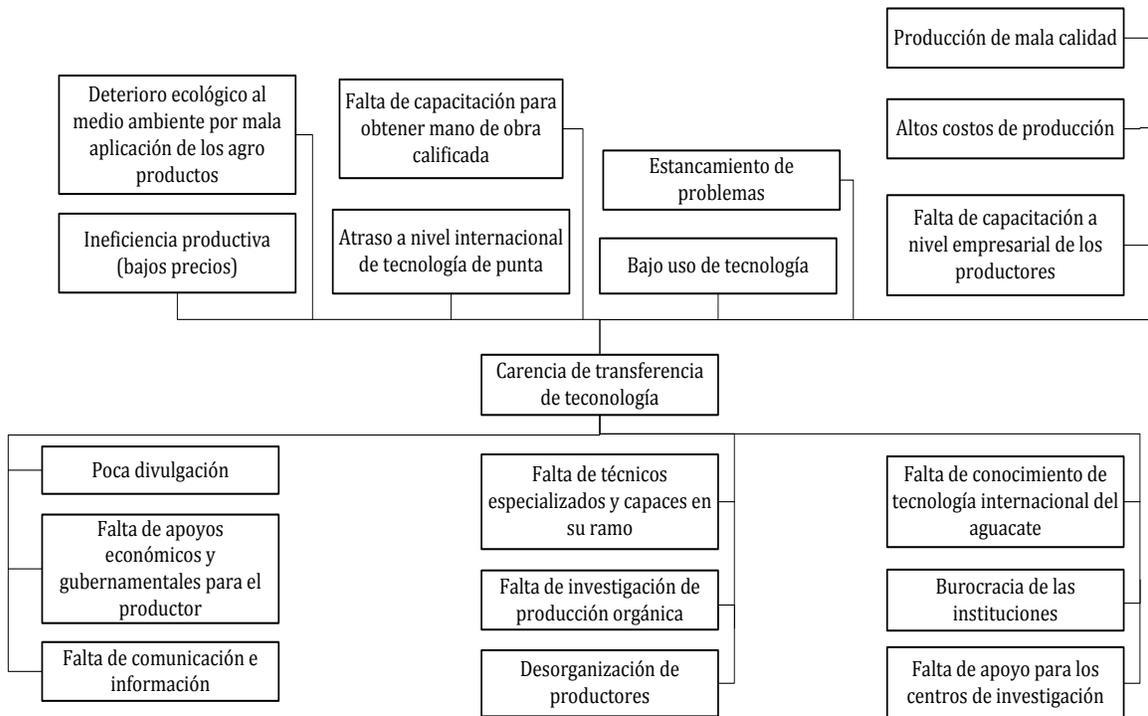
➤ Calidad en la fruta



➤ Comercialización



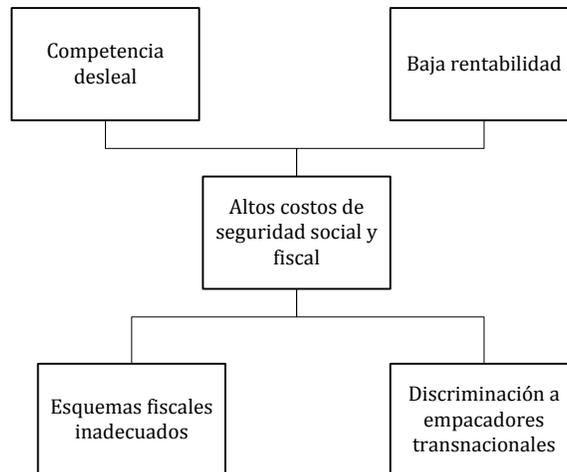
➤ Tecnología



➤ Mano de obra



➤ Costos



I.X Comisión Mexicana del aguacate, A.A.

Es una organización que representa la agroindustria más importante del estado de Michoacán que se constituyó el 12 de octubre del año 2000 en Uruapan, Michoacán en términos de la Ley de Organizaciones Agrícolas del Estado de Michoacán y su reglamento en vigor.

Representa al sistema productor de aguacate de Michoacán con 30 asociaciones y organismos agrícolas que afilian aproximadamente a 10,000

productores y 270 empacadores en 19 municipios michoacanos, con alrededor de 80,000 hectáreas de superficie establecida y con una producción anual de 900,000 toneladas de aguacate Hass.

Ofrece un trabajo honesto y capitalizar de manera productiva las oportunidades que brindan los mercados nacionales e internacionales en beneficio de mejores ingresos económicos para todos asociados, vender más y a mejor precio.

Uno de los principales objetivos de la organización es armonizar la cadena productiva, reforzando a los afiliados en una cultura de trabajo con una visión a largo plazo; la misión por la que se rige es la maximización del valor agregado de la industria y rentabilidad de los agremiados en el mercado de los alimentos nacional e internacional²⁷.

LXI Asociación Agrícola Local de Productores de Aguacate de Uruapan, Michoacán

Es una organización de productores de aguacate de la región de Uruapan, Michoacán, formada para la solución de problemas del sector productivo y la realización de las compras en beneficio de sus asociados encaminado para hacer más rentable los cultivos.

La organización está integrada por aproximadamente 100 socios y representada por un comité directivo con un presidente, un secretario, un tesorero y vocales elegidos por la asamblea general. Se realizan compras en común de gallinaza, cal agrícola, citrolina, fertilizantes, agroquímico, entre otros.

Cuenta con un departamento técnico apoyado por un ingeniero agrónomo para la proporción de asistencia técnica en general de los huertos.

Los requisitos para ingresar a la asociación son: Ser productor de aguacate, presentar una solicitud por escrito dirigida al comité directivo para su aprobación, copia de plano y dos fotografías a color infantiles²⁸.

²⁷ Boletín "El aguacatero" No. 18, Ed. Enero 2001, Sr. José Viveros Sánchez

²⁸ Boletín "El aguacatero" No. 2, Ed. Febrero 1998, Ing. Salvador Torres Corona

I.XII Procesos de certificación y organismos de certificación

- Norma Oficial Mexicana y Cartilla Fitosanitaria²⁹:

El 26 de agosto de 1996, después de un sinnúmero de adecuaciones a un proyecto de norma, se publicó en el Diario Oficial de la Federación la "Norma Oficial Mexicana" por la que establecen los requisitos y especificaciones fitosanitarias para la movilización de frutos frescos del aguacate para la exportación y mercado nacional (NOM-066-FITO-1995).

La cual tiene como principal objetivo proteger las zonas libres o de baja prevalencia de las plagas cuarentenarias (barrenador pequeño del hueso, barrenador grande de hueso, palomilla barrenadora del aguacate, barrenador de ramas y tronco, entre otros) que forman parte de los obstáculos para el comercio tanto nacional como exportación.

Determina además, las obligaciones para los empacadores para que éste producto sea bien manejado desde el corte (v. I.I.IV Cosecha); en cuanto al producto, establece que su huerta debe estar inscrita ante la SAGARPA y que si produce frutos destinados a la exportación o hacia zonas bajo control fitosanitario. Deberán contar con cartilla fitosanitaria la cual es un documento de registro y control de las actividades que se estén llevando a cabo en el huerto, como el monitoreo de moscas de la fruta, verificación de la aplicación de la norma oficial, control de movilización de huerto al empaque y sobre todo llevar un control en todo el Estado de Michoacán y tal vez todo el territorio nacional para ofrecer un mejor producto al consumidor.

- Los consumidores últimamente buscan más productos orgánicos pero con buena calidad e inocuidad. Para poder garantizar esto y los procesos de producción sean orgánicos, existe un proceso llamado certificación el cual verifica que se cumpla con las normas. El empaque del producto lleva impreso el logotipo de la agencia certificadora y el consumidor final puede contar con la garantía de que el producto es inocuo, de calidad y orgánico.

²⁹ Boletín "El aguacatero" No. 2, Ed. Febrero 1998, Ing. Miguel Ángel García Guzmán

Existen diversas agencias internacionales especializadas que certifican los procesos del sistema de producción y otorgan su certificado a quienes cumplen con los estándares de calidad.

Se certifican los sistemas de producción, la calidad del suelo, agua, prácticas agrícolas, insumos que se aplican, cosecha, el proceso de empaque y embalaje. Para los productos que requieren de ser procesados, se certifican procesos industriales de lavado, cocido, envasado, entre otros.

Hay muchas agencias certificadoras que operan en nuestro país (OCIA; Certimex, IMO-Contro, Naturland, GOCA, Oregon Tilth, QAI, entre otras).

Los pasos a seguir para la conseguir ser certificados son:

1. Contactar a la agencia certificadora.
2. Pasar por el período de conversión.
3. No utilizar químicos en el proceso de producción.
4. No utilizar productos genéticamente modificados.
5. Llevar el sistema de registros que son útiles para rastrear el producto en todas las etapas de producción.

Los costos varían según el organismo certificador; el 74% de las zonas productoras certificadas en México lo realizan empresas extranjeras y el restante empresas nacionales³⁰.

³⁰ Boletín "El aguacatero" No. 47, Ed. Mayo-Junio 2006, Ing. Miguel Ángel García Guzmán

II. Modelos de Box-Jenkins

A finales de los años 90's nacía una estrella de la música pop coronada desde ese entonces como la "princesa del pop", la mayoría de los seguidores de este género musical pronosticaban que ella iba a ser una de las grandes y que subiría al trono para convertirse indiscutiblemente en la reina. Con el paso de los años y tras innumerables éxitos ella misma cayó en depresión teniendo como consecuencia la destrucción de su propia carrera, el público se había dado cuenta que su predicción había sido errada y ahora proyectaba que ella ya no volvería a ser la misma, que su éxito ya era historia, pero no contaba con el poder interno que ella tenía, inesperadamente renace y vuelve a colocarse entre los primeros lugares de preferencia musical así como entre las mujeres más exitosas a pesar del paso de los años transcurridos y nuevamente el público pronostica que ella será la verdadera sucesora de la reina del pop.

Es muy cierto que difícilmente podremos pronosticar el comportamiento profesional o personal de las personas comunes o estrellas de la industria musical o del cine y para nuestra fortuna contamos con la opción de realizar proyecciones hacia un futuro incierto como el comportamiento de las ventas de un producto, de un servicio, así como los ingresos por exportación, tomando como base un histórico de este comportamiento a través de una metodología y la ayuda de herramientas necesarias que nos faciliten el trabajo y aunado a ello nos ofrezcan soluciones con un alto nivel de confianza y exactitud.

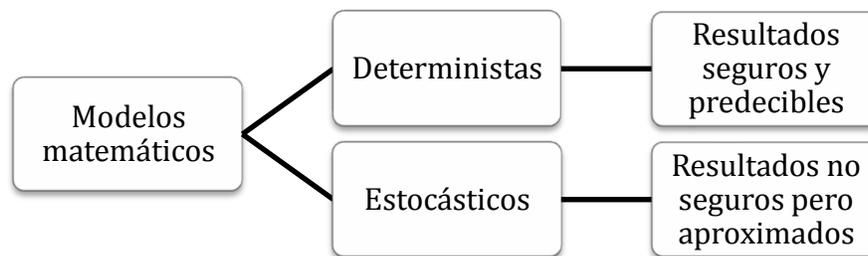
Para llevar a cabo esta tarea se requiere de modelos matemáticos que nos auxiliarán en la descripción del suceso y con los cuales podremos tomar en cuenta aquellas variables que influyen en el evento como puede ser el clima, la moda, eventos sociales, entre otros.

Actualmente tenemos la oportunidad de realizar pronósticos por medio de varias metodologías y que para nuestros fines utilizaremos la Metodología de Box-Jenkins que requerirá series de tiempo o conjuntos de datos históricos y como herramienta de trabajo utilizaremos *Statgraphics* por la facilidad de manejo mediante su agradable interfaz con el usuario

II.I Glosario

II.I.I Modelos matemáticos

Para nuestro caso los modelos matemáticos son un método de simulación para predecir el comportamiento de la vida real mediante ecuaciones que utilizan herramientas como el análisis de decisiones, teoría de colas, programación lineal, entre otros, y todas ellas requieren de grandes cantidades de números. Tendremos dos tipos de modelos los cuales serán los deterministas y los estocásticos.



- Podemos ejemplificar como modelo matemático determinista el crecimiento bacteriano bajo condiciones que propician el desarrollo de los microorganismos:

$$N = N_0 2^n$$

Donde:

N = Número de microorganismos en el momento actual

N_0 = Número de microorganismos en el momento 0

n = Número de generaciones

- Si tratamos de ejemplificar un modelo estocástico podemos hablar de la temperatura media registrada en un intervalo de tiempo:

X_t = Temperatura media registrada en el día t en los meses noviembre y diciembre de 2009

$S = \{10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19\}$ grados = $\{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}$

$T = \{1, 2, 3, \dots, 59, 60, 61\}$ días

II.I.II Proceso estocástico

Un proceso aleatorio o proceso estocástico es un concepto matemático que consta de una sucesión de variables aleatorias que evolucionan en función de otra variable, generalmente, el tiempo. Cada una de las variables aleatorias del proceso tiene su propia función de distribución de probabilidad.

Matemáticamente hablando definimos a un proceso estocástico como un conjunto de variables aleatorias X_t indizadas por t donde $t \in T$ con $T \subseteq \mathbb{R}$. T puede ser continuo si es un intervalo (el número de sus valores es indeterminado) o puede ser discreto (el número de sus valores es finito). Ejemplos:

- Señales biomédicas (electrocardiogramas, encefalograma, etc.).
- Número de manchas solares año con año.
- El valor del IPC minuto tras minuto.
- Tiempo de espera en una cola en el banco.
- El clima.

II.I.III Pronósticos y toma de decisiones

En la vida cotidiana las personas constantemente se encuentran en situaciones en donde la toma de decisiones es común, normalmente la llevan a cabo por el aprendizaje que la experiencia les ha dejado o basada en un pronóstico, y es sencillo determinar entonces que los buenos pronósticos nos llevarán a la buena toma de decisiones ya que el pronóstico es como un tipo de “acertijo” informado sobre algún evento que aún no ocurre. Para poder realizar un buen pronóstico debemos aprovechar la información que se tenga, la cual es llamada “historia” y podremos construir modelos que tomen en cuenta “la historia” y los posibles errores que contenga el pronóstico.

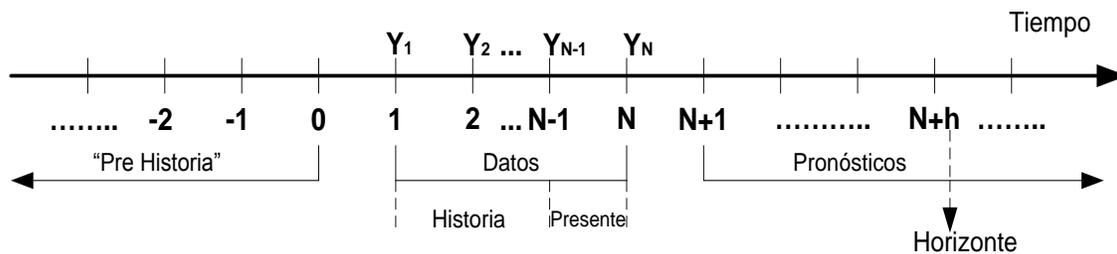
II.I.IV Series de tiempo

Como ya se había mencionado con anterioridad, los pronósticos se realizan con series de tiempo, una serie de tiempo es un proceso estocástico que describe el estado de un sistema en el tiempo $t: \{Y_t\}$ con t continuo o discreto (No se trata de un solo valor si no de una familia de valores). Por ejemplo:

$Y_t =$ El tipo de cambio peso vs. dólar en el día t

$Y_t =$ Cantidad de zapatos vendidos en el mes t

Podemos observar en los ejemplos que la variable Y es aleatoria porque no podemos pronosticar con total certeza, además Y puede ser discreta o continua, el índice t generalmente es discreto, de tal suerte se pueden tener N observaciones de $\{Y_t\}: Y_1, Y_2, \dots, Y_N$, y las observaciones son llamadas datos. Imaginemos una línea del tiempo.



En las secciones donde no hay datos ("Pre-Historia" y "Pronósticos"), cada Y_t es una variable aleatoria, la "Historia" se utilizará para "estimar" los valores de las variables aleatorias, es decir, para generar los pronósticos.

II.I.IV.I Componentes de las series de tiempo

Una serie de tiempo puede tener siempre uno o más de los siguientes componentes:

- Tendencia (*Trend*): Es el cambio persistente en el comportamiento de los datos, se detecta a simple vista en la gráfica de la serie de tiempo. Aquella serie que carezca de tendencia fluctuará alrededor de una recta horizontal, en

cambio una serie con tendencia lineal será creciente o decreciente en forma de una recta con pendiente positiva o negativa. Las series con tendencia cuadrática asemejarán a una parábola.

Gráfico de Serie de Tiempo para Salario

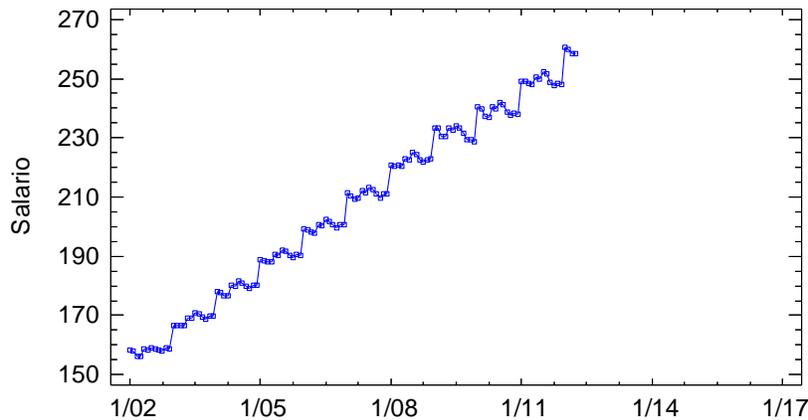


Gráfico 6. Promedio diario de salario cotización del IMSS en pesos nominales.

En el *Gráfico 6* podemos apreciar que el promedio diario del salario cotizado por el IMSS en México³¹ tiene una tendencia lineal creciente, parece ser que el salario seguirá teniendo un comportamiento similar.

- **Variación estacional (*Seasonality*):** Algunos fenómenos tienen una fuerte relación a las estaciones del año, clima, entre otras cosas. Cuando se percibe un comportamiento que se repite en períodos menores o iguales a un año, se dice que la serie tienen variación estacional.

Gráfico de Serie de Tiempo para Salario

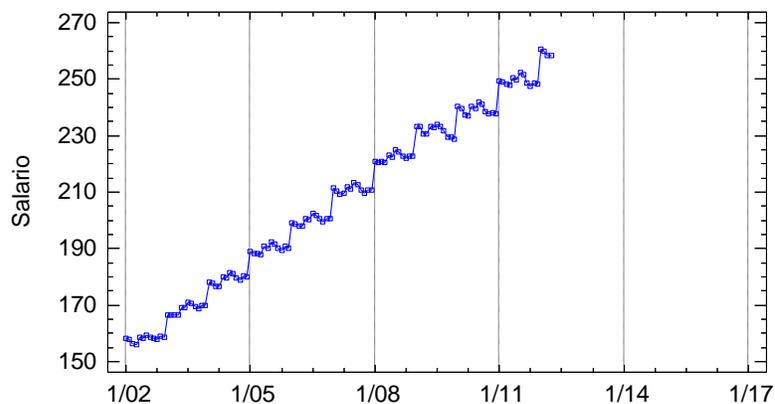


Gráfico 7. Promedio diario de salario cotización del IMSS en pesos nominales.

³¹Banco de información económica <http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/>

Claramente en el *Gráfico 7* podemos observar que la serie de tiempo tiene variación estacional ya que año con año se ve afectado el incremento del salario de las personas que se encuentran activas laboralmente.

- Ciclo (*Cycle*): Es un patrón repetitivo pero con una duración mayor a un año, es complicado observarlo ya que requiere monitorear el fenómeno durante mucho tiempo.
- Variación aleatoria (*Random Shocks*): Cualquier serie de tiempo siempre contendrá un conjunto de variaciones irregulares los cuales son llamados “choques o golpes aleatorios”. Por ejemplo, una vez seleccionado un buen modelo, la variación aleatoria debería ser aquello que se llama ruido blanco, el cual se define como conjunto de variables aleatorias, independientes, idénticamente distribuidas como normal con media cero y varianza constante. El ruido blanco oscila en torno a nivel constante nulo, teniendo una dispersión constante y de forma aleatoria con ausencia de correlación en el tiempo entre sus observaciones, asimismo, se puede verificar estadísticamente.

Gráfico de Serie de Tiempo para Y_t

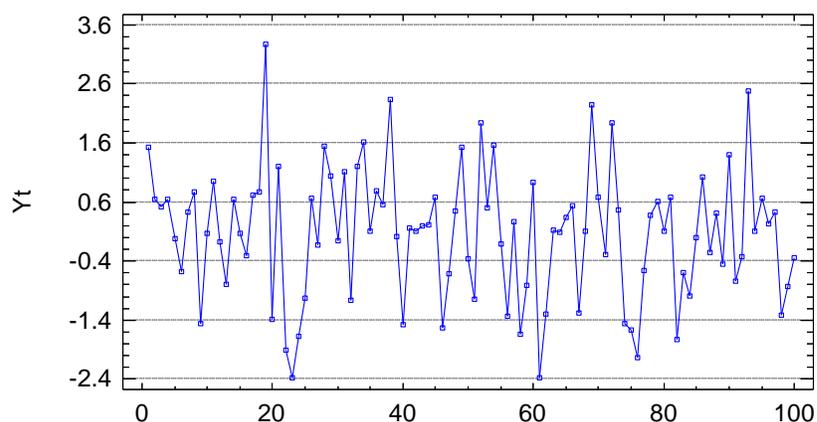


Gráfico 8. Ruido Blanco.

El *Gráfico 8* nos representa al ruido blanco que se ha obtenido a través de 100 valores generados en una hoja de cálculo de Excel mediante el uso de la fórmula " $= \text{distr. norm. inv}(\text{aleatorio}(), 0, 1)$ "

II.I.V Modelos univariados y multivariados

Cuando se estudian las series de tiempo, podremos encontrarnos con tres posibilidades:

- Utilizar como variables aleatorias independientes a los valores pasados de la serie que se desea pronosticar más un error aleatorio, en este caso se denominan modelos univariados.
- Utilizar otras series de tiempo independientes como variables explicativas.
- Mezclar los dos anteriores, denominados modelos multivariados de series de tiempo.

II.I.VI Metodología de Box-Jenkins

Box y Jenkins desarrollaron esta metodología en el año de 1976 y se requiere como apoyo para su aplicación el uso de herramientas de cómputo y métodos numéricos. La metodología consiste en extraer los movimientos predecibles de los datos observados y separarlos de la parte no predecible o completamente aleatoria. Se lleva la serie de tiempo a pasar por una serie de “filtros”, hasta obtener residuales no predecibles el cual su comportamiento tendrá poca influencia sobre el resultado final y que deberá asemejarse al ruido blanco. La metodología hace principalmente la aplicación de tres filtros lineales: el autorregresivo, el de integración y el de medias móviles. Así mismo el método se basa en dos principios, el principio de parsimonia donde “lo más sencillo es lo mejor” y el de mejoramiento iterativo o aproximaciones sucesivas donde se parte de un modelo muy simple para irlo mejorando.

La metodología ofrece recursos para evaluar y mejorar los diversos modelos tentativos de manera sucesiva.

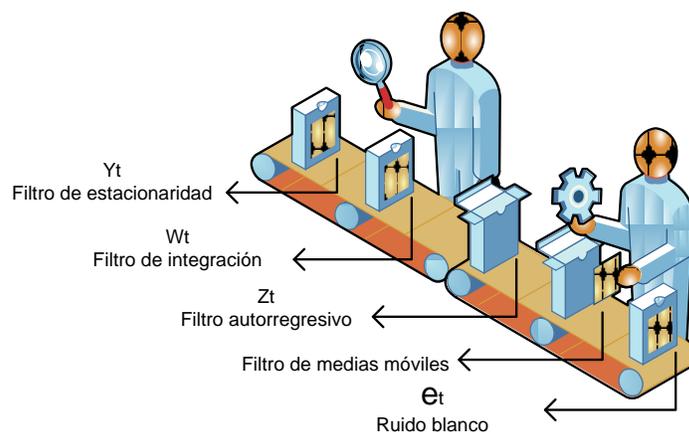


Figura 9. "Filtros" de la metodología Box-Jenkins.

A continuación se presenta la metodología en forma de diagrama de flujo para un mayor entendimiento visual.

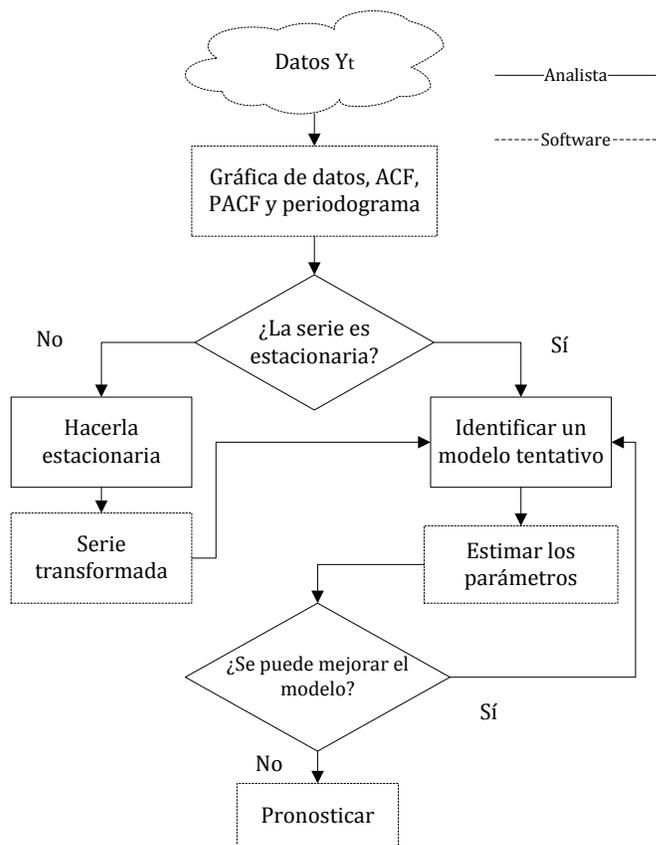


Figura 10. Representación en diagrama de flujo de la metodología de Box-Jenkins.

II.I.VII Funciones de primer y segundo orden

Una serie de tiempo es un proceso estocástico $\{Y_t\}$ que representa el estado de un sistema en el tiempo t ; las variables aleatorias tienen media, varianza, covarianza o correlación; un proceso estocástico es una familia de variables aleatorias, entonces:

Orden	Variable Aleatoria	Proceso Estocástico
Primer Orden	Media $\mu = E(x)$	Función de media $\mu_t = E(Y_t)$
Segundo Orden	Varianza $Var(x)$	Función de varianza $Var(Y_t)$
	Covarianza $Cov(x, y)$	Función de autocovarianza $Autocov(Y_t, Y_{t-k})$
	Correlación $\rho_{xy}(x, y)$	Función de autocorrelación $Autocorr(Y_t, Y_{t-k})$

Tabla 9. Tabla resumen de las funciones de primer y segundo orden.

- Función de media: Es la esperanza del proceso estocástico $\mu_t = E(Y_t)$ son los valores a los que se aproximan los datos, función de primer orden.
- Función de varianza: Se define como $Var(Y_t) = E(Y_t - \mu_t)^2$ es la función de segundo orden que mide la dispersión de los datos con respecto de la media.
- Funciones de relación: Hay funciones de segundo orden que miden la posible relación de los valores en el tiempo.

$$Autocov(Y_t, Y_{t-k}) = E[(Y_t - \mu_t)(Y_{t-k} - \mu_{t-k})]$$

$$Autocorr(Y_t, Y_{t-k}) = \frac{Autocov(Y_t, Y_{t-k})}{\sqrt{Var(Y_t)Var(Y_{t-k})}}$$

II.I.VIII Periodicidad

Algunas series de tiempo pueden tener variaciones estacionales y/o ciclos que no sean visibles fácilmente. Existe una herramienta específica para encontrar esa señal particular y se conoce como periodograma.

II.I.VIII.I Función seno

La función seno es periódica, es decir, repetitiva, y tiene varias características propias:

- 1) Amplitud: También conocida como fuerza de la función y se refiere a la altura máxima con respecto al origen. En el caso del *Gráfico 9* la amplitud es igual a 1.
- 2) Longitud: Es el lapso que tardará la función en repetir el comportamiento en el *Gráfico 9* es igual a 2π .
- 3) Frecuencia: Es la sección de curva que se completa en el eje horizontal, es decir, el recíproco de la longitud. En el *Gráfico 9* es $f = \frac{1}{2\pi}$
- 4) Fase: Es el desplazamiento horizontal hacia la derecha o izquierda del eje vertical. En el *Gráfico 9* es $\phi = 0$

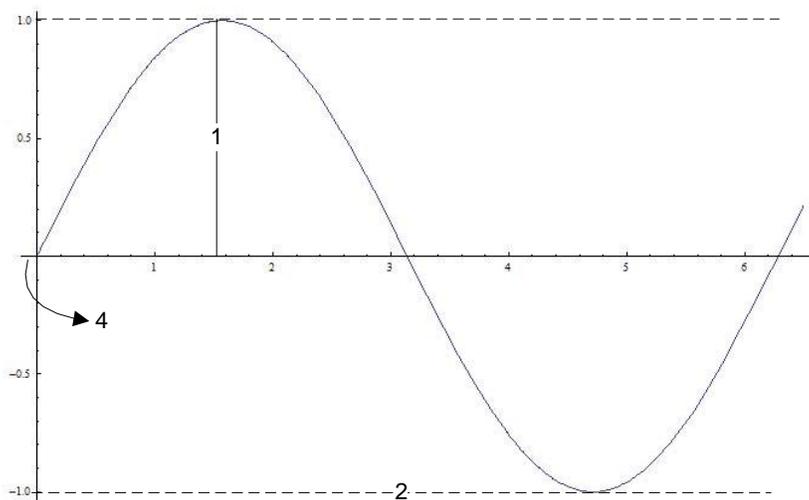


Gráfico 9. Gráfico función seno.

II.I.VIII.II Función seno generalizada

Suponiendo que se tiene una serie de tiempo con N observaciones Y_1, Y_2, \dots, Y_N y se desea encontrar un conjunto de funciones seno que pasen por los N datos. ¿Cómo se podría controlar características propias de una función seno? P. ej.:

$$f(x) = A \operatorname{sen}(x) \quad \text{Tiene amplitud } A$$

$$f(x) = 4 \operatorname{sen}(x) \quad \text{Tiene amplitud } 4$$

$$f(x) = A \operatorname{sen}(x + 0) \quad \text{Tiene amplitud } A \text{ y fase } 0$$

$$f(x) = 4 \operatorname{sen}(x + \pi) \quad \text{Tiene amplitud } 4 \text{ y fase } \pi$$

Si se desea manipular la frecuencia y longitud supongamos que los N puntos corresponden a la longitud $L = N$ y entonces la frecuencia sería $f = \frac{1}{N}$ quedando la ecuación de la siguiente manera:

$$Y_t = A \operatorname{sen} \left[\frac{2\pi t}{N} + 0 \right] \quad \text{Con } t = 1, 2, \dots, N$$

En general una función con frecuencia $f_k = \frac{k}{N}$ es:

$$Y_t = A \operatorname{sen} \left[\frac{2\pi kt}{N} + 0 \right]; \quad L = \frac{N}{k}$$

$$\text{Donde: } k = 0, 1, 2, \dots, \left[\frac{N}{2} \right]$$

$$\left[\frac{N}{2} \right] = \begin{cases} \frac{N}{2} & \text{Si } N \text{ par} \\ \frac{N-1}{2} & \text{Si } N \text{ impar} \end{cases}$$

Y entonces se puede construir la función seno generalizada que pasa por N datos:

$$Y_t = \sum_{k=0}^{\left[\frac{N}{2} \right]} A_k \operatorname{sen} \left[\frac{2\pi kt}{N} + \phi_k \right]$$

Se tiene entonces una combinación lineal de funciones seno con amplitud A_k , frecuencias $f_k = \frac{k}{N}$ y fases ϕ_k . Es la base de un espacio vectorial, por lo tanto pasa

exactamente por los N puntos Y_1, Y_2, \dots, Y_N . Nos interesan las amplitudes para ver cuáles son las frecuencias que destacan, en donde haya una amplitud que sobresalga, quiere decir que esa frecuencia importa; además de obtener las siguientes gráficas:

- Espectro Lineal: Amplitudes contra frecuencias.
- Periodograma: Amplitudes al cuadrado contra frecuencias.
- Periodograma Integrado: Periodograma normalizado y sumado.

II.II Modelos estacionarios

Generalmente es más sencillo trabajar con modelos estacionarios. El concepto de estacionaridad se puede definir en dos formas:

- A. Estacionaridad en sentido fuerte o estricto: Un proceso estocástico $\{Y_t\}$ es estacionario en sentido fuerte sí y sólo si su función de distribución conjunta permanece idéntica en el tiempo.

$$f(Y_t, Y_{t+1}, Y_{t+2}, \dots, Y_{t+h}) = f(Y_{t+\eta}, Y_{t+1+\eta}, Y_{t+2+\eta}, \dots, Y_{t+h+\eta}) \quad \forall \eta \in \mathbb{R}$$

El comportamiento en el tiempo no cambia; es difícil probar la condición porque por lo general no se conoce la distribución de probabilidad.

- B. Estacionaridad en sentido débil o amplio: Un proceso estocástico $\{Y_t\}$ es estacionario en sentido débil sí y sólo si cumple tres condiciones:

1. Tiene media constante: $E(Y_t) = E(Y_{t+\eta}) \quad \forall \eta \in \mathbb{R}$
2. Tiene varianza constante (homoscedasticidad, la dispersión es pareja no creciente): $Var(Y_t) = Var(Y_{t+\eta}) \quad \forall \eta \in \mathbb{R}$
3. La función de autocorrelación o ACF no depende del tiempo t , sino del intervalo k :

$$\rho_k = \frac{\gamma_k}{\gamma_0} = \frac{Autocov(Y_t, Y_{t-k})}{Var(Y_t)} = \frac{Autocov(Y_{t+\eta}, Y_{t-k+\eta})}{Var(Y_{t+\eta})} \quad \forall \eta \in \mathbb{R}$$

La función de autocorrelación parcial o PACF es la función que mide la contribución parcial o marginal de cada nueva Y_{t-k} que se agrega a un modelo. Entonces el valor del último coeficiente se expresa como ρ_{kk}

Lo ideal es trabajar con series estacionarias, sin embargo, si se tienen series no estacionarias existen transformaciones matemáticas para hacerlas estacionarias, trabajar con ellas y luego deshacer la transformación para evitar obtener predicciones erróneas.

II.II.I Modelos autorregresivos AR(p)

El modelo autorregresivo general se abrevia como $AR(p)$ es un modelo finito con p términos más un error aleatorio que es ruido blanco y su ecuación es la siguiente:

$$Y_t = \delta + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + e_t$$

Donde la media δ puede ser o no nula.

Ejemplificando, tenemos el modelo AR(1):

$$Y_t = \delta + \phi_1 Y_{t-1} + e_t$$

Con las siguientes propiedades:

- Función media constante: $E(Y_t) = E(\delta + \phi_1 Y_{t-1} + e_t) = \delta + \phi_1 E(Y_{t-1})$
- Función varianza constante: $Var(Y_t) = \frac{\sigma^2}{1-\phi_1^2}$
- Condición estacionaridad: $|\phi_1| < 1$
- Función autocorrelación ó ACF: $\rho_k = \phi_1^k$ decreciente infinita
- Ecuación autocorrelación parcial ó PACF: $\rho_k = \begin{cases} \phi_1 & k = 1 \\ 0 & k = 2, 3, 4, \dots \end{cases}$ trunca en $k=1$

Ahora, tenemos el modelo AR(2):

$$Y_t = \delta + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + e_t$$

Donde la función de media y varianza son constantes, la ACF es decreciente infinita y la PACF se trunca en $k=2$, ya que hay dos variables autorregresivas Y_{t-1} y Y_{t-2}

Generalizando llegamos al modelo autorregresivo AR(p):

$$Y_t = \delta + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + e_t$$

Donde se puede demostrar que tiene función de media constante, función de varianza constante, condiciones de estacionaridad para $\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p$, su ACF es decreciente infinita y su PACF se trunca en $k=p$

II.II.II Modelos de medias móviles MA(q)

El modelo de medias móviles es aquel en el que la variable Y_t se puede pronosticar como una suma ponderada de los errores del pasado:

$$Y_t = \mu + e_t - \theta_1 e_{t-1} - \theta_2 e_{t-2} - \dots - \theta_q e_{t-q}$$

Donde la media μ puede ser o no nula.

Ejemplificando, tenemos el modelo MA(1):

$$Y_t = \mu + e_t - \theta_1 e_{t-1}$$

Con las siguientes propiedades:

- Función media constante: $E(Y_t) = E(\mu + e_t - \theta_1 e_{t-1}) = \mu$
- Función varianza constante: $Var(Y_t) = (1 - \theta_1^2)\sigma^2$
- Condición estacionaridad: No hay condición de estacionaridad (siempre es estacionario).
- Función autocorrelación o ACF: $\rho_k = \begin{cases} -\frac{\theta_1}{1+\theta_1^2} & k = 1 \\ 0 & k = 2, 3, 4, \dots \end{cases}$
- Ecuación autocorrelación parcial ó PACF: $\rho_{kk} = -\theta_1^k$ trunca en $k=1$
- Condición de invertibilidad: $|\theta_1| < 1$

La ACF trunca en $k=1$ y la PACF es decreciente infinita.

Ahora, tenemos el modelo MA(2):

$$Y_t = \mu + e_t - \theta_1 e_{t-1} - \theta_2 e_{t-2}$$

Donde la función de media y varianza son constantes, la ACF se trunca en $k=2$ y la PACF es decreciente infinita, se puede demostrar que el modelo equivale a un AR(∞) por lo cual tiene condiciones de invertibilidad.

Generalizando llegamos al modelo MA(q):

$$Y_t = \mu + e_t - \theta_1 e_{t-1} - \theta_2 e_{t-2} - \dots - \theta_q e_{t-q}$$

Donde se puede demostrar que tiene función de media constante, función de varianza constante, no tiene condiciones de estacionaridad, sí tiene condiciones de invertibilidad, su ACF se trunca en $k=p$ y su PACF es decreciente infinita.

II.II.III Modelos ARMA(p,q)

El modelo se forma de mezclar el modelo AR(p) con el modelo MA(q), contiene $p+q$ parámetros correspondientes a p variables autorregresivas y $q+1$ errores aleatorios, se expresa como:

$$Y_t = \delta + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + e_t - \theta_1 e_{t-1} - \theta_2 e_{t-2} - \dots - \theta_q e_{t-q}$$

Este modelo tiene tanto condiciones de estacionaridad como de invertibilidad, δ puede o no ser nula, su ACF y su PACF son decrecientes infinitas.

Ejemplificando, se tiene el modelo ARMA(1,1):

$$Y_t = \delta + \phi_1 Y_{t-1} + e_t - \theta_1 e_{t-1}$$

El modelo tiene media y varianza constantes, se puede demostrar que el modelo ARMA(1,1) equivale a un modelo AR(∞), por lo cual su PACF será decreciente infinita, de la misma forma equivale a un MA(∞), por ello el modelo tiene una condición de estacionaridad $|\phi_1| < 1$ y una condición de invertibilidad $|\theta_1| < 1$

II.II.IV Dualidad de los modelos

Modelo	Condiciones	Equivalente a...	ACF	PACF
AR(p)	Estacionaridad	MA(∞)	Decreciente infinita	Trunca en $k=p$
MA(q)	Invertibilidad	AR(∞)	Trunca en $k=q$	Decreciente infinita
ARMA(p,q)	Estacionaridad e invertibilidad	AR(∞) y MA(∞)	Decreciente infinita	Decreciente infinita

Tabla 10. Tabla resumen de la dualidad de los modelos estacionarios.

II.III Modelos no estacionarios

Muchos de los fenómenos que se presentan en la vida real son no estacionarios; los fenómenos pueden modelarse con $ARMA(p,q)$ siempre y cuando los datos se hagan estacionarios a través de alguna transformación matemática que posteriormente deberá deshacerse. A continuación se detallan los problemas que pueden presentarse para aplicar modelos $ARMA(p,q)$.

- Varianza no constante o heteroscedasticidad: Para eliminarla debemos aplicar operaciones matemáticas como la raíz cuadrada, logaritmo decimal, logaritmo natural o el recíproco; deben probarse y elegirse la que mejor funcione. Algunas transformaciones pueden tener problemas en valores cercanos o aproximados a cero, en este caso se puede sumar una constante.
- Los datos pueden tener tendencia: Se puede eliminar mediante diferencias finitas, no estacionales u ordinarias.
- Variación estacional: Se puede intentar eliminarla por diferencias estacionales y si no es eliminado entonces se debe modelar la variación.

II.IV Modelos ARIMA(p,d,q)

Con estos modelos ya es posible señalar las transformaciones así como las diferencias dentro de los modelos, al aplicar una de las transformaciones (*supre.*) se tendrá que utilizar Z_t en lugar de Y_t y con esto se puede identificar que pudo haber tenido alguna transformación. Al efectuar diferencias ordinarias, al deshacer la operación se realiza mediante sumas sucesivas, por un proceso llamado de integración, es por eso que los modelos más generales recibirán ahora el nombre de modelos integrados autorregresivos y de medias móviles $ARIMA(p,d,q)$.

Los modelos mencionados anteriormente consideran una media de cero, para hacerlo más general se puede agregar una constante independiente δ_0 , así el modelo se expresa como:

$$W_t = \delta_0 + \phi_1 W_{t-1} + \dots + \phi_p W_{t-p} + e_t - \theta_1 e_{t-1} - \dots - \theta_q e_{t-q}$$

II.V Modelos con variación estacional

Anteriormente habíamos mencionado que algunas series de tiempo tienen variación estacional y que se puede intentar eliminar a través de las diferencias estacionales, sin embargo, se mencionó también que se puede intentar modelarla; se tienen dos tipos de modelos:

- Modelos exclusivamente estacionales: Aquellos que únicamente reflejan un comportamiento periódico.
- Modelos multiplicativos: Modelos que involucran una parte ordinaria y una parte estacional.

II.V.I Modelos exclusivamente estacionales

Se denotan por $SARMA(P,D,Q)_s$ donde:

- P es el orden de la parte autorregresiva estacional (SAR).
- D es el orden de las diferencias estacionales de longitud s .
- Q es el orden de la parte de medias móviles estacionales (SMA).

II.V.I.I Modelos SAR(P)

Modelo general autorregresivo estacional denotado por $SAR(P)$ y su ecuación es:

$$Z_t = \delta_0 + \Phi_1 Z_{t-s} + \Phi_2 Z_{t-2s} + \dots + \Phi_P Z_{t-Ps} + e_t$$

Ahora se utilizan las letras griegas en mayúsculas para diferenciar de los modelos ordinarios.

Se puede demostrar que el modelo contiene condiciones de estacionaridad pero no de invertibilidad, así mismo la ACF es decreciente infinita, pero sólo con los valores significativos en múltiplos de s y la PACF se trunca en P .

II.V.I.II Modelos SMA(Q)

El modelo general de medias móviles estacional se denota por SMA(Q) y su modelo es de la siguiente forma:

$$Z_t = \delta_0 + e_t - \Theta_1 e_{t-s} - \Theta_2 e_{t-2s} - \dots - \Theta_Q e_{t-Qs}$$

Se puede demostrar que tiene condiciones de invertibilidad pero no de estacionalidad, la ACF se trunca en Q, pero sólo con valores significativos en múltiplos de s; la PACF es decreciente infinita y sólo tiene valores significativos en múltiplos de s.

II.V.I.III Modelos SARIMA(P,D,Q)

El modelo general estacional de un SARIMA(P,D,Q) se representa como:

$$Z_t = \delta_0 + \Phi_1 Z_{t-s} + \dots + \Phi_P Z_{t-Ps} + e_t - \Theta_1 e_{t-s} - \dots - \Theta_Q e_{t-Qs}$$

La ACF y la PACF de los modelos SARIMA serán decrecientes infinitas pero tendrán valores significativos en múltiplos de s, así mismo tendrán tanto condiciones de estacionaridad como de invertibilidad.

II.V.II Modelos multiplicativos

Por último podremos construir modelos que agruparán la parte ordinaria y la parte estacional, con estos modelos podremos tener un mejor ajuste, es decir, generarán buenas predicciones en la mayoría de los casos. Los modelos se llamarán modelos multiplicativos y se denotan por ARIMA(p,d,q)x(P,D,Q)s donde:

- El valor de p es el orden de la parte AR.
- El valor de d es el orden las diferencias ordinarias o no estacionales.
- El valor de q es el orden de la parte MA.
- El valor de P es el orden de la parte SMA.
- El valor de D es el orden de las diferencias estacionales.
- El valor de Q es el orden de la parte SMA.

II.VI Resumen de modelos

A continuación se muestra una tabla que resume los tipos de modelos que, de acuerdo a las características que presente una serie de tiempo, se podría seleccionar con cuál de ellos trabajar.

Modelo	CE	CI	ACF	PACF
$AR(p)$	Sí	No	Decreciente infinita	Se trunca en p
$MA(q)$	No	Sí	Se trunca en q	Decreciente infinita
$ARMA(p,q)$	Sí	Sí	Decreciente infinita	Decreciente infinita
$SAR(P)$	Sí	No	Decreciente infinita en múltiplos de s	Se trunca en P
$SMA(Q)$	No	Sí	Se trunca en Qs	Decreciente infinita en múltiplos de s
$SARMA(P,Q)$	Sí	Sí	Decreciente infinita en múltiplos de s	Decreciente infinita en múltiplos de s
$MA(q)SMA(Q)$	No	Sí	Se trunca en $q+Qs$	Decreciente infinita, valores mayores en múltiplos de s
Otras mezclas	Sí	Sí	Decreciente infinita, valores mayores en múltiplos de s	Decreciente infinita, valores mayores en múltiplos de s

Tabla 11. Tabla resumen de los modelos de Box-Jenkins donde CE son condiciones de estacionaridad y CI condiciones de invertibilidad.

II.VII Descripción de la metodología de Box-Jenkins

La metodología comprende los siguientes pasos:

- Cotejar que la serie sea estacionaria e intentar eliminar la variación estacional, si es que existe:
 - Cotejar posible heteroscedasticidad (transformaciones).
 - Cotejar posible tendencia (diferencias ordinarias).
 - Cotejar posible variación estacional (diferencias estacionales).

- Identificar un modelo tentativo.
 - Revisar ACF muestral (individual y en conjunto).
 - Revisar PACF muestral.
 - Revisar periodograma y periodograma integrado.
 - Elegir un modelo tentativo.
- Estimar los parámetros del modelo tentativo por método de mínimos cuadrados o máxima verosimilitud.
 - Inicialización de la serie.
 - Valores iniciales de los parámetros para linealizar.
- Diagnosticar el modelo de acuerdo a la siguiente posibilidades:
 - Revisar las propiedades de estacionaridad.
 - Revisar si el modelo está sobre especificado.
 - Revisar si el modelo está sub especificado.
 - Revisar si hay datos atípicos.
 - Cuadro comparativo de los modelos factibles.

Si se ha llegado al mejor modelo, se procede a realizar los pronósticos, de no ser así, seleccionar otro modelo.

II.VIII Pronósticos

Cuando tenemos datos Y_1, Y_2, \dots, Y_N podemos hacer pronósticos para $Y_{N+1}, Y_{N+2}, \dots, Y_{N+h}$ donde h es un horizonte de pronóstico razonable (considerar como razonable el plazo inmediato o corto plazo).

El pronóstico es una especie de “acertijo” informado, mismo que tendrá errores $e_{N+1}, e_{N+2}, \dots, e_{N+h}$ dados por la diferencia entre el estimado y lo real. El error puede ser positivo o negativo, a su vez implica un costo que está en función del error; en general se desea que el costo implicado sea el mínimo.

Un pronóstico es un estimador del valor desconocido que tendrá la variable en un futuro, puede obtenerse de dos formas:

- Puntual: Un número que pretende ser aproximado al fenómeno.

- Por intervalo: A través de un rango que con un nivel de confianza debe contener el valor desconocido futuro de la variable.

La confiabilidad de los pronósticos es relativamente limitada, los pronósticos serán adecuados para un horizonte corto, pero las predicciones serán de gran calidad y podrán actualizarse conforme se agreguen nuevos datos, generando los siguientes pronósticos.

II.IX Actualización de los pronósticos

Los modelos del tipo ARMA(p,q) generan excelente pronóstico a corto y tal vez mediano plazo, pero no a largo plazo; si el fenómeno es estable, se podría confiar en predicciones a largo plazo. Para poder actualizar los pronósticos se puede hacer de dos formas:

- Actualización secuencial: El nuevo dato se incorpora a los valores obtenidos y se vuelven a estimar los parámetros, pero se sigue usando el mismo modelo ya seleccionado.
- Actualización adaptativa: El nuevo dato se agrega a los valores y se revisa el modelo para verificar si continúa siendo el mismo o debe cambiarse.

III. Modelado del problema

III.I Recapitulación

Se tiene la finalidad de modelar el comportamiento histórico del ingreso en México por exportación de aguacate mediante la aplicación de la metodología de Box-Jenkins, aprovechando el principio de parsimonia. De esta manera se podrá obtener un modelo que se ajuste a los datos y genere el mejor pronóstico posible, teniendo como consecuencia un apoyo para la toma de decisiones en beneficio a los agricultores mexicanos y posiblemente pueda ser una herramienta para incrementar la producción de aguacate y las exportaciones; dado que la exportación beneficia no solo a los productores sino a la población y al gobierno por la entrada de divisas, el pronóstico también puede concebir información que pueda servir para crear algún tipo de políticas a favor de los productores como pueden ser estímulos fiscales o subsidios para el incremento de los campos de producción.

Asimismo se comprobará que el comportamiento histórico del ingreso mexicano por exportación de aguacate (enero 1993 a marzo 2012) se puede modelar con la estructura $ARIMA(p,d,q)X(P,D,Q)s$ que nos proporcionará un valor estimado para años posteriores. Se utilizará como herramienta auxiliar el *software* estadístico *StatGraphics*.

Los datos que se emplearán describen los ingresos por exportación de aguacate en México que se obtuvieron del Banco de Información Económica³² en el portal de internet del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI); se cuenta con un total de 231 datos con una frecuencia mensual siendo la unidad de medida miles de dólares los cuales se proporcionan a través del Grupo de Trabajo de Estadísticas de Comercio Exterior que se encuentra integrado por el Banco de México, INEGI, Servicio de Administración Tributaria y la Secretaría de Economía.

³² www.inegi.org.mx

III.II Serie de tiempo inicial

En el *Gráfico 10* se puede observar que la serie de tiempo asemeja tener una tendencia parabólica creciente o exponencial; asimismo aparenta tener variación estacional posiblemente de cada 12 meses y es evidente que tiene variación aleatoria y varianza no homogénea (heteroscedasticidad) por lo cual requerirá alguna transformación.



Gráfico 10. Gráfico de la serie de tiempo original.

Con respecto a la ACF, en el *Gráfico 11* se observa que tiene una tendencia decreciente infinita pero que es muy lenta por la forma en que se presenta.

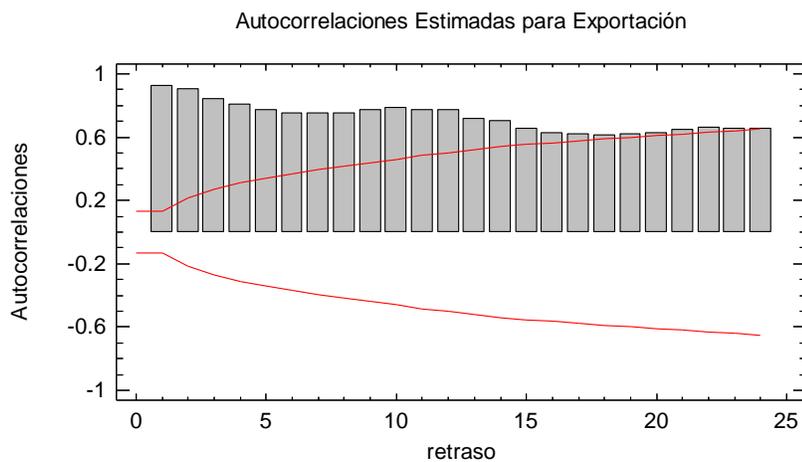


Gráfico 11. Gráfico original de la ACF.

Al analizar el *Gráfico 12* de la PACF se observan algunas barras que sobresalen. También se ve que es decreciente infinita.

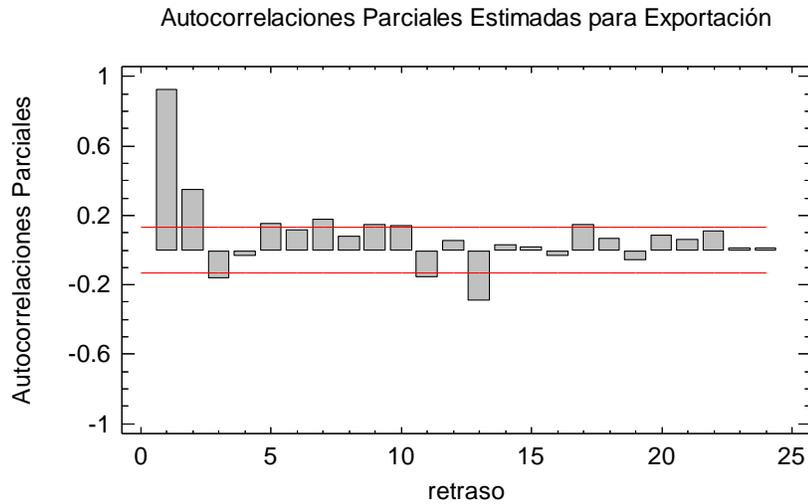


Gráfico 12. Gráfico de la PACF original.

El periodograma *Gráfico 13* nos muestra un pico alto en una frecuencia pequeña lo cual nos indica que la serie de tiempo tiene tendencia.

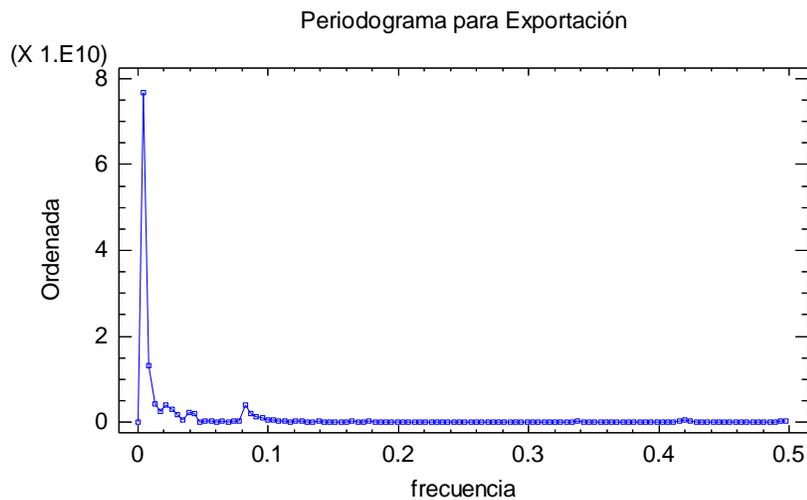


Gráfico 13. Gráfico del periodograma original.

Finalmente al analizar el periodograma integrado *Gráfico 14* se observa que tiene un escalón muy claro en una frecuencia pequeña ayudándonos a reafirmar que cuenta con tendencia.

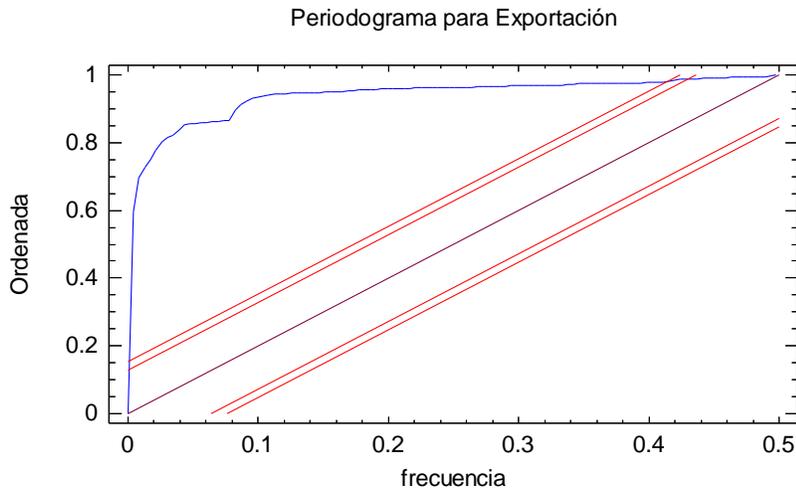


Gráfico 14. Gráfico del periodograma integrado.

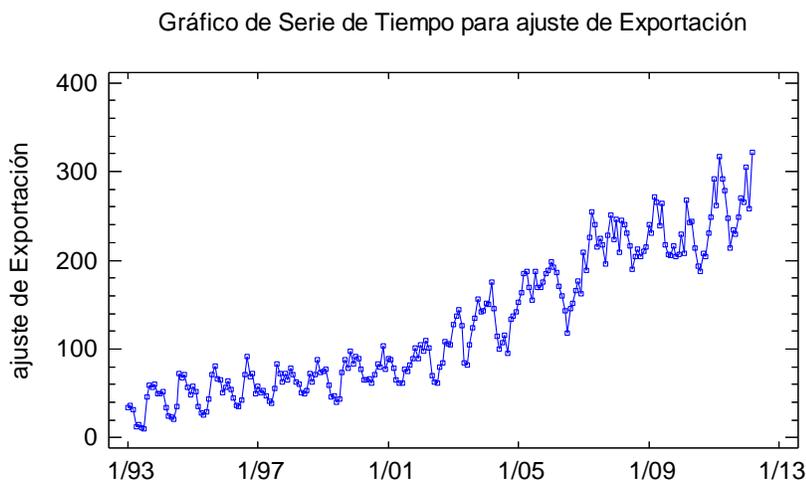
Con base en los gráficos observados se llega a las siguientes conclusiones:

- La serie de tiempo muestra que su varianza no es constante, por lo que se tiene que estabilizar mediante una operación matemática (raíz cuadrada, logaritmo natural, logaritmo decimal o recíproco).
- Se eliminará la tendencia mediante diferencias finitas (diferencias ordinarias).
- La serie también presenta variación estacional, por lo que se procederá a intentar eliminarla a través de diferencias estacionales o en su defecto modelarla.

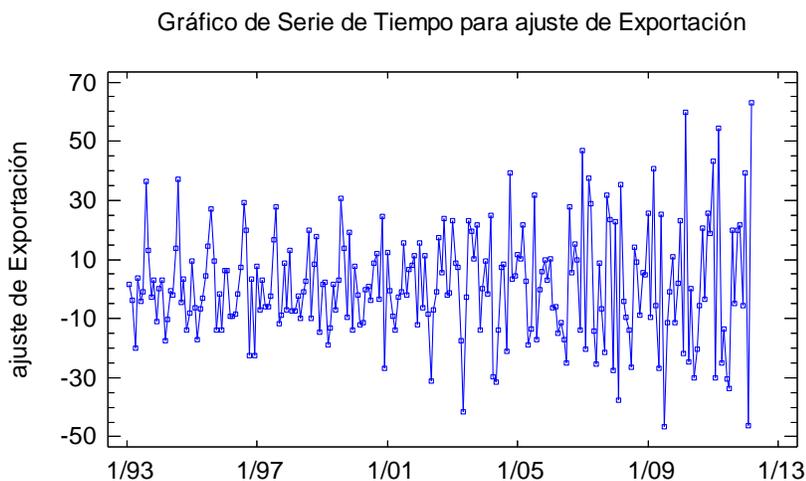
A continuación se mostrará la forma en que se harán las modificaciones a la serie de tiempo haciendo un comparativo gráficamente y decidir cuál es la mejor opción para llegar al modelo tentativo, siempre regidos bajo el principio de parsimonia.

III.III Diferencias y transformaciones

Una vez que se han identificado los componentes de la serie de tiempo, se procede a realizar una serie de diferencias y transformaciones que ajusten a la serie. EL *Gráfico 15* muestra que para poder tener una varianza constante se aplicó la operación matemática de raíz cuadrada a todos los datos, ya que es la que mejor estabiliza la varianza.



Posteriormente se realiza una diferencia ordinaria para eliminar la tendencia que tiene la serie y se muestra en el *Gráfico 16*.



Por último realizamos una diferencia estacional (*Gráfico 17*) para eliminar la variación estacional ya que si aplicamos dos diferencias nos complicaría el modelo, por lo que se tendrá que modelar este componente de la serie de tiempo.

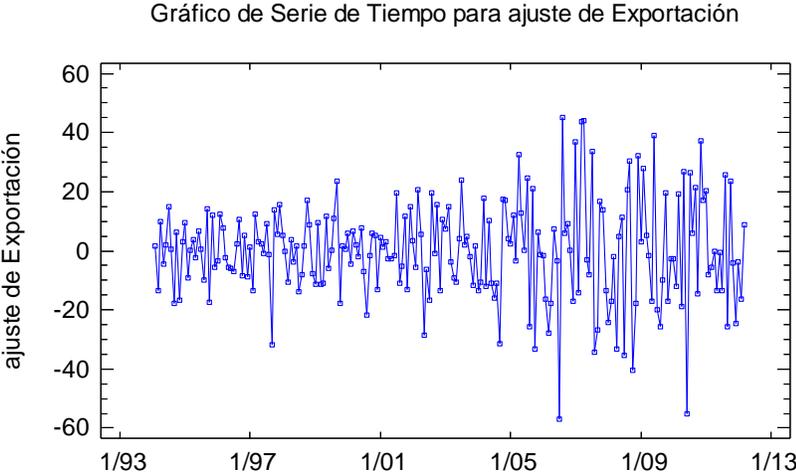


Gráfico 17. Serie de tiempo con una diferencia estacional.

En el *Gráfico 18* se muestra la ACF, la cual nos indica con las barras que sobresalen que tiene una variación estacional de cada 12 meses y al haberle aplicado una diferencia estacional no se logró eliminarla.

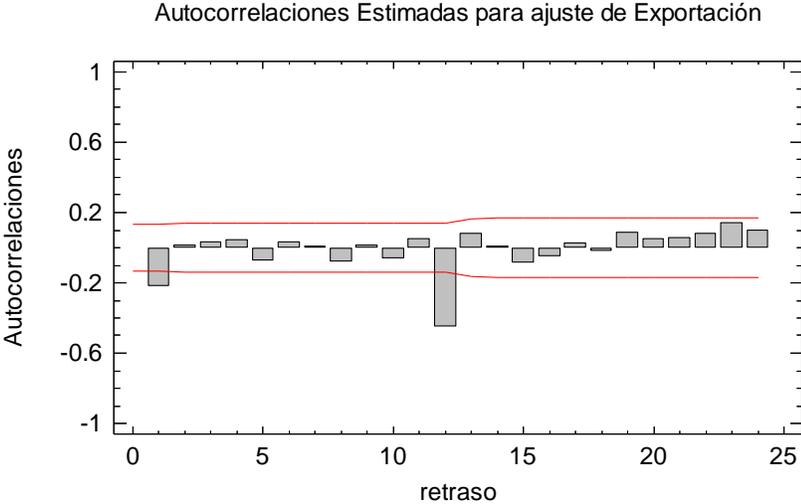


Gráfico 18. ACF de la serie de tiempo modificada.

Observando el *Gráfico 19* de la PACF se aprecia que tiene un comportamiento similar a la ACF en el que cada 12 datos sobresalen barras de las franjas mismas que indican la presencia de variación estacional.

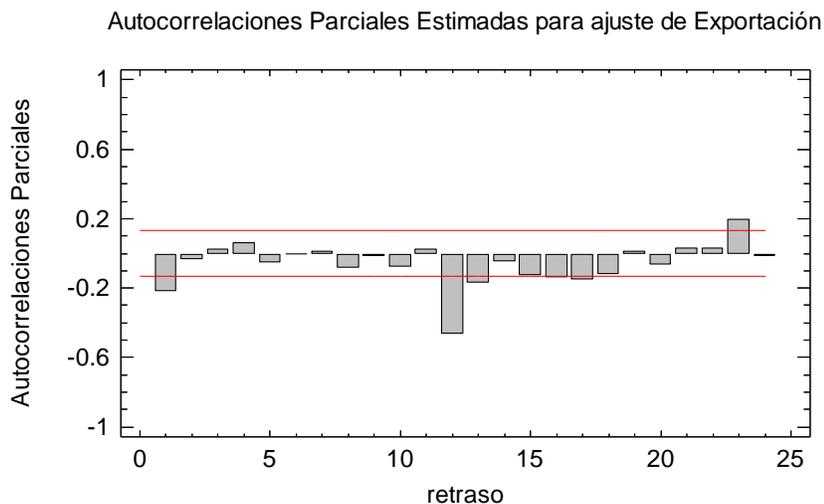


Gráfico 19. PACF de la serie de tiempo modificada.

El periodograma *Gráfico 20* y el periodograma integrado *Gráfico 21* nos muestran que se tiene periodicidad en los datos con los picos significativos que sobresalen a la vista.

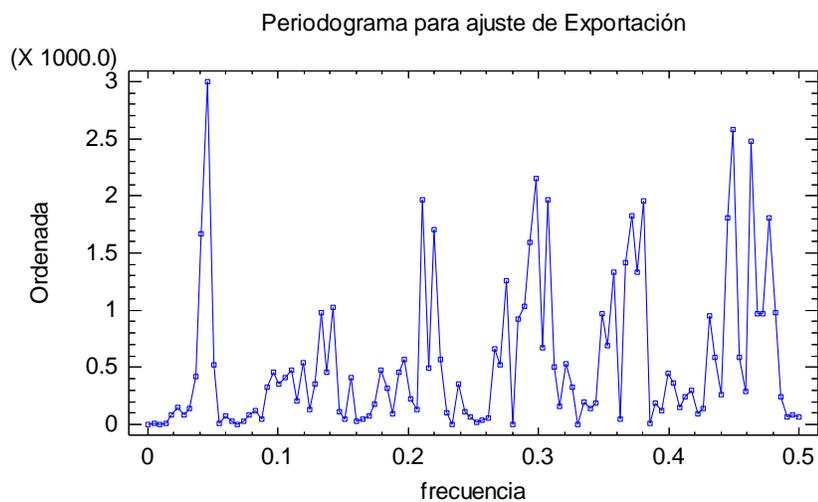


Gráfico 20. Periodograma de la serie modificada.

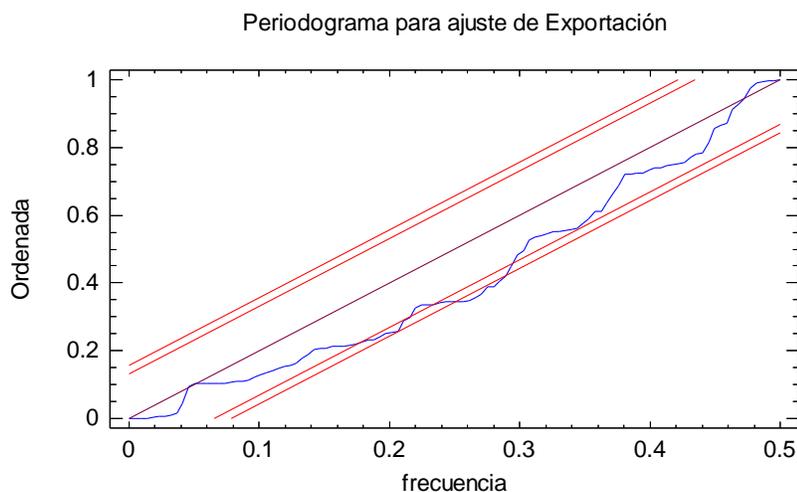


Gráfico 21. Periodograma integrado de la serie de tiempo modificada.

Finalmente, con lo observado en las gráficas y con base en las diferencias y transformaciones aplicadas podemos tener ya un modelo tentativo para pronosticar y se justificará bajo la discusión de los siguientes puntos:

- Se aplicó raíz cuadrada para homogeneizar la varianza.
- Se aplicó una diferencia ordinaria para eliminar tendencia.
- Se aplicó una diferencia estacional para eliminar variación estacional.
- La variación estacional no se logró eliminar, por lo que se tendrá que modelar.
- Dado que se aplicaron diferencias ordinarias, debemos utilizar los modelos ARIMA.
- Los modelos ARIMA tienen una parte ordinaria y una estacional.
- La variación estacional es de 12 meses.
- Los modelos ARIMA son utilizados para describir fenómenos de turismo, salud o económicos.

Por lo tanto el primer modelo tentativo es:

$$ARIMA(1,1,0)X(1,1,0)12$$

III.IV Estimación

La siguiente tabla nos resume la estimación de los parámetros del modelo tentativo $ARIMA(1,1,0)X(1,1,0)_{12}$; lo cual se puede ver que tanto $AR(1)$ como $SAR(1)$ son significativos ya que *Valor-P* son menores a $\alpha = 0.05$ y la constante deberá ser eliminada ya que no tiene significancia.

Parámetro	Estimado	Error Estd.	t	Valor-P
AR(1)	-0.26851	0.0658064	-4.08029	0.000064
SAR(1)	-0.513734	0.0600602	-8.55364	0.000000
Media	0.0318639	0.513579	0.0620429	0.950586
Constante	0.0611846			

Tabla 12. Estimación del modelo propuesto.

III.V Diagnóstico

Una vez que se ha decidido que el modelo inicial es $ARIMA(1,1,0)X(1,1,0)_{12}$ y se ha hecho la estimación, se procede al diagnóstico para poder determinar qué es lo que le falta o sobra al modelo. Esta fase de diagnóstico está formada por 4 pasos; primero se analizará la estacionaridad, después verificar si el modelo es sobre especificado o sub especificado para finalmente cotejar la existencia de datos atípicos.

III.V.I Análisis de estacionaridad

Con base en el periodograma integrado (*Gráfico 22*) de los residuales, se puede observar que se ajustan a la línea del centro de los límites por tanto se podría tratar de ruido blanco y no se ve algún escalón significativo que nos indique lo contrario.

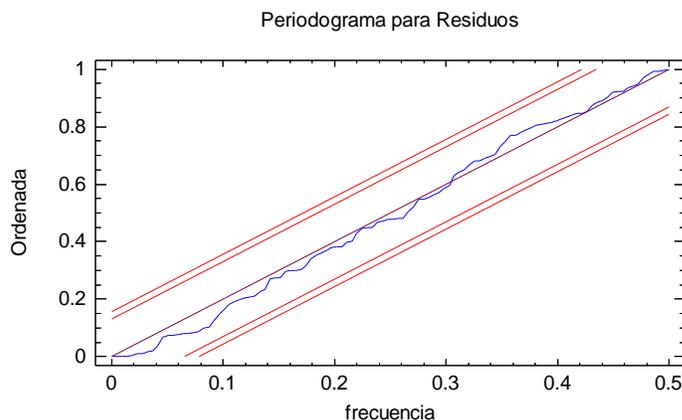


Gráfico 22. Periodograma integrado de los residuos.

III.V.II ¿El modelo está sobre especificado?

Para esta ocasión será necesario hacer la revisión de la estimación la cual nos indica que los componentes del modelo son significativos a excepción de la constante que no será tomada en cuenta, por lo tanto a nuestro modelo no le sobra nada.

Parámetro	Estimado	Error Estd.	t	Valor-P
AR(1)	-0.26851	0.0658064	-4.08029	0.000064
SAR(1)	-0.513734	0.0600602	-8.55364	0.000000

Tabla 13. Estimación para cotejar si el modelo es sobre especificado.

III.V.III ¿El modelo está sub especificado?

El *Gráfico 23* muestra que una barra en múltiplos de 12 sale ligeramente de los límites de confiabilidad y es significativa, por lo que a nuestro modelo le falta aumentar el orden en la parte SAR y/o SMA. Para el *Gráfico 24* sobresale una barra pero no es significativa por no ser múltiplo de 12.

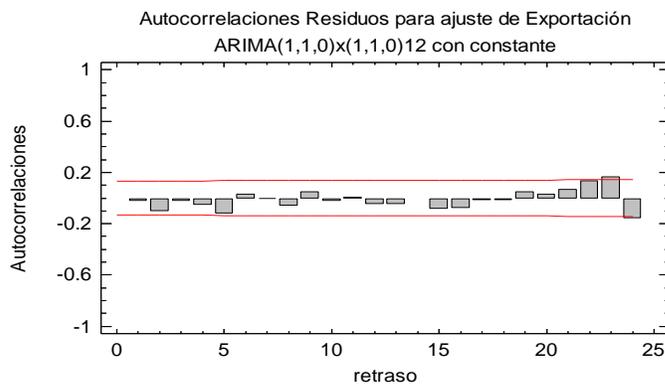


Gráfico 23. RACF de los residuales.

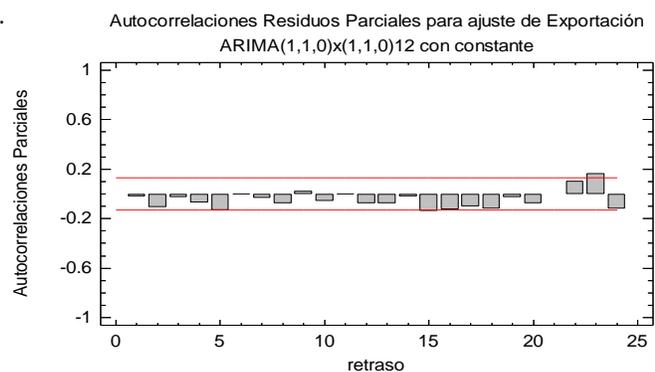


Gráfico 24. RPACF de los residuales.

III.V.IV Datos atípicos

Para la detección de datos atípicos se realiza el gráfico de caja y bigotes (Gráfico 25) en el cual se pueden observar dos puntos alejados pero que serán considerados dentro del pronóstico para que éste se acerque más a la realidad.

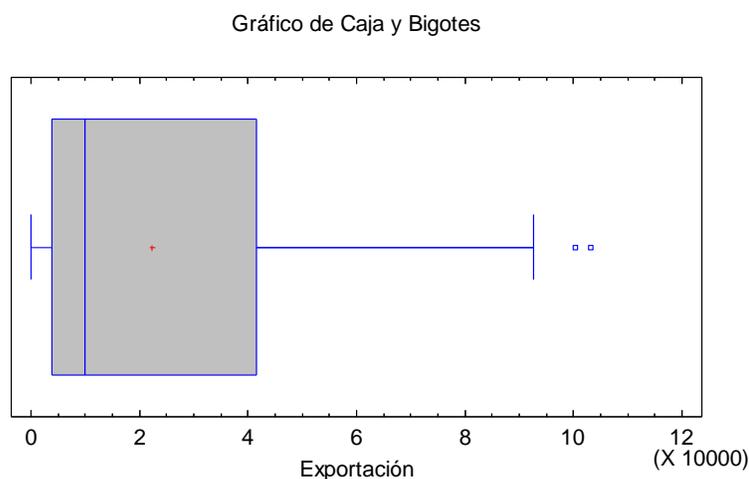


Gráfico 25. Gráfico de caja y bigotes de la serie de tiempo.

III.V.V Comparativo de modelos

Después de haber aplicado la metodología llegó el momento de hacer un comparativo de modelos que se proponen con respecto al que ya se había seleccionado con anterioridad, con la finalidad de obtener al que mejor nos pronostique y se ajuste a la serie de tiempo, tomando en cuenta que el modelo está sub especificado.

- El primer modelo es el tentativo $ARIMA(1,1,0)X(1,1,0)_{12}$ sin constante.
- Un segundo modelo será $ARIMA(1,1,0)X(1,1,1)_{12}$ sin constante para verificar que efectivamente el modelo tentativo está sub especificado aumentando el orden del término SMA.
- El tercer modelo $ARIMA(1,1,0)X(1,1,2)_{12}$ sin constante para verificar si se requiere aumentar a 2 el orden del término SMA dado que el modelo está sub especificado.

- El cuarto modelo $ARIMA(1,1,0)X(2,1,1)_{12}$ sin constante y nos ayudará a comprobar si se requiere de aumentar a 2 el término SAR y mantener en 1 la sección de SMA.
- Y un quinto modelo $ARIMA(1,1,0)X(2,1,2)_{12}$ sin constante, para saber si aumentado dos veces el orden de los términos SAR y SMA nos arroja un mejor modelo.

Comparación de Modelos

Variable de datos: Exportación
 Número de observaciones = 231
 Índice Inicial = 1/93
 Intervalo de Muestra = 1.0 mes(es)
 Longitud de la estacionalidad = 12

Modelos

- (A) $ARIMA(1,1,0)X(1,1,0)_{12}$
 Ajuste matemático: Raíz cuadrada
 (B) $ARIMA(1,1,0)X(1,1,1)_{12}$
 Ajuste matemático: Raíz cuadrada
 (C) $ARIMA(1,1,0)X(1,1,2)_{12}$
 Ajuste matemático: Raíz cuadrada
 (D) $ARIMA(1,1,0)X(2,1,1)_{12}$
 Ajuste matemático: Raíz cuadrada
 (E) $ARIMA(1,1,0)X(2,1,2)_{12}$
 Ajuste matemático: Raíz cuadrada

Periodo de Estimación

Modelo	RMSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	5157.01	3311.66	19.865	7.36173	-2.88493
(B)	5103.33	3323.74	19.2825	73.7168	-2.87207
(C)	5115.49	3324.29	19.2557	76.8858	-2.86958
(D)	5104.96	3311.43	19.28	82.3866	-2.88015
(E)	5113.0	3303.2	19.2494	82.9329	-2.87064

Modelo	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEDIA	VAR
(A)	5157.01	OK	*	OK	OK	***
(B)	5103.33	OK	OK	OK	OK	***
(C)	5115.49	OK	OK	OK	OK	***
(D)	5104.96	OK	OK	OK	OK	***
(E)	5113.0	OK	OK	OK	OK	***

Clave:

RMSE = Root Mean Squared Error (Raíz del Cuadrado Medio del Error)
 RUNS = Prueba corridas excesivas arriba y abajo
 RUNM = Prueba corridas excesivas arriba y abajo de la mediana
 AUTO = Prueba de Box-Pierce para autocorrelación excesiva
 MEDIA = Prueba para diferencia en medias entre la 1ª mitad y la 2ª mitad
 VAR = Prueba para diferencia en varianza entre la 1ª mitad y la 2ª mitad
 OK = no significativo ($p \geq 0.05$)
 * = marginalmente significativo ($0.01 < p \leq 0.05$)
 ** = significativo ($0.001 < p \leq 0.01$)
 *** = altamente significativo ($p \leq 0.001$)

III.V.VI Selección del mejor modelo

En base al comparativo realizado por el *software* se observa que el modelo tentativo $ARIMA(1,1,0)X(1,1,0)_{12}$ pasa tres de las cinco pruebas y que a su vez la raíz cuadrada del error medio es el más grande de todos los modelos, por lo tanto será descartado y nos basaremos en los otros cuatro modelos, de los cuales el análisis propone lo siguiente:

1. Para el modelo $ARIMA(1,1,0)X(1,1,1)_{12}$ se sugiere reducir el orden del término SAR a 0, quedando $ARIMA(1,1,0)X(0,1,1)_{12}$
2. Al modelo $ARIMA(1,1,0)X(1,1,2)_{12}$ se sugiere reducir el orden del término SAR a 0 y el término SMA a 1, quedando $ARIMA(1,1,0)X(0,1,1)_{12}$
3. Al modelo $ARIMA(1,1,0)X(2,1,1)_{12}$ se sugiere reducir el orden del término SAR a 1, quedando $ARIMA(1,1,0)X(1,1,1)_{12}$ que de acuerdo con el punto 1 de este análisis terminaría siendo el modelo $ARIMA(1,1,0)X(0,1,1)_{12}$
4. Por último al modelo $ARIMA(1,1,0)X(2,1,2)_{12}$ se sugiere reducir ambos términos SAR y SMA a 1, que en relación al punto 1 y 3 se tendría que usar el modelo $ARIMA(1,1,0)X(0,1,1)_{12}$

Por tanto el modelo que tentativamente se deberá usar es el $ARIMA(1,1,0)X(0,1,1)_{12}$

III.V.VII Análisis gráfico del modelo seleccionado

Hecho el comparativo y analizado las sugerencias que ofrece el *software* se ha seleccionado el que podría ser un buen modelo para pronosticar los ingresos por exportación de aguacate, para poder estar más seguros se realizará un análisis gráfico que nos permitirá determinar algunas áreas de oportunidad que podrían mejorar o no el modelo seleccionado.

El modelo seleccionado $ARIMA(1,1,0)X(0,1,1)_{12}$ nos muestra el siguiente gráfico de ajuste con la serie de tiempo original con su pronóstico.

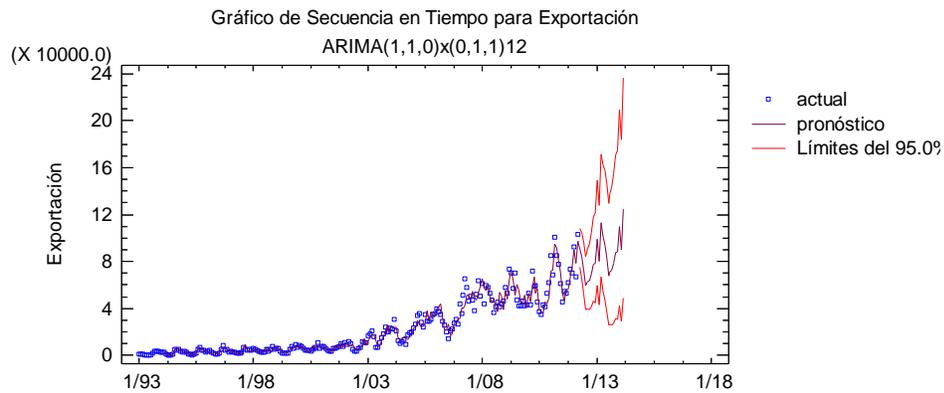


Gráfico 26. Ajuste del modelo seleccionado a la serie de tiempo.

El *Gráfico 27* nos presumiera comportarse como ruido blanco.

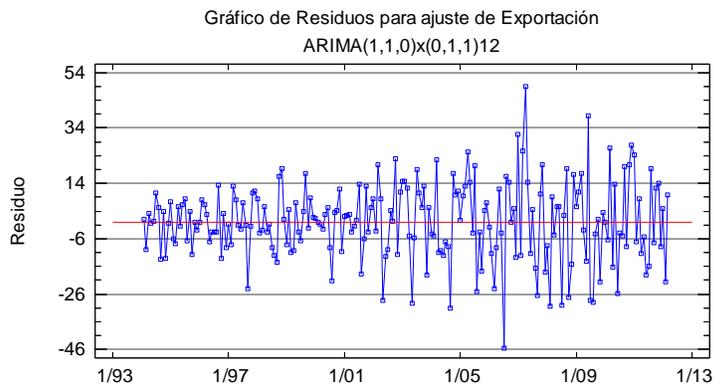


Gráfico 27. Gráfico de los residuos del modelo seleccionado.

La RPAC nos muestra todas las barras dentro del intervalo de confianza a excepción de una que sobresale pero no es significativa por no ser múltiplo de 12.

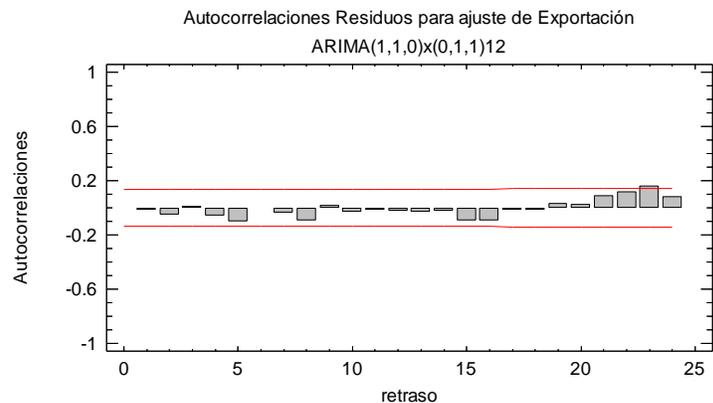


Gráfico 28. RPAC del modelo seleccionado muestra ruido blanco.

Con respecto a la RPACF muestra casi todas las barras dentro del intervalo de confianza a excepción de un par que no son significativas por no ser múltiplos de 12.

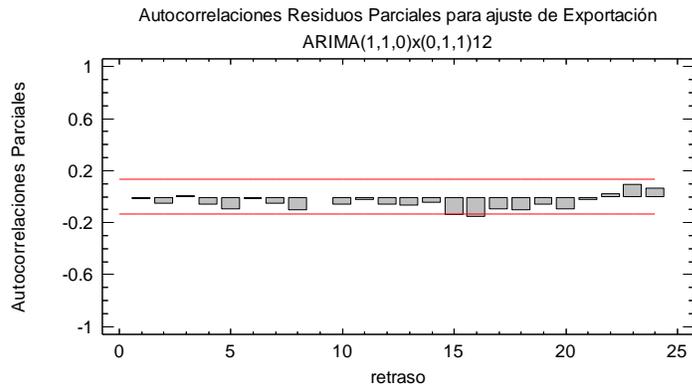


Gráfico 29. RPACF del modelo seleccionado muestra ruido blanco.

El periodograma sugiere ruido blanco, conteniendo sólo un pico significativo.

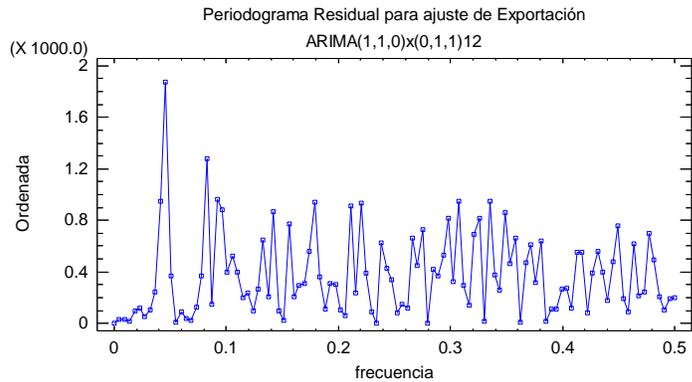


Gráfico 30. Periodograma integrado del modelo seleccionado.

Finalmente el periodograma integrado nos muestra a los residuales sin ningún escalón significativo dentro del intervalo de confianza y sobre la línea diagonal.

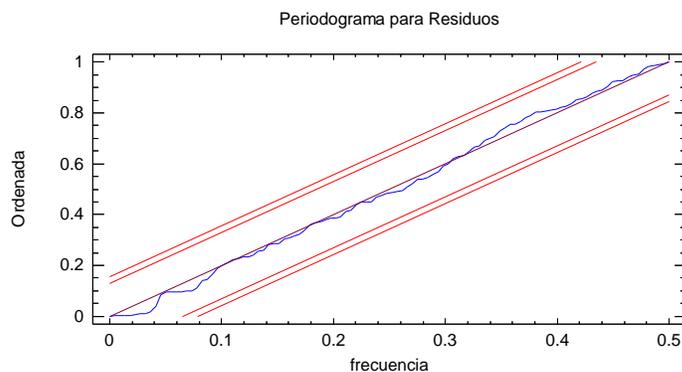
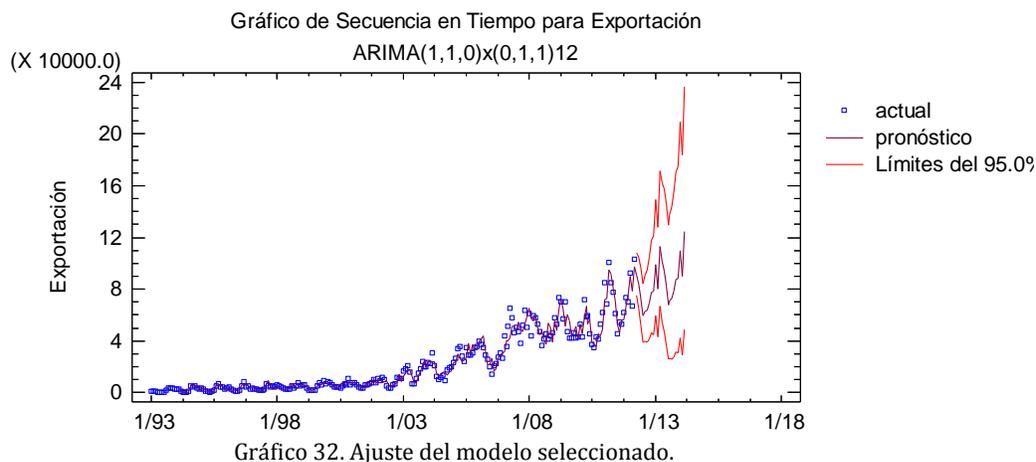


Gráfico 31. Periodograma integrado de los residuales.

Así podemos ver que los gráficos de los residuales se encuentran dentro de los intervalos de confianza, lo cual nos indica que las diferencias entre la serie de tiempo original y el modelo seleccionado nos supone ser ruido blanco; dándonos cierta seguridad de que el modelo seleccionado es bueno y el error que existe entre lo real y el modelado es pequeño, verificando que los datos se pueden ajustar a través de los modelos $ARIMA(p,d,q) \times (P,D,Q)_s$

IV. Pronósticos

Parte medular del presente trabajo refiere también a los pronósticos que genera el modelo seleccionado $ARIMA(1,1,0) \times (0,1,1)_{12}$; se muestra en el *Gráfico 32* el ajuste que tiene con respecto a la serie de tiempo original así como el pronóstico a dos años y el *Gráfico 33* muestra únicamente el pronóstico con su intervalo de confianza.



Se observa que el modelo se ajusta muy bien a la serie de tiempo original brindándonos un cierto nivel de certeza que estamos tratando un modelo aproximado y a su vez nos muestra que el pronóstico de los ingresos mexicanos por exportación de aguacate va en aumento.



Gráfico 33. Pronóstico.

El gráfico del pronóstico nos permite observar los valores proyectados del modelo ajustado para los períodos más allá de la serie de tiempo con los límites del 95% de predicción para los pronósticos, los límites muestran en dónde se podría ubicar el valor verdadero del dato pronosticado.

La *Tabla 14* presenta los pronósticos de ingresos mexicanos por exportación de aguacate desde abril 2012 a marzo 2013 y sus límites superiores inferiores en un 95% de confiabilidad con un comparativo en la última columna con respecto a un año anterior.

		Límite en 95.0%	Límite en 95.0%	Comparativo un año atrás	
Periodo	Pronóstico	Inferior	Superior	Período	Pronóstico
4/12	90549.7	74844.2	107750.	4/11	85137
5/12	83889.5	65174.8	104963.	5/11	77516
6/12	72929.6	52475.8	96742.0	6/11	61463
7/12	59115.7	38665.5	83890.8	7/11	45887
8/12	62488.8	39403.9	90872.8	8/11	54873
9/12	63772.7	38626.2	95190.6	9/11	52560
10/12	69333.7	41261.6	104650.	10/11	62036
11/12	77726.5	46095.2	117574.	11/11	73252
12/12	78349.3	44997.0	120891.	12/11	70237
1/13	99099.9	59301.9	149060.	1/12	92658
2/13	79750.5	43175.1	127461.	2/12	66628
3/13	113115.	66832.5	171505.	3/12	103167
4/13	101275.	54608.0	162239.	4/12	86956.8
5/13	93901.3	46900.0	157056.	5/12	83458
6/13	82355.9	36819.3	145978.	6/12	66846.7
7/13	67615.3	25610.0	129620.	7/12	53702.6
8/13	71223.3	26306.5	138058.	8/12	56942
9/13	72592.7	25684.4	143336.	9/12	60884.6
10/13	78518.2	27801.7	154987.	10/12	64784.5
11/13	87434.1	31709.4	170828.	11/12	77434.4
12/13	88094.6	30687.7	175088.	12/12	81345.2
1/14	110024.	42515.1	209038.	1/13	106624
2/14	89580.1	28909.9	183672.	2/13	83330.7
3/14	124767.	48530.8	236342.	3/13	120617

Tabla 14. Pronóstico desde abril 2012 a marzo 2014.

Se puede detectar por medio de la última columna, que los ingresos mexicanos por la exportación de aguacate están yendo en aumento año con año; es importante también resaltar que el cambio o incremento que se da a lo largo del tiempo es pequeño y no tiene un crecimiento acelerado, con lo cual se podría determinar una ligera solidez en lo que respecta a las exportaciones del fruto, ya que en cualquier momento de una crisis financiera o la vulnerabilidad en la que se encuentran los huertos ante el ataque de alguna especie de enfermedad a los árboles que aportan los frutos y al propio fruto podría afectar las exportaciones.

En el *Gráfico 34* se podrá apreciar la variación del pronóstico del período comprendido de marzo 2012 a marzo 2013 y de marzo 2013 a marzo 2014, lo que indica precisamente que se mantendrá un ascenso de los ingresos pero en una manera lenta.

Los ingresos se proyectan a no más de 1.2 mil dólares y 1.4 mil para marzo de 2013 y 2014 respectivamente, con un crecimiento del 16.7%, siendo el mes de marzo el de mayor pico de ingresos y que al final del período de la proyección y con un intervalo de confianza del 95% de no más 2.5 mil dólares y no menos de 0.5 mil dólares.

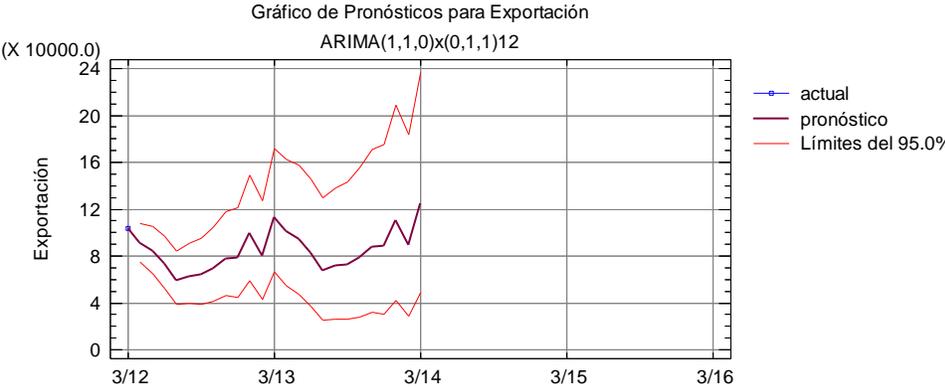


Gráfico 34. Pronóstico período marzo 2012 a marzo 2014.

En la *Tabla 15* se calcula el cambio porcentual dado año con año (incluyendo la proyección) con respecto al mes pico de ingresos, marzo, en el cual podemos asociar el impacto que puede tener el entorno socio económico de nuestro país así como aquellos eventos o sucesos que se presentan durante el paso del tiempo.

Tal es el caso del pequeño decrecimiento que se dio del año 2005 a 2006 posiblemente por las elecciones presidenciales que se celebraban en ese período de tiempo, lo mismo para el decrecimiento que se dio en el año 2011 a 2012; lo que respecta al decremento del -3% del año 2010 se podría atribuir al impacto que se presentó de la última crisis global que ha vivido la economía del mundo y que a su paso afectó reciamente al campo y productores mexicanos encargados de la exportación del fruto.

Período	Ingresox100000	% de cambio
mar-04	30717	-
mar-05	34235	11%
mar-06	34668	1%
mar-07	51095	47%
mar-08	59697	17%
mar-09	73670	23%
mar-10	71679	-3%
mar-11	100268	40%
mar-12	103167	3%
mar-13	113115	10%
mar-14	124767	10%

Tabla 15. Comparativo picos de ingresos año con año desde 2004 a 2014.

Finalmente, para continuar verificando la veracidad de nuestro modelo le quitaremos a la serie de tiempo un año de datos y con el mismo modelo asignado $ARIMA(1,1,0)X(0,1,1)$ se generará el pronóstico para el año eliminado de la serie y verificaremos qué tan alejada está la proyección de la realidad.

Periodo	Pronóstico	Realidad	Diferencia	%
4/11	91928.	85137	6791	8
5/11	85437.1	77516	7921.1	10
6/11	78634.4	61463	17171.4	28
7/11	66757.3	45887	20870.3	45
8/11	65769.0	54873	10896	20
9/11	69639.5	52560	17079.5	32
10/11	72231.2	62036	10195.2	16
11/11	78388.8	73252	5136.8	7
12/11	81442.2	70237	11205.2	16
1/12	100501.	92658	7843	8
2/12	86569.8	66628	19941.8	30
3/12	116653.	103167	13486	13

Tabla 16. Backtesting del pronóstico.

Se puede observar que el modelo calcula los datos eliminados de la serie de tiempo contra los ingresos por exportación de aguacate real, en promedio un 20% de desviación, es decir, los calcula con un 80% de confiabilidad y que se está tratando una tolerancia aceptable por la naturaleza del problema.

V. Conclusión

...Ladies and Gentlemen, I've got a little story to tell about Mona Lisa and how she suddenly fell, see everyone knew her, they knew her so well, now I am taking over, to release her from her spell³³.

Justo es el momento de llevar a cabo las conclusiones del presente trabajo, las cuales incluyen una discusión con respecto al comportamiento de los ingresos por exportación de aguacate, las propiedades y el entorno en las que se desarrolla la serie de tiempo lo cual permitió que la conducta se lograra ajustar a un modelo $ARIMA(p,d,q) \times (P,D,Q)s$; de igual forma, se presentará un análisis del impacto que se puede tener si se toma en cuenta la información arrojada por el modelo y darle un uso en beneficio a los productores encargados de la obtención y exportación del fruto.

...Seems like it was yesterday when I saw your face, you told me how proud you were, but I walked away, if only I knew what I know today³⁴...

En primer lugar se verificó que los fenómenos sociales, culturales, políticos y económicos en los que se ve envuelto nuestro país tienen un impacto significativo para el sector de la producción y exportación de frutos como el aguacate, mismos que a su vez repercuten en gran medida a los ingresos al país.

Hemos visto también que a través del tiempo, la serie se ha visto influenciada por factores causales como por ejemplo en aquellos años por los que el país celebra las elecciones para el cambio de la administración de los recursos del país,

³³ Spears, Britney. 2005. Mona Lisa. Chaotic. Estados Unidos: Jive Records.

³⁴ Aguilera, Christina. 2006. Hurt. Back to basics. Conway Studios: RCA Records, Sony BMG.

devaluaciones o introducción del IVA conocidos como efectos permanentes, también efectos transitorios como errores de tecleo, huelgas o fenómenos meteorológicos.

Por otro lado, a nivel mundial desde el año 2008 comenzaba a sonar el comienzo de una crisis financiera, misma que alrededor de los años 2009 y 2010 estaría impactando a nuestra nación en diversos rubros sociales y económicos, mismos que se han comprobado en la observación de los ingresos por exportación de aguacate que fueron en declive en el período de tiempo mencionado, teniendo un golpe extraordinario y dado que la agricultura era ya un sector olvidado y en presencia de eventos de esa dimensión se verían mermados los beneficios y los apoyos dirigidos a productores y exportadores.

...You've got to feel it, see it, know how much you need it, what's the point of livin' if you don't take a chance?, you've got to use it, lose it, know that you'll still do it, what's the point of livin' if you don't wanna dance?³⁵...

Con lo analizado en el párrafo anterior, se determina que la serie de tiempo se verá afectada por los fenómenos descritos. A su vez, se descubrió que la exportación de aguacate como todo producto tiene sus picos de venta pero que en nuestro caso lo llamamos picos de ingresos por la exportación; tomemos el ejemplo de una venta de un par de sandalias, las cuales tendrán picos de venta durante los meses de marzo y abril, pasa algo similar con el aguacate en donde los picos de ingresos por la exportación se dan durante el mes de marzo, lo que implica que la producción debe aumentar un par de meses antes para poder cubrir la demanda que se presentará durante esos períodos de tiempo.

El comportamiento de los ingresos por exportación del fruto tomando en cuenta los picos descritos, forman parte de uno de los componentes de la serie de tiempo llamado variación estacional, la cual durante el proceso aplicado de Box-Jenkins no se logró eliminar, por lo tanto se decidió modelarla; lo mismo con el declive que presentan los ingresos cada 6 años cuando se llevan a cabo las elecciones presidenciales en el país; si mezclamos la tendencia de los ingresos con el efecto que

³⁵ Pallot, Nerina. 2010. Better than today. Aphrodite. Electric Love Studios: Parlophone.

da la variación estacional sobre la serie de tiempo da como resultado una tendencia creciente y parabólica eliminada a través de diferencias ordinarias.

...I don't know much about algebra, but I know one plus one equals two and it's me and you, that's all we'll have when the world is through³⁶...

Resulta interesante ver que para poder aplicar la metodología para pronosticar mediante el método de Box-Jenkins y verificar que la serie de tiempo se puede modelar con un $ARIMA(p,d,q) \times (P,D,Q)_s$, se requiere cubrir una serie de condiciones las cuales la serie de tiempo formada por los ingresos mexicanos por exportación de aguacate cumple y que se discuten a continuación:

- La serie de tiempo no es estacionaria en sentido fuerte o estricto porque el comportamiento a través del tiempo va cambiando constantemente, o sea, “la única estabilidad que tiene es la inestabilidad”. Se justifica porque los fenómenos sociales, culturales, económicos y políticos afectan directamente a las exportaciones del fruto, haciendo incierto el comportamiento en el tiempo.
- La serie de tiempo no es estacionaria en sentido débil o amplio porque aunque tenga media constante no tienen varianza constante, o sea, tiene heteroscedasticidad, debido a que algún evento pequeño o grande que suceda dentro del entorno de la exportaciones pueda afectar a las mismas, por ejemplo, el ataque de alguna enfermedad a los árboles proveedores del fruto.
- Además la serie de tiempo es no estacionaria por la tendencia creciente y parabólica que presenta por la variación estacional que tiene por picos en los ingresos en los meses de marzo y los declives que tienen por los posibles efectos de la política en la economía cada 6 años.
- Con base en los puntos anteriores, entonces, la serie de tiempo se puede modelar a través de un modelo $ARIMA(p,d,q) \times (P,D,Q)_s$ porque es una serie no estacionaria, y se utiliza el modelo multiplicativo porque la variación estacional no se puede eliminar.

³⁶ Knowles, Beyoncé. 2011. 1+1. 4. Estados Unidos: Columbia Records.

...She's so lucky, she's a star but she cries in her lonely heart, thinking if there's nothing missing in her life, then why do these tears come at night?³⁷...

Es así como se llega al modelo $ARIMA(1,1,0)X(0,1,1)$ después de un modelo tentativo ya que una vez aplicada la metodología y realizar el análisis, en el gráfico de los residuos se presume de tener ruido blanco, así como la RPAC, la RPACF, el periodograma y el periodograma integrado; la constante no fue significativa y tiene el valor más pequeño en todos los errores calculados por el software; con esto se verifica nuevamente que la serie de tiempo se puede ajustar a un modelo $ARIMA(p,d,q)X(P,D,Q)s$ y que arroja un pronóstico confiable de períodos de tiempo máximo de dos años.

...I wanna give you one last option, I wanna give you one last chance, if you're looking for the main attraction, just hold on tight and let me do my dance³⁸...

A través del desarrollo del presente trabajo, se ha tomado información mediante el portal del Banco de Información Económica del INEGI, que con la participación de otras instituciones llevan el registro de los ingresos por exportación de aguacate. Esto nos ofrece una serie de tiempo que hemos podido utilizar para poder manejar las matemáticas aplicadas específicamente la metodología de Box-Jenkins y realizar el modelado que nos pronostica los ingresos por exportación el cual ha arrojado información importante. Parte de esa información es que los ingresos van en aumento de una manera lenta pero que a su vez el crecimiento se encuentra vulnerable a cualquier evento de cualquier naturaleza, es ahí en donde las asociaciones y organizaciones encargadas de financiar el sector de la agricultura debería poner más atención ya sea de una manera directa e indirecta al beneficio de la producción y exportación.

Es tan importante el dinero que se destina para las campañas electorales como el dinero destinado en apoyo a la agricultura, si es que hablamos de un apoyo directo.

³⁷ Marti, Max. 2000. Lucky. Oops!... I did it again. Orlado, Florida: Jive Records.

³⁸ Maraj, Onika. 2011. Va va voom. Pink Friday: Roman Reloaded. Neva York: Young Money.

El sustentáculo indirecto y no nada más para productores de aguacate sino para productores en general, puede estar en la reforestación de zonas productoras y cuidado del agua de ríos, manantiales o lagunas, con la finalidad de mantener el clima que propicia el crecimiento de los frutos, especialmente el aguacate que es un producto importante para todo el país, evitando así un daño económico a la nación.

Estados Unidos que es el principal destino de nuestras exportaciones que en cualquier momento podría cerrarnos sus fronteras, pensar entonces en países como Brasil, Argentina, Chile, Francia, Italia, y muchos más que son potenciales consumidores e importadores el fruto, entonces...

... ¿Por qué no ver más allá de los que nuestros ojos nos permiten ver?

Referencias

- [1] Hernández, Francisco, Cuatro libros de la naturaleza y virtudes medicinales de las plantas y animales de la Nueva España, Morelia, México, 1988.
- [2] A. Jorge, El Aguacate, Turrialba, Costa rica, 1983.
- [3] Baíza Avelar, Vladimir Humberto, Guía técnica del cultivo del aguacate, Nueva San Salvador, Noviembre 2003.
- [4] Mendoza Arroyo, Juan Manuel, Historia y Narrativa en el ejido de San Francisco Uruapan (1916-1997), CONACyT, Zamora, Michoacán, 2002.
- [5] Rosales, Jesús, Frutos del campo michoacano, Optimiza, Zamora, Michoacán, 1999.
- [6] H. Cámara de Diputados, LIX Legislatura, La competencia, Maporrúa, Distrito Federal, México, 2006.
- [7] González Videgaray, María del Carmen, Pronósticos: Metodología de Box-Jenkins, Estado de México, México, 2009.
- [8] Mendenhall y Sincich, Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias, Pretince Hall, México, 1997.
- [9] Ricón, Luis, Introducción a los procesos estocásticos, Distrito Federal, México, enero 2011.
- [10] M. Alvisourri, resúmenes IV Congreso mundial de Aguacate.
- [11] Documento interno de la Asociación de Exportadores y Empacadores de Aguacate Michoacán, A.C. (ASSEAM) Uruapan, Michoacán, 1998.
- [12] Ruíz, Valencia, G. Secretaría de Fomento, Dirección General de Agricultura, Estación Agrícola Central, San Jacinto, D.F., boletín núm. 71, 1912.
- [13] Impactos ambientales y socioeconómicos del cambio de uso del suelo forestal a huertos de aguacate en Michoacán, Instituto Nacional de Investigaciones

Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional Pacífico Centro, Campo Experimental Uruapan, publicación especial no. 2, diciembre 2009.

[14] Boletín “El aguacatero” No. 55, Ed. Julio-Agosto 2008, Ing. Salvador Torres Corona, Departamento Técnico de AALPAUM.

[15] Boletín “El aguacatero” No. 55, Ed. Julio-Agosto 2008, Ing. Salvador Torres Corona, Departamento Técnico de AALPAUM.

[16] Boletín “El aguacatero” No. 45, Ed. Abril 2008, Ing. Jorge Morales Sierra gerente de UDECAM, A.C.

[17] Boletín “El aguacatero” No. 28, Ed. Septiembre 2002, Fuente Paz y Asociados S. C.

[18] Boletín “El aguacatero” No. 1, Ed. Noviembre 1997, Ing. Miguel Ángel García Guzmán.

[19] Boletín “El aguacatero” No. 9, Ed. Junio 1999, Organización para la Alimentación y la Agricultura de las Naciones Unidas (FAO).

[20] Programa Estratégico de Investigación y Transferencia de Tecnología en el Estado de Michoacán, Fundación PRODUCE Michoacán, Morelia, Febrero de 2003.

[21] Boletín “El aguacatero” No. 18, Ed. Enero 2001, Sr. José Viveros Sánchez.

[22] Boletín “El aguacatero” No. 2, Ed. Febrero 1998, Ing. Salvador Torres Corona.

[23] Boletín “El aguacatero” No. 47, Ed. Mayo-Junio 2006, Ing. Miguel Ángel García Guzmán.

[24] Salafranca i Cosialls, Lluís, Estadística aplicada con SPSS y Statgraphics, Balmes, Barcelona, España, 2000.

- [25] Gutierrez-Diez, A., J. Martinez-de la Cerda, et al. (2009). "Study of genetic diversity of native avocado in Nuevo León, México" *Revista Fitotecnia Mexicana* 32(1): 9-18.
- [26] Sistemas Producto ::::::::::::::: [Internet]. [citado 2011 Jun 21];Available from: <http://www.aguacate.gob.mx/index.php?portal=aguacate>
- [27] Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) [Internet]. [citado 2011 Jun 21];Available from: <http://www.inegi.org.mx/>
- [28] YouTube - El Aguacate [Internet]. [citado 2011 Jun 21];Available from: <http://www.youtube.com/watch?v=qc26C4A6n34>
- [29] Ventajas de exportar [Internet]. [citado 2012 feb 16]. Available a partir de: <http://es.scribd.com/doc/14454714/Ventajas-de-exportar>
- [30] El aguacate. Joya de México para el mundo | México Desconocido [Internet]. [citado 2012 abr 30]. Available a partir de: <http://www.mexicodesconocido.com.mx/el-aguacate.-joya-de-mexico-para-el-mundo.html>
- [31] Aguacate | Alimentos [Internet]. [citado 2012 may 11]. Available a partir de: <http://alimentos.cc/aguacate>
- [32] El aguacate o palta, la fruta siempre cuestionada [Internet]. [citado 2012 mar 28]. Available a partir de: <http://www.zonadiet.com/comida/aguacate.htm>
- [33] Aguacate [Internet]. [citado 2012 abr 18]. Available a partir de: <http://www.botanical-online.com/aguacate.htm>
- [34] Asociación Agrícola Local de Productores de Aguacate de Uruapan Michoacán [Internet]. [citado 2012 may 16]. Available a partir de: <http://www.aproam.com/>

- [35] CICTAMEX_1998-2001_PG_171-187.pdf [Internet]. [citado 2012 abr 15].
Available a partir de:
http://www.avocadosource.com/journals/cictamex/cictamex_1998-2001/CICTAMEX_1998-2001_PG_171-187.pdf
- [36] libro_aguacate.pdf [Internet]. [citado 2012 may 20]. Available a partir de:
http://www.inifap.gob.mx/inicio/libro_aguacate.pdf
- [37] The_competitiveness_of_the_Mexican_avocado_in_the_American_market.pdf [Internet]. [citado 2012 abr 30]. Available a partir de: http://mpra.ub.uni-muenchen.de/25039/1/The_competitiveness_of_the_Mexican_avocado_in_the_American_market.pdf
- [38] cas_1994_PG_061-074.pdf [Internet]. [citado 2012 jun 10]. Available a partir de:
http://www.avocadosource.com/CAS_Yearbooks/CAS_78_1994/cas_1994_PG_061-074.pdf
- [39] MAYCV3.pdf [Internet]. [citado 2012 jun 22]. Available a partir de:
http://www.bcn.cl/bibliodigital/pbcn/medio/estudios_pdf_medio/MAYCV3.pdf
- [40] fairfresheners.pdf [Internet]. [citado 2012 jun 25]. Available a partir de:
<http://www.nrdc.org/laondaverde/health/home/fairfresheners.pdf>