

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE OCCIDENTE

Reconocimiento de validez oficial de estudios de nivel superior según acuerdo secretarial 15018, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 29 de noviembre de 1976.

Departamento de Procesos Tecnológicos e Industriales

MAESTRÍA EN INGENIERÍA Y GESTIÓN DE LA CALIDAD



Determinación de los factores que presentan mayor
influencia en la producción de aguacate en huertos en
la zona de Gómez Farías, Jalisco.

Tesis que para obtener el grado de
MAESTRO EN INGENIERÍA Y GESTIÓN DE LA CALIDAD

Presentan: Arnoldo García de Alba Sánchez

Tutor: Francisco Navarrete

San Pedro Tlaquepaque, Jalisco. 30 Agosto de 2017.

Abstract

La motivación de esta investigación es de carácter personal al ser originario de la zona de estudio y tener experticias de carácter laboral con el cultivo estudiado.

En México la agricultura como actividad económica es considerada una de las más productivas, con mayor relevancia y que genera mayor cantidad de empleos

La producción y comercialización del aguacate es una de las principales fuentes de ingreso económicamente hablando en la región sur de Jalisco.

En dicha región se encuentra el localizado el municipio de Gómez Farías del cual se han seleccionado huertos de aguacate para poder determinar las variables que tienen una mayor inferencia en la producción de este fruto.

Esto último determinado a través de análisis estadístico haciendo uso de la metodología de diseño de experimentos.

The motivation of this investigation came from personal character being native of the zone of study and have experience of labor character in the studied crop.

In Mexico the agriculture like an economy activity is consider one of the most productive, relevant and major generator of employees.

The production and commercialization of the avocados is one of the main economic incomes in the south of Jalisco.

In this region is located the town of Gomez Farias from where were chosen the avocado orchards to determine the variables that has more impact in the production of this fruit.

The latter was determine through statistical analysis using the design of experiments methodology.

Índice

	Página
Introducción	
Planteamiento del problema.....	5
Objetivos.....	6
Justificación.....	7
Alcance.....	11
Capítulo 1: Marco Teórico	
1.1 Normatividades.....	13
1.2 Diseño de Experimentos	16
1.3 Clasificación de Variables.....	18
Capítulo 2: Región Sur de Jalisco	
2.1 Aspectos Generales de la industria Agrícola.....	20
Capítulo 3: Industria del Aguacate	
3.1 Tipología del Aguacate.....	26
3.2 Antecedentes.....	29
3.3 Aspectos Generales a Nivel Mundial.....	30
3.4 Aspectos Generales a Nivel Jalisco.....	31
Capítulo 4: Metodología	
4.1 Descripción del problema.....	32
4.2 Elección de factores.....	32
4.3 Selección de variable de respuesta.....	33
4.4 Elección de diseño experimental.....	34
Capítulo 5: Realización de experimento y Análisis estadístico de datos	
5.1 Experimentación.....	36
5.2 Análisis estadístico.....	40

Conclusiones y Recomendaciones.....	43
Glosario.....	45
Bibliografía.....	46

Introducción

Este trabajo se realizó en base a la modalidad TOG Investigación. El cual se enfocó en determinar las variables que presentan mayor influencia en la producción de aguacate en huertos en la zona de Gómez Farías, Jalisco.

La actividad económica de la producción y comercialización del aguacate, ha sido una de las principales detonadoras económicas de la región sur de Jalisco, la cual basa su economía principalmente en la agroindustria.

En la región sur de Jalisco, se encuentra el municipio de Zapotlán el Grande, el cual es cabecera municipal de 23 municipios localizados en la región, siendo esta la ciudad en donde se localiza la mayor cantidad de fuentes de empleo de la región esto debido a que en ella se han asentado empresas transnacionales de capital americano como:

- Nature Sweet
- Driscoll's
- Calavo

Además de empresas familiares que han venido creciendo de una manera importante en la última década como lo pueden ser:

- Avocado Zapotlán
- Mevi
- Grupo agrícola los Cerritos
- Roquin
- Deliseos
- Loma del nevado
- Agrofrut
- Grupo Frutícola del Nevado
- Berries Paradise
- Entre otras...

Todas las empresas mencionadas en el punto anterior son del giro agroindustrial dedicadas a la producción y comercialización del aguacate, a excepción de Nature Sweet que se dedica a la producción y comercialización de tomates, mientras tanto Driscoll's y Berries Paradise se dedican a la producción y comercialización de Bayas, sin embargo existen varias empresas las cuales no menciono que se dedican al cultivo y comercialización de las Bayas, empresas cuyos campos y empaques también se encuentran en la región sur de Jalisco, debido a esto y a la nula o baja presencia de empresas de cualquier otro giro es porque considero las agroindustrias son la principal fuente de empleo de la región generando miles de empleos.

Lo antes mencionado ha sido para poner en contexto las empresas del giro agro industrial con presencia en la región sur de Jalisco.

Planteamiento del Problema

La problemática a estudiar es el determinar los factores que presentan mayor influencia en la producción de aguacate en huertos en la zona de Gómez Farías, Jalisco.

Uno de los beneficios de poder identificar que factor es más determinante, para poder generar una mayor producción de aguacate sería, el tener un parámetro de saber el momento en que una huerta de aguacate comienza a generar ganancias, entendiendo que los primeros años, al no generar producción (debido a la etapa de crecimiento de los árboles), se comienza a generar un déficit financiero para los dueños de los huertos, el cual comienza su retorno de inversión a partir de que sus huertos comienzan a producir; esto se da aproximadamente entre el 4to y 5to año de plantados los árboles, sin embargo obviamente variara el momento o punto en que se llega al punto de equilibrio económicamente hablando, y el punto a partir del cual comienza a generar una ganancia, esto debido a que los árboles son como los

niños; todos son diferentes ya que son seres vivos y como tal ocupan más o menos nutrientes para desarrollarse, también sufren de enfermedades las cuales deben de ser atendidas y requieren de cuidados preventivos; además de estar bien hidratados con agua que contenga los minerales necesarios y estar plantados en un terreno que favorezca su crecimiento. En el campo, existen una infinidad de variables que entran en juego, para que una huerta sea o no exitosa como negocio, desde algunas que están en las manos de los dueños el poder controlarlas o manipularlas, hasta otras como: el clima, en las cuales no se puede tener inferencia y tienen repercusiones favorables o negativa.

El presente estudio se enfocó en un par de preguntas muy específicas, esto debido a contar con un universo de variables a considerar, solo han sido seleccionadas las variables de las cuales se contó con información confiable, para poder realizar el estudio y de esta manera dar respuesta a las preguntas de investigación

Preguntas de Investigación:

¿Cuáles son las variables determinantes para lograr una mayor producción de aguacate?

¿A qué edad una huerta de aguacate se considera madura?

Objetivos

El objetivo general es:

Determinar las variables que presentan mayor influencia en la producción de aguacate en huertos en la zona de Gómez Farías, Jalisco, con la finalidad de identificar los factores a controlar para maximizar la producción y de esta manera optimizar la rentabilidad de una huerta de aguacate.

El objetivo específico de esta investigación es:

- Identificar a que edad una huerta de aguacate alcanza su madurez hablando de la etapa productiva.

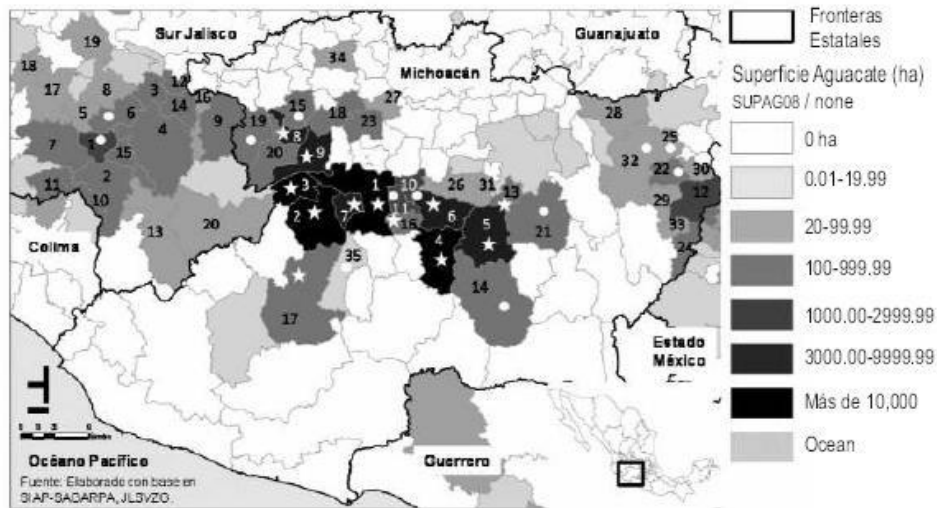
Justificación

La motivación principal de esta investigación es una vivencia personal al ser originario de esta zona, y la oportunidad de trabajar en una de las empresas productoras y comercializadoras de aguacate con mayor presencia en la región Sur de Jalisco, desempeñándome como jefe del departamento de compras durante un año, sumado a esto y al rápido crecimiento de este cultivo en la región, me ha nacido el interés por determinar con certeza la rentabilidad de este y saber a partir de qué punto se puede considerar rentable.

Durante la primera década del siglo XXI, el aguacate ha sido el cultivo más dinámico en la región. Ello se debe a las oportunidades comerciales que se han presentado tanto en el mercado interno como en el de exportación, así como por la cercanía y condiciones agronómicas similares del sur jalisciense con la zona aguacatera de Michoacán (es decir, la franja que cruza el estado por el centro, de poniente a oriente, desde Cotija hasta Zitácuaro), donde en 2008 se concentró 84.7% de la superficie nacional dedicada a este cultivo (*ver mapa 1*). La superficie sembrada de aguacate en la región antes mencionada ha crecido a una tasa promedio anual de 35.24% entre 2000 y 2008. Hubo 5,588 hectáreas en este último año, aunque extraoficialmente la cantidad podría ser superior a ocho mil hectáreas, en virtud de que todavía existen muchas huertas nuevas que no han sido registradas. (*Macías, 2010, p.207.*)

*

Mapa 1. Municipios productores de aguacate en el sur de Jalisco y Michoacán (2008-2009)



Jalisco:		Michoacán:	
1. Zapotlán el Gde.	11. Zapotlán de V.	1. Uruapan	11. Ziraquaretiro.
2. Tuxpan	12. Manzanilla de la Paz	2. Tancitaro	12. Zitácuaro
3. Concepción de Buenos Aires	13. Tecalitlán	3. Penbán	13. Acuitzio
4. Tamazula	14. Mazamitla	4. Ario	14. Turicato
5. Sayula	15. Zapotliltic	5. Tacámbaro	15. Tangamandapio
6. Gómez Farias	16. Valle de Juárez	6. Salvador escalante	16. Taretán
7. San Gabriel	17. Tapalpa	7. Nuevo Paramgaricutiro	17. Apatzingán
8. Atoyac	18. Chiquilistán	8. Tinguindín	18. Tangancicuaro
9. Quitupan	19. Zacoalco	9. Los Reyes	19. Cotija
10. Tonila	20. Jilotlán de los D.	10. Tingambato	20. Tocumbo
			21. Madero
			22. Tuxpan
			23. Chilchota
			24. Susupuato
			25. Irimbo
			26. Pátzcuaro
			27. Purepero
			28. Zinapécuaro
			29. Jungapeo
			30. Ocampo
			31. Huiramba
			32. Hidalgo
			33. Juárez
			34. Ecuandero
			35. Parácuaro

* Ilegibilidad de origen.

(Fuente): Alejandro, M. M. (2010). Zonas hortofrutícolas emergentes en México ¿Viabilidad de largo plazo o coyuntura de corto plazo? La producción de aguacate en el sur de Jalisco. *Estudios Sociales (Hermosillo, Son.)*, (36), 203.

“Las condiciones agroecológicas de las zonas serranas en el sur de Jalisco son propicias para el cultivo eficiente de aguacate, en cantidad, calidad y ventana de producción. Así, la sierra del Tigre, la sierra de Tapalpa y el Macizo del Nevado de Colima tienen suelos de naturaleza volcánica, surgidos a partir de cenizas (localmente se les conoce como *Topure*, derivado del término purépecha “T’opúri”), cuya textura arenosa y ligera, aunque los hace fácilmente erosionables, tienen una capa superficial, oscura o negra que es rica en materia orgánica y nutrimentos (Rivera, 2004). Además se trata de suelos profundos que presentan condiciones favorables para la infiltración del agua, siendo el drenaje una condición requerida

para el crecimiento de aguacate” (Macías, 2010, p.217.)

Esta es una de las razones que hace que las huertas más longevas, localizadas en el municipio de Gómez Farías tuvieran en 2008 rendimientos de entre 18 y 32 toneladas por hectárea (tons/ha), muy superiores al promedio en los principales municipios de Michoacán (10.7 tons/ha). Además la fruta obtenida en el sur jalisciense ha resultado con hasta 30% más de pulpa que la de Michoacán, tiene también muy buena calidad que la hace cada vez más aceptada en los mercados internacionales. (Macías, 2010, p.218)

En el siguiente cuadro (ver cuadro 1) se puede apreciar el crecimiento que ha tenido la región sur de Jalisco a través de los años:

Cuadro 1. Incorporación de superficie sembrada de aguacate en el sur de Jalisco

Municipio	Hasta 1986	Hasta 1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	No definido	Total	Porcentaje puntuación	Porcentaje acumulado	Tasa anual de crecimiento (08/99)
Zapotlán El Grande	74	75	0	61	7	19	19	137	174	725	19	164	6	1,407	24.4	24.4	34.04
Concepción de B. A.	1	16	32	1	0	80	32	145	39	176	58	251	30	858	14.9	39.3	49.39
Tuxpan	0	0	0	24	17	0	0	68	30	337	33	7	1	517	9.0	48.2	-
Tonila	11	14	0	0	22	0	28	8	53	245	50	0	2	422	7.3	55.5	40.52
Quitupan	8	24	6	17	1	3	7	54	83	48	69	5	42	357	6.2	61.7	31.25
Tamazula	42	50	16	47	0	17	11	19	62	55	38	39	2	354	6.1	67.9	21.85
Gomez Farías	69	69	0	104	0	6	0	0	67	91	0	0	0	337	5.8	73.7	17.17
Zapotiltic	2	2	0	10	0	0	6	0	130	6	40	143	0	337	5.8	79.5	66.96
Mazamitla	6	23	1	3	2	16	7	18	67	27	94	41	0	299	5.2	84.7	29.33
Zapotitlán de V.	0	0	0	0	0	0	0	3	0	200	0	0	0	203	3.5	88.2	-
Manzanilla de la P.	0	0	0	0	0	0	0	52	0	19	28	82	0	181	3.1	91.4	-
San Gabriel	0	0	0	24	0	0	0	0	13	37	0	0	65	139	2.4	93.8	-
Otros*	0	10	27	-3	0	1	0	-43	162	30	28	42	0	360	6.2	100.0	43.83
Sur Jalisco	220	282	80	287	49	141	110	460	880	1,995	456	774	148	5,770			35.24

* Sayula (100.4 has totales en 2008), Tecalitlán (65.3 ha), Atoyac (52 ha), Valle de Juárez (50.6 ha), Jilotlán de los Dolores (28.9 ha), Tapalpa (20 ha), Zacoalco (21 ha), Toluca (10.1 ha), Teocuitatlán de Corona (5 ha), Techaluta (3 ha), Amacueca (2 ha), Santa María del Oro (1.6 ha).

Los totales pueden no coincidir con las sumas debido al redondeo de las cifras.

Fuente: elaborado con base en información de: SAGARPA-SIAP; JLSVZG, 2009.

Se ha seleccionado situar este estudio en la zona que abarca el municipio de Gómez Farías, debido a que esta es una de las declaradas zona libre de gusano barrenador de hueso, lo cual facilita el comercio del producto que se encuentra en esta zona al momento de vender el producto a un empaque que se dedique a comercializar la fruta ya sea en el mercado nacional o de exportación; cabe mencionar en la región existen varios (*por ejemplo: Avocados Zapotlán, Roquin, Mevi, Agrícola los Cerritos, Deliseos, Loma del Nevado, Agrofrut, etc.*) además de no necesitar *cartilla fitosanitaria*ⁱ la cual es expedida por el CESAVEJALⁱⁱ (*Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Jalisco es un organismo auxiliar corresponsable junto con el gobierno del estado (SEDER) y la rectoría de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y alimentación (SAGARPA) de establecer campañas y programas de prevención, control y combate de plagas y enfermedades que afectan los cultivos agrícolas de la entidad.*) para el transporte de la fruta de la huerta al empaque en donde se vaya a procesar.

La zona de Gómez Farías cuenta con un clima templado el cual puede ayudar a proveer una fecha de corte óptima considerando el ciclo que sigue el precio de venta del aguacate y poder de esta manera obtener una mayor ganancia al vender en uno de los puntos altos que presente la demanda del producto durante el ciclo del año.

En términos monetarios, se estima serían de 546 millones de pesos (mdp) de incremento en comparación al año 2008, es decir, 480% más de lo que fue en 2008 (94.02 mdp). Si el ingreso agrícola total en los municipios productores de aguacate en la región, fue de 3,959.11 mdp en 2008. (*Ver cuadro 2*). (*Macías, 2010, p.218*)

Cuadro 2. Valor monetario de producción de aguacate en principales municipios del sur de Jalisco

Municipio	Superficie sembrada (Ha)	Rendimiento (Ton/ha)	PMR (\$/ton)	Valor producción (aguacate) (Miles de pesos)	Valor producción agrícola (VPA) (Miles de pesos)	Valor producción hipotética (aguacate) (Miles de pesos)	Crecimiento monetario (Miles de pesos)	Incremento porcentual en VPA
	A	B	C	D	E	F	G	I
						A x B x C	F-D	((E+G)/E)-I
Zapotlán El Grande	1,406.8	8.00	12,000	17,280	370,080	135,049	117,769	31.8%
Concepción de B. A.	858.0	5.66	7,393	5,765	55,087	35,900	30,135	54.7%
Tuxpan	517.1	10.00	17,000	1,700	345,238	87,907	86,207	25.0%
Tonila	421.8	11.24	17,000	7,259	78,082	80,605	73,346	93.9%
Quitupan	357.3	5.70	7,786	3,398	103,852	15,858	12,480	12.0%
Tamazula	354.3	4.25	9,955	3,131	337,718	14,992	11,861	3.5%
Gomez Farias	337.2	17.80	11,950	38,288	98,473	71,730	33,442	34.0%
Zapotiltic	336.7	8.50	8,000	0	408,988	22,896	22,896	5.8%
Mazamita	298.6	6.70	7,867	3,398	53,313	15,738	12,340	23.1%
Zapotlán de Vadillo	202.5	7.00	1,000	175	55,895	1,418	1,243	2.2%
Manzanilla de La Paz	180.9	5.10	7,100	1,304	26,159	6,549	5,245	20.1%
San Gabriel	139.0	12.22	14,000	9,240	419,793	23,780	14,540	3.5%
Sur Jalisco	5,770.0	9.09	9,888	94,017	3,959,107	546,001	451,984	11.4%

Fuente: Macias, 2010, p. 218.

ⁱ Cartilla Fitosanitaria: Es un documento donde se plasma la situación fitosanitaria del predio y/o unidad de producción (Documento expedido por CESAVEJAL)

Recuperado de:

<http://www.sicafi.gob.mx/DGSV/manual/reportes/bdc/cartillaaguacatero/cartillaaguacatero.html>

Alcance

Este estudio de determinación de variables se limita a la zona que comprende el municipio de Gómez Farías el cual es el que presento en 2008 el mayor rendimiento en la zona sur de Jalisco, para ello se tomaron datos históricos de 8 huertas de la zona, del periodo de tiempo de 3 años (2011 a 2013) este periodo de tiempo se

seleccionó de manera particular debido a que fue del cual se pudieron obtener datos históricos confiables. De esta manera poder determinar que variables son las que presenta mayor influencia en la producción de aguacate en huertos en un ciclo (ciclos de 1 año).

Se tomaron en cuenta los siguientes variables:

- Toneladas Producidas
- Extensión territorial (estandarizada a 10 has)
- Edad del huerto
- Densidad de plantación por hectárea
- Ingeniero a cargo (esta variable englobo una gran cantidad de factores los cuales si tienen inferencia en la variable de respuesta sin embargo no se cuenta con datos de ellos para poderlos considerar de manera independiente, como por ejemplo: Fechas de cosecha, cantidad de cosechas, insumos, calidad del fruto, labores culturales de campo como: poda, fumigaciones, abrir ventanas etc...)
- Sistema de riego (aspersión o por goteo)

Capítulo 1: Marco Teórico

1.1- Normatividades

Hablando de Normatividades me gustaría subdividir las más representativas en Internacionales y Nacionales.

Dentro del rubro de las internacionales encontramos a la norma CODEX STAN 197-1995 y a la norma ISO 22000.

Por otro lado, en las normas nacionales se cuenta con la NORMA Oficial Mexicana NOM-066-FITO-2002.

El Codex Alimentarius o “Código alimentario” fue establecido por la FAO y la Organización Mundial de la Salud en 1963 para elaborar normas alimentarias internacionales armonizadas, que protegen la salud de los consumidores y fomentan prácticas leales en el comercio de los alimentos. La Norma CODEX referente al aguacate es CODEX STAN 197-1995,

La cual tiene la siguiente aplicación:

Esta Norma aplica a las variedades comerciales de aguacates de *Persea Americana Mill* (variedad cultivada en el municipio de Gómez Farías también conocida como *Hass*), de la familia Lauraceae, que habrán de suministrarse frescos al consumidor, después de su acondicionamiento y envasado.

A continuación cito puntos importantes la Norma CODEX toma en cuenta:

- Requisitos de calidad
- Requisitos de madurez
- Clasificación del producto por categorías
- Clasificación por calibres, la cual se resume en la siguiente tabla (ver tabla 1.1):

Tabla 1.1: Calibres

Código de calibre	Peso (en gramos)
2	> 1220
4	781 – 1220
6	576 – 780
8	456 – 576
10	364 – 462
12	300 – 371
14	258 – 313
16	227 – 274
18	203 – 243
20	184 – 217
22	165 – 196
24	151 – 175
26	144 – 157
28	134 – 147
30	123 – 137
32	80 – 123 (sólo para la variedad Hass)

Fuente: Duran, F. (2013). Cultivo del aguacate o palta. Colombia. Grupo Latino Editores.

Otro punto importante a considerar dentro del marco teórico es la Norma ISO 22000 la cual es el estándar mundial de seguridad alimentaria de carácter opcional.

La Norma ISO 22000 es un estándar internacional certificable, que especifica los requisitos para un Sistema de Gestión de Seguridad Alimentaria, mediante la incorporación de todos los elementos de las Buenas Prácticas de Fabricación (GMP) y el Sistema de Análisis de Peligros y Puntos de Control Crítico (APPCC), junto a un sistema de gestión adecuado, que permita a la organización demostrar que los productos que suministra cumplen con los requisitos de sus clientes, así como los requisitos reglamentarios que les son de aplicación en materia de seguridad alimentaria.

Este marco referencial de las normas antes mencionadas ISO 22000 y el CODEX

Alimentarius en su apartado para el aguacate (CODEX STAN 197-1995.) son de suma importancia ya que marcan los lineamientos generales una huerta de aguacate debe de seguir para mantener todo en regla y cumplir con los requisitos de producir fruta de calidad que pueda ser considerada para exportación, de esta manera accediendo a un mercado más rentable al poder vender a empaques que destinen el producto a exportación, maximizando así la rentabilidad de la huerta.

En el caso específico de la norma ISO 22000 la cual no es de carácter obligatorio, pero otorga un valor agregado la certificación del huerto, de esta manera los empaques que deseen realizar la compra de la cosecha obtienen la seguridad de contar con la trazabilidad de todas las aplicaciones químicas que se realizaron al producto durante su ciclo de gestación, con lo cual se puede acceder a un mejor trato en la venta.

Dentro de las normativas que regulan el cultivo podemos encontrar la NORMA Oficial Mexicana NOM-066-FITO-2002, Especificaciones para el manejo fitosanitario y movilización del aguacate; la cual tiene por objeto establecer los requisitos, especificaciones para el manejo fitosanitario, movilización de plantas y frutos del aguacate (*Persea spp.*). Las disposiciones de la presente Norma serán aplicadas a:

- a) Huertos comerciales, de traspatio, viveros, industrializadoras, empacadoras, centros de acopio y centrales de abasto.
- b) Áreas marginales.
- c) Otras que la Secretaría determine.

Aplicando a este caso de estudio al ubicarnos en huertos comerciales.

Cabe mencionar las plagas y enfermedades más comunes del aguacate, ya que estas son unas de las variables más complejas e importantes a controlar que pueden marcar la diferencia entre producir fruta de calidad o no, existen manuales realizados por SAGARPA y comités locales como el CESAVEJAL (Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Jalisco). Información relevante que podemos acceder en

estos manuales son los plaguicidas autorizados para el cultivo (ver tabla 1.2):

Tabla 1.2: Plaguicidas Autorizados			
Insecticidas			
I.A	FORMULACION	DOSIS	USO
Malation 1000	C.E. 83.8%	125 ml/100 litros de agua	Barrenador de hueso y ramas
Malation 1000	C.E. 83.8%	125 ml/100 litros de agua	Trioza anceps
Lamda cyhalotrina	C.E. 6.5%	300-500ml./ha	Frankliniella spp

Fungicidas			
I.A	FORMULACION	DOSIS	USO
Fosetil Al.	P.V. 80%	4 kg/ha	Phytophthora cinnamomi
Metalaxil-M	Granulado 2.5%	200-250 g/árbol	
Folpet	P.V. 80%	150-200 g/100 litros de agua	Colletotrichum gloeosporioides
Tiabendazol	P.H. 60%	500-750 g/ha	Diplodia sp.
Sulfato de Cobre	S.S. 21.36%	300-600 ml/ha	Sphaceloma perseae
Fuente: Listado de Plaguicidas Autorizados para uso en Aguacate, Octubre 2009, SENASICA, APEAM, CESAVEJAL			

1.2- Diseño de Experimentos

Douglas C. Montgomery en su obra *Diseño y Análisis de Experimentos* describe que: “Investigadores de prácticamente todos los campos de estudio llevan a cabo experimentos por lo general para descubrir algo acerca de un proceso o sistema particular. En un sentido literal un experimento puede definirse como una prueba. En una perspectiva más formal un experimento puede definirse como una serie de pruebas en las que se hacen cambios deliberados en las variables de entrada de un proceso o sistema para observar e identificar las razones de los cambios que pudieran observarse en una variable de salida. (Montgomery, 2004)

Dentro de las aplicaciones Montgomery (2004) comenta que: “Los métodos de diseño experimental han encontrado amplia aplicación en diversas disciplinas. La experimentación puede considerarse parte del proceso científico y uno de los medios para conocer el funcionamiento de sistemas o procesos. En general, el aprendizaje ocurre a través de una serie de actividades en las que se hacen conjeturas acerca de un proceso, se llevan a cabo experimentos para generar datos del proceso y después se usa la información del experimento para establecer nuevas conjeturas, lo que lleva a nuevos experimentos. (Montgomery, 2004, p.8)

Montgomery (2004) comenta: Si quiere llevarse a cabo, un experimento con la mayor eficiencia posible, es necesario utilizar un enfoque científico para plantearlo, en donde tiene cabida el “Diseño estadístico de experimentos”. (Montgomery, 2004, p.11)

Montgomery (2004) hace mención de dos aspectos a considerar dentro de cualquier problema experimental:

- 1- Diseño del experimento
- 2- Análisis estadístico

Además de la existencia de los tres principios básicos del diseño experimental los cuales son:

- 1- *Realización de réplicas*: Repetición del experimento básico
- 2- *Aleatorización*: La asignación de material experimental como el orden en que se realizaran las corridas o ensayos individuales del experimento se determinan al azar.
- 3- *Formación de bloques*: Técnica de diseño que se utiliza para mejorar la precisión de las comparaciones que se hacen entre los factores de interés.

En la tabla 1.3 se muestran los pasos a seguir para diseñar un experimento, los cuales serán utilizados en este experimento:

Tabla 1.3 Pautas generales para diseñar un experimento

1	Identificación y exposición del problema
2	Elección de los factores, los niveles y los rangos
3	Selección de la variable de respuesta
4	Elección del diseño experimental
5	Realización del experimento
6	Análisis estadístico de datos
7	Conclusiones y recomendaciones

Fuente: Douglas C. Montgomery (2004).

1.3- Clasificación de Variables

La segmentación de las siguientes variables las he seleccionado de manera personal con base a mi experiencia personal y los datos a los cuales se pudieron tener acceso de los huertos a muestrear.

Las Variables a considerar dentro de este estudio y su clasificación son las siguientes:

Variables Exógenas:

- Clima
- Suelo
- Agua
- Altitud

Variables de control:

- Ingeniero a cargo (esta variable englobo una gran cantidad de factores los cuales si tienen inferencia en la variable de respuesta sin embargo no se cuanta con datos de ellos para poderlos considerar de manera independiente, como por ejemplo: Fechas de cosecha, cantidad de cosechas, insumos, calidad del fruto, labores culturales de campo como: poda, fumigaciones, abrir ventanas etc...)

Variables Independientes:

-
- Extensión territorial (estandarizada a 10 hectáreas; medida estándar tomada ya que la superficie territorial de cada uno de los huertos es superior a esta)
 - Sistema de riego
 - Edad del huerto
 - Densidad de plantación por hectárea

Variables Dependientes:

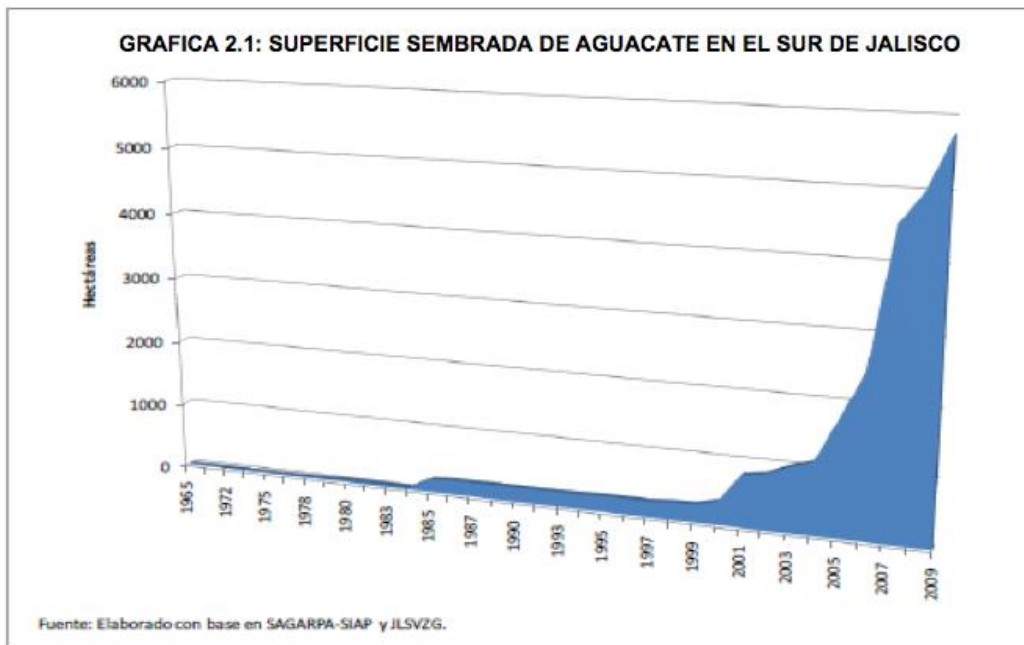
- Toneladas producidas (Variable de respuesta)

Capítulo 2: Región Sur de Jalisco

2.1- Aspectos generales de la industria agrícola

En las últimas tres décadas, los cambios estructurales en la agricultura mundial, así como los macroeconómicos en México, han derivado que este país se convierta en una potencia exportadora de frutas y hortalizas. Esta dinámica ha impactado de manera notable la agricultura del sur de Jalisco (compuesto por 26 municipios), en el occidente de México, pues aunque se producen frutas y hortalizas desde hace muchos años, es desde mediados de la década de 1980 que surge la producción masificada de este tipo de cultivos, cuya comercialización se orienta a la agroindustria o bien a la venta en el mercado nacional y de exportación. Así, en 2008, si bien las flores, frutas y hortalizas contribuyeron con apenas 5.25% de la superficie sembrada, aportaron 26.48% del valor de producción agrícola regional (Macías, 2010).

Entre estos cultivos, el más dinámico durante la primera década del siglo XXI (ver grafica 2.1) es el aguacate (palta), cuya superficie ha crecido en la región a una tasa promedio anual (TCMA) de 35.24% entre 1999 y 2009, habiendo 5,770 hectáreas en este último año, la mayor parte localizadas en la sierra del Tigre y en el macizo del Nevado de Colima. (Macías, 2010)



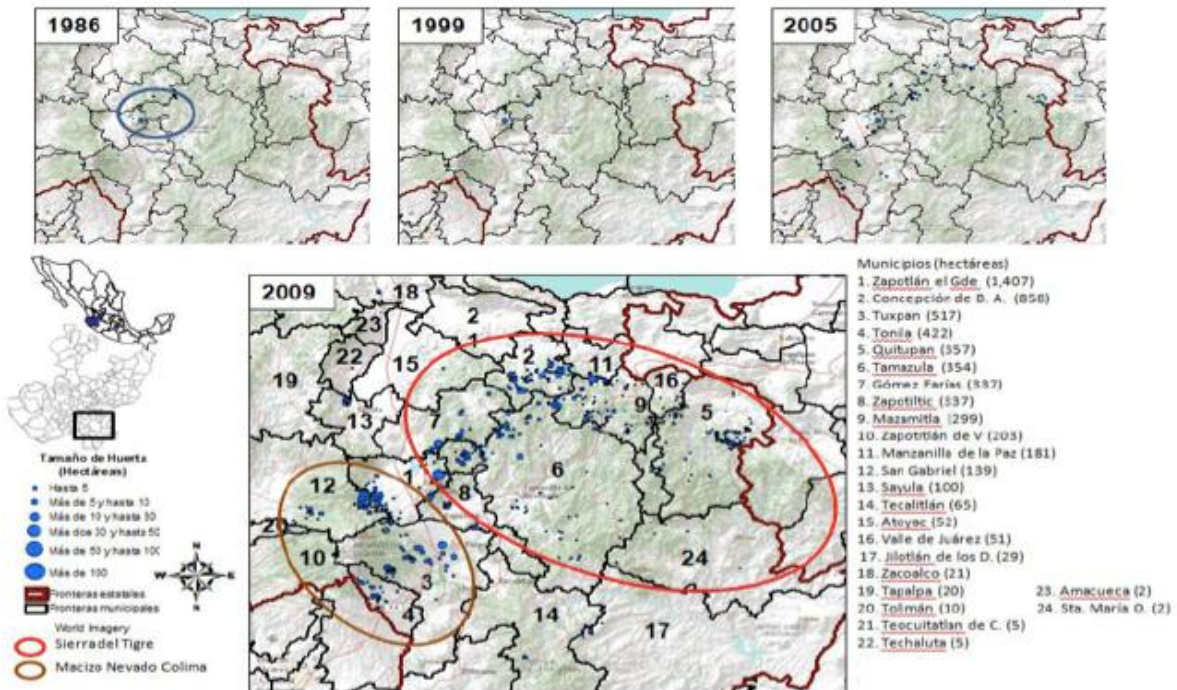
Las razones para este crecimiento se debe tanto por las oportunidades comerciales presentadas para esta fruta en el mercado interno y en el de exportación, como por la cercanía y condiciones agronómicas similares del sur de Jalisco con la zona aguacatera del estado vecino de Michoacán (una franja que cruza a ese estado por el centro, de poniente a oriente), donde en 2008 se concentró el 84.7% de la superficie nacional dedicada a este cultivo. (Macías, 2010).

La región sur de Jalisco, comprendida entre el suroeste del lago de Chapala y el noreste del volcán de Colima, se encuentra atravesada por tres sierras: al noreste la sierra del Tigre, que continúa hasta el estado de Michoacán, con altura media de 1,900 metros sobre el nivel del mar (msnm); al centro – norte, la sierra de Tapalpa con altura media de 2,200 msnm; y al centro – oeste, el macizo formado por el Nevado de Colima y el Volcán del mismo nombre, donde se alcanzan las mayores altitudes regionales, de 4,200 y 3,900 msnm respectivamente (Macías, 2010).

Las primeras huertas de aguacate de la variedad Hass en la región, aparecen en la década de 1980 en la sierra del Tigre (ver mapa 2.1). Para 1986 había 220 hectáreas, principalmente al noreste de Zapotlán El Grande (74 has), sur de Gómez

Farías (69 has) y noroeste de Tamazula (42 has). Cuando tales huertas comenzaron a tener producción, ella se vendía a comerciantes mayoristas del mercado de abastos de Guadalajara, así como a los mercados locales. (Macías, 2010).

MAPA 2.1: HUERTAS DE AGUACATE EN EL SUR DE JALISCO



Fuente: Elaborado en base a información proporcionada por la Junta Local de Sanidad Vegetal de Zapotlán El Grande, Jalisco.

Sin embargo, durante los siguientes quince años el número de huertas de aguacate prácticamente no crecerían en la región (pasaron de 220 has en 1986 a 282 has en 1999), al no ser un negocio para sus productores, debido a los bajos precios de la fruta y los limitados mercados a los que se tenía acceso. (Macías, 2010).

Otro factor limitante era la concesión exclusiva que desde 1945 hasta 1995, tenía la Compañía Industrial de Atenquique (CIASA) para explotar una superficie de 1´048,000 hectáreas de bosque en la región (Ver mapa 2), lo que provocaba que ésta empresa ejerciera su poder para lograr que la autoridad forestal impusiera diversas trabas tanto a la explotación privada del bosque, como a los intentos de cambio de uso de suelo. (Macías, 2010).

A partir del año 2000 comenzaron a desarrollarse nuevas plantaciones aguacateras en áreas forestales (pino y encino), pero sobre todo, en terrenos anteriormente dedicados al cultivo de granos, caña de azúcar o ganado vacuno, que ya tenían tiempo de haber sido desmontados primero por la actividad de CIASA, y después por la de los aserraderos instalados en los años noventa del siglo XX. Así mismo, los productores más longevos empezaron a relacionarse con compradores de Michoacán. (Macías, 2010).

Para 2009 existían 5,770 has de aguacate distribuidas en 24 municipios (*ver Mapa 2: Huertas de aguacate en el sur de Jalisco*), aunque doce de ellos, ubicados principalmente en la sierra del Tigre (el noreste de Zapotlán El Grande, Gómez Farías, Tamazula, Zapotiltic, Concepción de Buenos Aires, Mazamitla, Manzanilla de la Paz y Quitupán) y en el macizo del Nevado de Colima (el sur de Zapotlán el Grande, Tuxpan, San Gabriel, Tonila y Zapotitlán de Vadillo), concentraban 93.8% del total. Aun cuando las huertas se localizan principalmente en las partes altas, en los últimos años han iniciado plantaciones en los valles, a alturas que apenas superan los mil msnm. (Macías, 2010).

Dado que 734 de las 921 huertas registradas hasta diciembre de 2009, se plantaron a partir de 2005 y un árbol tarda cuando menos tres años para comenzar a dar fruto y seis para consolidar su nivel productivo, hace que hasta principio de 2010, sólo 346 huertas estuvieran en producción y de ellas, apenas 140 fueran maduras (huertas mayores a 10 años). Por ello, los rendimientos en la mayoría de los municipios por ahora no sobrepasan 8 tons/ha., aunque es de esperarse que estos se incrementen sustancialmente en los próximos años. Macías (2010).

En cuanto a los productores involucrados en este cultivo, hasta 2009 se pueden identificar, y aunque la mayoría son pequeños, pues 79.1% tiene menos de diez hectáreas (el tamaño promedio de las huertas comerciales es de 6 has y 10.8 has por productor), estos apenas controlan 21.7% de la superficie aguacatera. En el lado contrario, los seis principales productores (1.2% del total), que poseen más de 100

has, tienen 28.2% de la superficie, en tanto que sólo diecinueve agricultores con más de 50 has, concentran el 45.5% de la misma (Ver tabla 2.1). Ello habla de un inminente proceso de concentración de esta actividad en pocos actores, pues en 2007, los agricultores con más de 100 hectáreas, poseían 15.2% de la superficie 23 (ver tabla 2.1). (Macías, 2010).

Tabla 2.1: Productores de aguacate y superficie sembrada en el Sur de Jalisco (hasta 2009)

Escala de superficie sembrada	No. Productores	Porcentaje (%)	Porcentaje acumulado (%)	Superficie (Has)	Porcentaje (%)	Porcentaje acumulado (%)
Menos de 1 ha	106	20.7	20.7	39	0.7	0.7
1 ha	27	5.3	26.0	27	0.5	1.2
Más 1 hasta 2 has	78	15.3	41.3	130	2.4	3.6
Más de 2 hasta 5 has	109	21.3	62.6	377	6.9	10.4
Más de 5 hasta 10 has	84	16.4	79.1	619	11.2	21.7
Más de 10 hasta 30 has	69	13.5	92.6	1,197	21.7	43.4
Más de 30 hasta 50 has	19	3.7	96.3	668	12.1	55.5
Más de 50 hasta 100 has	13	2.5	98.8	894	16.2	71.8
Más de 100 has	6	1.2	100.0	1,555	28.2	100.0
No definido				264		
Total	511			5,770		

Fuente: Elaborado con base en información de: JLSVZG, 2009; SAGARPA-SIAP.

El dinamismo reciente en la siembra de aguacate en el sur de Jalisco y su potencial contribución al valor de la producción agrícola, hacen que esta actividad potencialmente impulse el desarrollo económico regional en el mediano y largo plazo. Esto se ve reforzado tanto por las ventajas agroecológicas de la región, como por las mejoras productivas que los actores locales han aprendido de otras zonas productivas y las han incorporado a sus propias explotaciones: huertas con alta densidad; menor altura de los árboles para facilitar el corte; sistema de plantación en forma de rectángulo (llamado marco real), con orientación de acuerdo a la pendiente del terreno para tener una calle más amplia entre las hileras de árboles que permita circular con tractor y remolque al momento de la cosecha; poda de los árboles en forma cónica, para que los rayos del sol lleguen hasta el suelo; incorporación de infraestructura de ferti-irrigación y goteo, etc. (Macías, 2010).

La incorporación de tales avances en las huertas más grandes, les ha permitido alcanzar altos rendimientos, menores costos de producción (de acuerdo con un intermediario michoacano, durante la temporada 2007, el costo de un kilogramo de aguacate en la región fue de entre 3 y 4 pesos, mientras que en Michoacán rondó en 6 pesos) así como un producto de calidad que es competitivo en el mercado nacional y paulatinamente también en el internacional. (Macías, 2010).

Capítulo 3: Industria del aguacate

3.1- Tipología del aguacate

El Aguacate o Palta es nativo de América, con orígenes en Mesoamérica que es la región alta del centro de México y Guatemala (William 1977). Se trata de una fruta que se remonta al año 8000 a.C; el aguacate estuvo presente en los platos de los antiguos aztecas e incas. Su nombre es azteca: ahuacatl = testículo; cuahuitl = árbol: árbol de testículos. Esta etimología es de origen nahoa (Robelo,1904).

México es el centro de origen del aguacate o palta (*Persea americana Mill*) la evidencia más antigua del consumo de esta fruta fue encontrada en una cueva localizada en Coxcatlan en el estado de Puebla, México (Duran, 2013).

Antiguamente los indios americanos llamaban al aguacate “el fruto de los Dioses”. Adoraban no solo su sabor y su textura, sino también su capacidad de revitalizar cuerpo y mente (Duran, 2013).

Los aztecas lo utilizaban como un potente afrodisiaco.

El libro Guinness de los records proclamo al aguacate “el fruto más nutritivo de la dieta común” (Duran, 2013).

La botánica define al aguacate como una planta dicotiledónea perteneciente a la familia de las Lauraceneas y el género *Persea*. Explotándose diferentes especies como la *Persea Gratissima*, *Persea Eubra*, *Persea latomensis*, entre otras. El árbol puede llegar a alcanzar hasta 15 metros de altura (Duran, 2013).

A continuación definiciones de variables de la naturaleza que tienen un papel determinante en el cultivo del aguacate e influyen sensiblemente en la producción que se obtiene.

Altitud:

El fruto puede cultivarse desde el nivel del mar hasta los 2,500 metros sin embargo su cultivo se recomienda a altitudes entre 800 y 2,500 metros para evitar problemas de enfermedades en las raíces (Duran, 2013).

Vientos:

El cultivo es susceptible a los vientos fuertes tanto desecantes como fríos que inhiben la polinización y fructificación produciendo fuertes daños y caídas de ramas. Los vientos secos lastiman el estigma y dificultan el vuelo de los agentes polinizadores, además deshidratan y provocan el aborto de los frutos pequeños; reduce el número de flores polinizadas y por consiguiente e frutos.

El terreno destinado al cultivo debe de contar con buena protección natural contra el viento o en su ausencia establecer una buena barrera cortavientos (Duran, 2013).

Suelos:

El aguacate se adapta a una amplia gama de suelos, desde casi totalmente arenosos hasta arcillosos siempre que posean un buen drenaje interno factor de vital importancia; es aconsejable disponer al menos de .8 a 1 metro de suelo de buena estructura sobre un subsuelo poroso para garantizar una larga vida del árbol (Duran, 2013).

El fruto es definido como una drupa de una sola semilla que crece por división celular hasta etapas muy avanzadas de su desarrollo su peso puede llegar a variar entre 100 gramos y 3 kg. Es de forma esférica y piriforme, corteza densa fina, granulosa, resistente y de color variable desde verde pasando por amarillento y negro (Duran, 2013).

Debido a que el aguacate contiene muchas grasas insaturadas ayuda a eliminar o regular el nivel de colesterol en la sangre, favorece la formación del colesterol bueno llamado HDL, el cual se encarga de transportar el colesterol al hígado y desde ahí

es eliminado a través de las bilis que son expulsadas al aparato digestivo (Duran, 2013).

Algunas personas se refieren al aguacate como un superalimento por que ayuda a prevenir y tratar diversas enfermedades. Gracias a su riqueza de potasio y vitaminas como E y B6, es una fruta que contribuye a reducir la actividad de los radicales libres. Es también una fuente de proteínas que ayuda a las mujeres que se encuentran en periodo de lactancia [ver tabla 3.1], (Duran, 2013).

Tabla 3.1: Nutrientes por cada 100 gramos de pulpa de aguacate

Fibra	.4 gr
Carbohidratos	5.9 gr
Proteínas	1.8 gr
Grasa Total	18.4 gr
Ácidos Grasos:	
Saturados	3 gr
Monoinsaturados	8.9 gr
Polinsaturados	2 gr
Retinol (A)	17 gr
Tiamina	.10 mg
Rivoflavina	.10 mg
Niacina	1.8 mg
Vitamina C	15 mg
Vitamina E	1.53 mg
Vitamina B6	.25 mg
Folate	10%
Ácido Pantotenico	.87 mg
Calcio	24 mg
Hierro	.5 mg
Magnesio	45 mg
Sodio	4 mg
Potasio	604 mg
Zinc	.42 mg
Kilocalorías	181 Kc

Fuente: Duran, F. (2013). Cultivo del aguacate o palta. Colombia. Grupo Latino Editores.

3.2- Antecedentes

Como punto de referencia se han tomado los trabajos realizados Macías (2010) destacando los siguientes:

1- “Zonas hortofrutícolas emergentes en México ¿Viabilidad a largo plazo o coyuntura de corto plazo? La producción de aguacate en el sur de Jalisco.”

Dicho trabajo forma parte del proyecto de investigación “Desarrollo frutícola en el sur de Jalisco (La producción de aguacate en la Sierra del Tigre)” que el autor dirige con apoyo económico del Programa para el Mejoramiento de Profesorado (PROMEP) de la Secretaría de Educación Pública, así como del Centro Universitario del Sur de la Universidad de Guadalajara y la Cátedra FODEPAL “De la sierra al llano”.

Este trabajo tiene como punto de concordancia la zona y campo de estudio del municipio de Gómez Farías el cual está dentro de la Sierra del Tigre una de las zonas las cuales son analizadas a profundidad en dicho trabajo por el Dr. Alejandro Macías, siendo así de gran ayuda sus referencias de datos históricos de la región en cuanto a producción del cultivo.

También como marco de referencia se tomaron capítulos de libro y artículos realizados por el mismo Dr. Alejandro Macías, encontrándose de esta manera solo aportaciones de él en esta región y campo de estudio.

3.3- Aspectos generales a nivel mundial

Actualmente el aguacate es utilizado en diversos países y de formas muy variadas debido a la amplia gama de propiedades que posee; siendo la calidad de los frutos la principal característica para competir y ganar en el mercado internacional.

Hoy en día, el aguacate se produce en casi todos los países de climas templados y cálidos, aunque sus más grandes cultivos se encuentran en los países latinoamericanos dentro de los cuales se destaca el nuestro México como el primer productor mundial al cual lo siguen: Brasil, Chile Perú, Colombia, Estados Unidos (Florida y California) y Republica Dominicana. Duran Ramírez, Felipe (2013).

En otras latitudes es cultivado en Australia, Nueva Zelanda, Filipinas, Kenia, Costa de Marfil, Marruecos, Israel, Sudáfrica, Italia, España (ver tabla 3.2)

Tabla 3.2: Diseminación del aguacate en el mundo					
País	Año	País	Año	País	Año
España	1600	Brasil	1809	Filipinas	1890
Jamaica	1650	Senegal	1824	India	1892
Cuba	1700	Singapur	1830	Mali	1892
Ghana	1750	Australia	1850	Sudáfrica	1904
Barbados	1751	Uganda	1856	Nueva Zelanda	1910
Madagascar	1802	Egipto	1870	Turquía	1932

Fuente: Felipe Duran Ramírez. (2013). Cultivo del aguacate o palta. Colombia: Grupo Latino Editores.

3.4- Aspectos generales a nivel Jalisco

En la región de estudio el Sur de Jalisco (la cual ronda las altitudes de 1,500 mts. sobre el nivel del mar) se ha encontrado que la variedad de aguacate plantada debido a las condiciones climatológicas y altitudes es la variedad Hass de origen guatemalteco esta variedad es la más cultivada en el mundo, siendo un árbol de porte moderadamente extendido sensible a las bajas temperaturas y al calor, es muy productivo pero con tendencias a la alternancia (Ver tabla 3.3).

Tabla 3.3: Variedades de aguacate aptas para diferentes altitudes		
Altura (M.S.N.M.)		
De 0-1,000	De 1,000 a 1,500	De 1,500 a 2,500
Simmonds	Choquette	Nabal
Catalina	Kahalo	Azteca
Booth 8	Halla	Fuerte
Booth 7	Simpson	Hass
Belice	Booth 8	Eitinger
Wilson Popende	Guatemala	Wurstz

Fuente: Felipe Duran Ramirez. (2013). Cultivo del aguacate o palta. Colombia: Grupo Latino Editores.

Capítulo 4: Metodología

4.1 Descripción del problema

Problema:

Determinar los factores que presentan mayor influencia en la producción de aguacate en huertos en la zona de Gómez Farías, Jalisco

En la fase de recopilación de datos se asistió a las instalaciones de la empresa Avocados Zapotlán para solicitar acceso al Gerente General y así poder tener acceso a la base de datos de la empresa y recopilar los datos necesarios para este estudio.

4.2 Elección de factores

Se estudiaron 8 huertos ubicadas en la región perteneciente a la empresa Avocados Zapotlán todas ellas ubicadas en el municipio de Gómez Farías las cuales enlisto a continuación:

El Varal, La Providencia, Maravillas, Paso de Carretas, El Colorín, El Capulín, Cofradía y Tealoc.

Para seleccionar los huertos antes mencionados se aseguró estos cumplieran con los parámetros necesarios para poder realizar este estudio los cuales fueron:

- Extensión territorial (estandarizada a 10 has): Se tomaron solo 10 hectáreas como patrón de medida para tener un estándar y poder comparar un huertos entre sí por lo que la extensión territorial mínima a cumplir fue no menor a 10 hectáreas y si alguno era mayor, se extrapolo el porcentaje de toneladas producidas correspondientes a 10 hectáreas.

1- Edad del huerto: Mayores a 6 años, que es cuando ya se encuentran en plena producción, ya ha pasado la etapa de plantación, crecimiento del árbol y ensayos de los primeros años

2- Densidad del huerto : Cantidad de árboles plantados por hectárea

3- Sistema de riego: Tipo de riego instalado en la huerta

4- Ingeniero a cargo: Dentro de esta variable se englobaron las siguientes debido a no contar con datos suficientes para considerarlas por separado:

- Fechas de cosecha
- Cantidad de cosechas
- Insumos
- Calidad del fruto
- Labores culturales de campo como:
 - Poda
 - Fumigaciones
 - Abrir ventanas
 - Etc...

4.3 Selección de variable de respuesta

La producción de aguacate en un huerto se mide en toneladas producidas por lo tanto:

La variable de respuesta seleccionada es:

- Toneladas producidas

Las toneladas producidas se encontraron en función de las 4 variables seleccionadas y se consideraron ciclos de un año, para poder determinar la producción que presento la variable de respuesta, esto debido a que durante el ciclo

de un año se pueden dar varias cosechas o una sola; lo cual depende de cuantas veces arrojó flor el árbol y a su vez este logra convertir dicha floración en frutos.

Para realizar el análisis estadístico se utilizó el software estadístico Minitab, el cual ayudó a facilitar el diseño de experimentos seleccionando al ingresar los datos recabados para finalmente obtener los resultados de la experimentación

4.4 Elección de diseño experimental

Se contó con acceso a datos históricos de los años 2011 a 2013 y solo 8 huertos cubrieron los requisitos de las variables seleccionadas por lo que se optó en realización de un diseño de experimentos factorial fraccionado:

Un diseño factorial es un tipo de experimento diseñado que permite estudiar los efectos que pueden tener varios factores sobre una respuesta. Al realizar un experimento, el hecho de variar los niveles de todos los factores al mismo tiempo en lugar de uno a la vez permite estudiar las interacciones entre los factores. (Minitab, 2016).

Un diseño factorial completo es un diseño en el cual los investigadores miden las respuestas con todas las combinaciones de los niveles de los factores. Minitab el software utilizado en esta investigación ofrece dos tipos de diseños factoriales completos:

- Diseños factoriales completos de 2 niveles que solo contienen factores de 2 niveles.
- Diseños factoriales completos generales que contienen factores con más de dos niveles.

El número de corridas necesarias para un diseño factorial completo de 2 niveles es 2^k , donde k es el número de factores. A medida que aumenta el número de factores

en un diseño factorial de 2 niveles, el número de corridas necesarias para ejecutar un diseño factorial completo aumenta rápidamente (Minitab, 2016).

Un diseño fraccionado es un diseño en el cual los investigadores solo realizan un subconjunto seleccionado o "fracción" de las corridas del diseño factorial completo. Los diseños factoriales fraccionados son una opción adecuada cuando los recursos son limitados o el número de factores incluidos en el diseño es grande, porque usan menos corridas que los diseños factoriales completos. (Minitab, 2016).

Un diseño factorial fraccionado utiliza un subconjunto de un diseño factorial completo, así que algunos de los efectos principales e interacciones de 2 factores se confunden y no pueden separarse de los efectos de otras interacciones de orden superior. Para obtener información sobre los efectos principales y las interacciones de orden inferior con menos corridas, los investigadores generalmente están dispuestos a presuponer que los efectos de orden superior son insignificantes (Minitab, 2016).

Modelo a utilizar:

$$2^{4-1}_{IV}$$

Con 8 corridas y 3 replicas.

Explicare con mis palabras el modelo seleccionado para este diseño factorial fraccionado:

El IV indica el grado de resolución en el cual no hay efectos principales confundidos entre sí, ni efectos principales con interacciones dobles.

Las 8 corridas o combinaciones se explican al multiplicar el número 2 (son los niveles) por 4 que son los factores involucrados en el experimento.

El 1 es número de efectos independientes que quedan confundidos

Y se realizaron 3 réplicas de cada corrida

Capítulo 5: Realización del experimento y Análisis estadístico de resultados:

5.1 Experimentación

Problema:

Se desea determinar qué variable es la que presenta mayor influencia en la producción de aguacate en huertos en la zona de Gómez Farías, Jalisco.

Preguntas:

¿Qué variables son las más determinantes para poder obtener una mayor producción de aguacate?

Los datos de las variables seleccionadas para este estudio fueron proporcionados a través de la base de datos histórica de la empresa Avocado Zapotlán la cual es propietaria de los huertos seleccionados. Cabe mencionar que se deja de lado una gran cantidad de variables (exógenas para este estudio) que juegan un rol importante dentro de la producción de un huerto, sin embargo al no contar con datos tangibles, no ha sido posible el ingresarlas a este estudio.

VARIABLES CONSIDERADAS:

- Edad del huerto
- Densidad de plantación por hectárea
- Tipo de sistema de riego
- Ingeniero a cargo
- Toneladas producidas (variable de respuesta)
- Extensión territorial (estandarizada a 10 has) Prerrequisito para calcular las toneladas producidas

En la tabla 5.1 se muestran las variables antes mencionadas con su clasificación para realizar el diseño de experimentos

Tabla 5.1 Variables consideradas

A		B		C		D	
Edad del cultivo		Densidad		Sistema de Riego		Ingeniero a cargo	
6 a 10 años	mayor de 10 años	Baja 100 arboles x has	Alta 400 arboles x has	Por Goteo	Por Aspersión	Jose Luis	David
-1	1	-1	1	-1	1	-1	1

Fuente: Se realizó en base a información proporcionada por la empresa Avocado Zapotlán.

En la tabla 5.2 se muestra la matriz que se ingresó en el software Minitab, consecuentemente correr el diseño de experimentos según el modelo previamente seleccionado.

Tabla 5.2: Matriz de Variables

Año	Huerta	Edad	Densidad	Riego	Ingeniero	Producción
		A	B	C	D	
2011	El Varal	-1	-1	-1	-1	32
2011	La Providencia	1	-1	-1	1	97
2011	Maravillas	-1	1	-1	1	27
2011	Paso de carretas	1	1	-1	-1	126
2011	El Colorin	-1	-1	1	1	13
2011	El Capulin	1	-1	1	-1	114
2011	Cofradia	-1	1	1	-1	38
2011	Tealoc	1	1	1	1	133
2012	El Varal	-1	-1	-1	-1	43
2012	La Providencia	1	-1	-1	1	93
2012	Maravillas	-1	1	-1	1	34
2012	Paso de carretas	1	1	-1	-1	121
2012	El Colorin	-1	-1	1	1	17
2012	El Capulin	1	-1	1	-1	142
2012	Cofradia	-1	1	1	-1	59
2012	Tealoc	1	1	1	1	163
2013	El Varal	-1	-1	-1	-1	58
2013	La Providencia	1	-1	-1	1	117
2013	Maravillas	-1	1	-1	1	53
2013	Paso de carretas	1	1	-1	-1	137
2013	El Colorin	-1	-1	1	1	23
2013	El Capulin	1	-1	1	-1	140
2013	Cofradia	-1	1	1	-1	77
2013	Tealoc	1	1	1	1	153

Nota: Todas las muestras han sido estandarizadas considerando 10 has de producción.

Fuente: Se realizó en base a información proporcionada por la empresa Avocado Zapotlán.

El modelo a utilizar es un Diseño de experimentos Factorial Fraccionado con 8 corridas y 3 réplicas el cual se muestra a continuación (Ver tabla 5.3):

Modelo a utilizar:

$$2^{4-1}_{IV}$$

Tabla 5.3 Modelo diseñado en Minitab

C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	A	B	C	D	Produccion
1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	32
2	2	1	1	1	-1	-1	1	97
3	3	1	1	-1	1	-1	1	27
4	4	1	1	1	1	-1	-1	126
5	5	1	1	-1	-1	1	1	13
6	6	1	1	1	-1	1	-1	114
7	7	1	1	-1	1	1	-1	38
8	8	1	1	1	1	1	1	133
9	9	1	1	-1	-1	-1	-1	43
10	10	1	1	1	-1	-1	1	93
11	11	1	1	-1	1	-1	1	34
12	12	1	1	1	1	-1	-1	121
13	13	1	1	-1	-1	1	1	17
14	14	1	1	1	-1	1	-1	142
15	15	1	1	-1	1	1	-1	59
16	16	1	1	1	1	1	1	163
17	17	1	1	-1	-1	-1	-1	58
18	18	1	1	1	-1	-1	1	117
19	19	1	1	-1	1	-1	1	53
20	20	1	1	1	1	-1	-1	137
21	21	1	1	-1	-1	1	1	23
22	22	1	1	1	-1	1	-1	140
23	23	1	1	-1	1	1	-1	77

Fuente: Minitab con base a los datos ingresados de las variables seleccionadas

Los generadores y Alias de este experimento son los siguientes:

Generadores:

A

B

C

$$D = \pm ABC$$

Alias:

Alias Structure

I + ABCD

A + BCD

B + ACD

C + ABD

D + ABC

AB + CD

AC + BD

AD + BC

5.2 Análisis Estadístico

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	7	52959.8	7565.7	41.25	0.000
Linear	4	51105.0	12776.2	69.66	0.000
A	1	46993.5	46993.5	256.21	0.000
B	1	2242.7	2242.7	12.23	0.003
C	1	748.2	748.2	4.08	0.060
D	1	1120.7	1120.7	6.11	0.025
2-Way Interactions	3	1854.8	618.3	3.37	0.045
A*B	1	32.7	32.7	0.18	0.679
A*C	1	1261.5	1261.5	6.88	0.018
A*D	1	560.7	560.7	3.06	0.100
Error	16	2934.7	183.4		
Total	23	55894.5			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
13.5431	94.75%	92.45%	88.19%

Coded Coefficients

Term	Effect	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant		83.75	2.76	30.30	0.000	
A	88.50	44.25	2.76	16.01	0.000	1.00
B	19.33	9.67	2.76	3.50	0.003	1.00
C	11.17	5.58	2.76	2.02	0.060	1.00
D	-13.67	-6.83	2.76	-2.47	0.025	1.00
A*B	2.33	1.17	2.76	0.42	0.679	1.00
A*C	14.50	7.25	2.76	2.62	0.018	1.00
A*D	9.67	4.83	2.76	1.75	0.100	1.00

A continuación la ecuación que describe el modelo:

Regression Equation in Uncoded Units

$$\text{Produccion} = 83.75 + 44.25 A + 9.67 B + 5.58 C - 6.83 D + 1.17 A*B + 7.25 A*C + 4.83 A*D$$

En la ecuación se aprecia la variable A es la que más va a aumentar por cada unidad de esta ya que se multiplicara por 44.25

Alias Structure

Factor Name

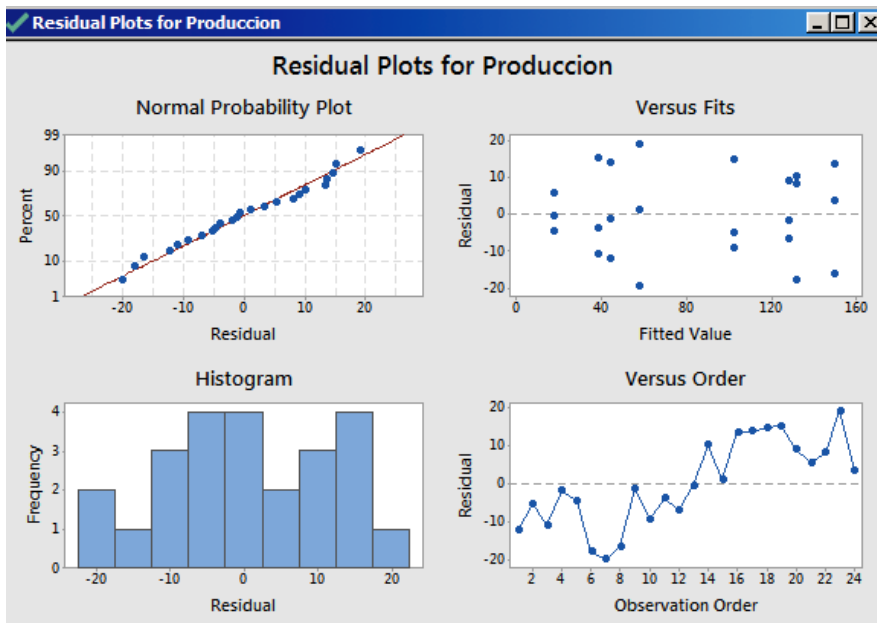
A	A
B	B
C	C
D	D

Aliases

I + ABCD
A + BCD
B + ACD
C + ABD
D + ABC

Graficas:

Grafica 5.1: Minitab 4 en 1

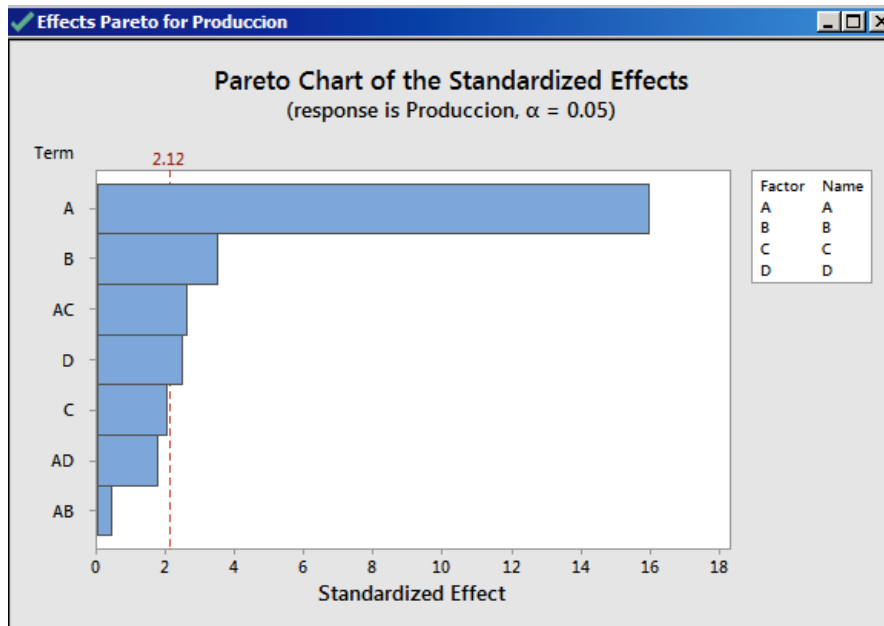


Fuente: Minitab

Visualizando la gráfica 5.1 podemos apreciar lo siguiente en cada una de las 4 graficas:

- Grafica Normal probability plot: En la cual se puede apreciar los datos cumplen con la curva de la normalidad.
- Grafica Versus fit: Se aprecia la distribución de los datos fue aleatoria
- Histogram: Muestra la representación gráfica de los residuos y su frecuencia que tanto se repitieron
- Grafica Versus order: Se aprecia la mitad de los datos se encuentran por debajo del 0 y la otra mitad por arriba, esto se debe a la manera en la que se agruparon los datos (dos grandes grupos) los cuales fueron huertos de 6 a 10 años (-1) y huertos mayores a 10 años (1)

Grafica 5.2: Grafica estandarizada de efectos



Fuente: Minitab

En la gráfica 5.2 se aprecian gráficamente las variables que presentan mayor inferencia en el modelo, las cuales son A, B, interacción AC, y D, sin embargo claramente la variable A es la que lleva amplia ventaja sobre las demás. Lo cual se traduce en que la variable a destacar en este experimento realizado es la A, la cual es la edad del cultivo mayor a 10 años.

Conclusiones y Recomendaciones

A través del diseño experimentos y análisis estadístico realizado (utilizando el programa Minitab) se concluye la variable más determinante es la edad del huerto (variable A), mostrando una mayor productividad los huertos mayores a 10 años. Debido a esto es que se puede concluir a partir de que un huerto rebasa esta edad se puede considerar madura. En la gráfica 5.2 del capítulo anterior es muy claro ver como la variable A tiene la mayor inferencia en este experimento realizado.

Una segunda variable que también muestra inferencia en el modelo pero en una escala mucho menor es la densidad de árboles por hectárea (variable B), mostrando ser más efectiva la alta densidad (400 árboles por hectárea) sobre la baja densidad (100 árboles por hectárea)

Como recomendaciones:

Se recomienda plantar 400 árboles por hectárea lo cual es considerado alta densidad y esperar a que el huerto pase la edad de los 10 años de su plantación para lograr obtener una mayor producción y a su vez una mayor rentabilidad.

Como recomendación a futuro se encuentra el poder realizar un diseño de experimentos que considere por separado las variables que fueron englobadas en la variable ingeniero a cargo, las cuales son:

- Fechas de cosecha
- Cantidad de cosechas
- Insumos
- Calidad del fruto
- Labores culturales de campo como:
 - Poda
 - Fumigaciones
 - Abrir ventanas

- Etc...

Esto se suscitó al no contar con datos suficientes de cada variable y cada huerto para poder agregarlas al estudio como variables independientes, sin embargo no se puede olvidar su existencia y la inferencia que estas puedan tener sobre la variable de respuesta

El valor de agregar las variables antes mencionadas ayudaría a tener un panorama más detallado de todos los factores que entran en juego en el campo y que al final tienen inferencia en la producción que un huerto pueda dar.

Dentro de la relevancia que este estudio genero para la empresa Avocado Zapotlán fue la determinación de las variables más representativas para que un huerto de aguacate muestre una mayor producción de aguacate y de esta manera una mayor utilidad a la empresa.

Glosario

- Palta: Aguacate
- CESAVEJAL: Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Jalisco
- SEDER: Secretaria de Desarrollo Rural
- SAGARPA: Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y alimentación
- Cartilla Fitosanitaria: Documento donde se plasma la situación fitosanitaria del predio y/o unidad de producción (Documento expedido por CESAVEJAL)
- APEAM: Asociación de Productores y Empacadores Exportadores de Aguacate de México
- GMP: Buenas Prácticas de Fabricación
- APPCC: Sistema de Análisis de Peligros y Puntos de Control Crítico
- NOM: Norma Oficial Mexicana
- DOE: Diseño de Experimentos
- TCMA: Tasa promedio anual

Bibliografía

- Duran, F. (2013). Cultivo del aguacate o palta. Colombia. Grupo Latino Editores.
- Fraume, N.(2007). Diccionario ambiental. Colombia. Ecoe Ediciones.
- Rodríguez, F.(1983). El aguacate. México. AGT Editor.
- Macías, A. (2009). “Zonas hortofrutícolas emergentes en México ¿Viabilidad a largo plazo o coyuntura de corto plazo? La producción de aguacate en el sur de Jalisco. México. *Centro Universitario del Sur de la Universidad de Guadalajara*.
- Macías, A.(2012). “Aguacate, ¿El oro verde de México, Competencia y Dinámicas de ajuste en el Horticultura”. México. Universidad Autónoma de Sinaloa
- Macías, A. (2010). “Los pequeños productores ante la reconversión agroalimentaria. La experiencia en Zapotlán el Grande, Jalisco”. México. Universidad Autónoma de Chiapas
- Macías, A. (2009). “Producción de aguacate en el sur de Jalisco, ¿Moda u oportunidad para el desarrollo local?”. México. Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de la Ciénega.
- Macías, A. (2011). Estrategias empresariales en la horticultura en México. México. Universidad de Guadalajara.
- Macías, A. (2010). “Fruticultura y ¿desarrollo regional? La producción de aguacate en las sierra del sur de Jalisco. México. Secretaría de Educación Pública

-
- Macías, A. (2012). Tú produce, del resto yo me encargo. Integración transnacional hortofrutícola en el sur de Jalisco. USA. International Congress of the Latin American Studies Association (LASA)

 - Montgomery, D.(2004). Diseño y análisis de experimentos. USA. Editorial Limusa S.A. de C.V.

 - Minitab.(2016). Diseños factoriales. [online]. Recuperado de: <http://support.minitab.com/es-mx/minitab/17/topic-library/modeling-statistics/doe/factorial-designs/factorial-designs/> [Accesada el 7 Mayo 2017]

 - Gob.mx (2017). NOM-066-FITO-2002. [online] Recuperado de: <http://www.gob.mx/senasica/documentos/nom-066-fito-2002> [Accesada el 7 Mayo 2017]

 - Anon (2017). Norma CODEX Alimentarius [online]. Recuperado de: www.fao.org/input/download/standards/321/CXS_197s.pdf [Accesada el 7 Mayo 2017]

 - Palú, E.(2005). ISO 22000 NUEVO ESTÁNDAR MUNDIAL DE SEGURIDAD ALIMENTARIA. [online]. Recuperado de: <http://gestion-calidad.com/wp-content/uploads/2016/09/Resumen-22000.pdf> [Accesada el 7 Mayo 2017]