



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO EN SOCIOECONOMÍA, ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA

ECONOMÍA

EVALUACIÓN FINANCIERA CON OPCIONES REALES PARA LA APLICACIÓN DE LA LLUVIA SÓLIDA: EL CASO DEL AGUACATE EN MICHOACÁN

LAURA VERA HERRERA

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO

2019

CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALIAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACION

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe LAURA VERA HERRERA,

Alumno (a) de esta Institución, estoy de acuerdo en ser participe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta institución, bajo la dirección del Profesor DR. JOSÉ DE JESÚS BRAMBILA PAZ, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis EVALUACIÓN FINANCIERA CON OPCIONES REALES PARA LA APLICACIÓN DE LA LLUVIA SÓLIDA: EL CASO DEL AGUACATE EN MICHOACÁN

y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, El Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Montecillo, Mpio. de Texcoco, Edo. de México, a 04 de JULIO de 2019

Firma del
Alumno (a)

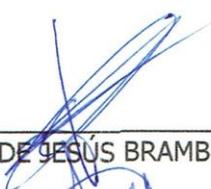
DR. JOSÉ DE JESÚS BRAMBILA PAZ
Vo. Bo. del Consejero o Director de Tesis

La presente tesis titulada: Evaluación financiera con opciones reales para la aplicación de la lluvia sólida: el caso del aguacate en Michoacán realizada por el (la) alumno (a): Laura Vera Herrera bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS
SOCIOECONOMÍA ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA
ECONOMÍA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO (A)



DR. JOSÉ DE JESÚS BRAMBILA PAZ

ASESOR (A)



DR. JOSÉ ALBERTO GARCÍA SALAZAR

ASESOR (A)



DR. JOSÉ ALFREDO CARRILLO SALAZAR

ASESOR (A)

Montecillo, Texcoco, Estado de México, julio de 2019

EVALUACIÓN FINANCIERA CON OPCIONES REALES PARA LA APLICACIÓN DE LA LLUVIA SÓLIDA: EL CASO DEL AGUACATE EN MICHOACÁN

Laura Vera Herrera, M. en C

Colegio de Postgraduados, 2019

RESUMEN

Las innovaciones tecnológicas en los sistemas productivos han contribuido con mejoras en la productividad y un uso más eficiente de los recursos, por tanto, conviene evaluar de manera consistente, bajo escenarios con variabilidad de precios y un entorno cambiante, la magnitud que pueden tener estos efectos. El objetivo principal de este trabajo, fue llevar a cabo una evaluación financiera con el método de opciones reales del uso de lluvia sólida (*poliacrilato de potasio*), para enfrentar la volatilidad de precios y la escasez de agua para la producción de aguacate (*Persea americana*) en el Estado de Michoacán. La lluvia sólida ha sido una tecnología utilizada en cultivos extensivos y arbóreos, generando así los datos de campo que se presentan. La evaluación financiera permitió decidir la opción más conveniente y sostenible para el proyecto desde el punto de vista económico, social y ambiental. Los resultados de la investigación indican que la incorporación del polímero en la plantación ayuda a hacer más eficiente el uso del agua en un 50%, a disminuir costos de producción en 65% y aumentar la productividad agrícola en 30%. El flujo de efectivo a valor presente del proyecto con la opción real de invertir en esta tecnología es de 3,261,608 pesos, mientras que sin la opción es 3,000,200 pesos. El valor Actual Neto cambia a 1,726,527 pesos, lo que eleva el valor del proyecto en 57,327 pesos, comprobándose la hipótesis sobre la viabilidad financiera del proyecto. Se concluye que es posible aumentar la rentabilidad en el cultivo de aguacate con el uso de lluvia sólida haciendo frente a la volatilidad de precios en el periodo de estudio y a la escasez de agua.

Palabras clave: Eficiente, polímero, sostenible, viabilidad financiera y técnica.

FINANCIAL EVALUATION WITH REAL OPTIONS FOR THE APPLICATION OF SOLID RAIN: THE CASE OF AVOCADO IN MICHOACÁN

Laura Vera Herrera, MC

Colegio de Postgraduados, 2019

ABSTRACT

Technological innovations in production systems have contributed to improvements in productivity and a more efficient use of resources, therefore, it is advisable to evaluate in a consistent manner, under scenarios with price variability and a changing environment, the magnitude that these effects can have. The main objective of this work was to carry out a financial evaluation with the method of real options of using of solid rain (potassium polyacrylate), to face price volatility and water scarcity for avocado production (*Persea americana*) in the State of Michoacán. Solid rain has been a technology used in extensive and arboreal crops, thus generating the field data presented. The financial evaluation allowed to decide the most convenient and sustainable option for the project from the economic, social and environmental point of view. The results of the research indicate that the incorporation of the polymer in the plantation helps to make water use more efficient by 50%, to reduce production costs by 65% and to increase agricultural productivity by 30%. The cash flow at present value of the project with the real option to invest in this technology is 3,261,608 pesos, while without the option it is 3,000,200 pesos. The Net Present value changes to 1,726,527 pesos, which raises the value of the project by 57,327 pesos, proving the hypothesis about the financial viability of the project. It is concluded that it is possible to increase profitability in avocado cultivation with the use of solid rain in the face of price volatility in the study period and water scarcity.

Keywords: Efficient, polymer, sustainable, financial and technical viability.

AGRADECIMIENTOS

Al Colegio de Postgraduados y al CONACYT, por las oportunidades otorgadas para poder continuar mi preparación académica.

A mi consejo particular, comité evaluador y de apoyo: Dr. José de Jesús Brambila Paz, Dr. José Alberto García Salazar, Dr. José Alfredo Carrillo Salazar, Dr. José Miguel Omaña Silvestre, Dra. Verónica Cerecedo, por su disponibilidad y compromiso puestos en este trabajo.

A todos mis profesores, por su profesionalismo y esmero, contribuyendo con mi formación académica y crecimiento personal; a las autoridades y personal administrativo que labora en el Colegio, por las facilidades concedidas en los diferentes trámites como parte del proceso para obtener el grado de Maestría.

A la Empresa, DROP-FEN SA DE CV, el Ing. Leonardo Rico Fernández, por su amabilidad y valiosa contribución al presente.

Mi admiración y respeto para todos, no me queda más que reiterar mi compromiso de retribuir a la sociedad con mis acciones, todo el apoyo y atenciones recibidas.

DEDICATORIAS

Para mi familia y amigos, que con su apoyo me han brindado la entereza necesaria para la realización de este y demás proyectos.

Para mis abuelos, padres, hermanos y personas por demás importantes en mi vida: †Ángel Vera H., Rebeca Carmona H., †José Herrera M., †Amalia Gómez B., Tomasa Herrera G., Gildardo Vera C., Mary, Luis A., Diego A., J. Dany, Adán J., Carol E., A. Elizabeth, Liz Khriztal, Diego Y., Ángel S., Fran, Elvia, Javier, Vanely, Aracely, Denise, Mayte, Arely, Faby, Mony, América, Gina, Rodrigo, Pablo, Chava, Mony, Lety, Brenda, Joseph, Mary, Ray, Jorge, Estíbaliz.

Gracias por estar y por todo lo que me aportan.

CONTENIDO

RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
AGRADECIMIENTOS	vi
DEDICATORIAS	vii
LISTA DE CUADROS	xi
LISTA DE FIGURAS	xii
SIGLAS Y SÍMBOLOS	xiii
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
i. Introducción	1
ii. Planteamiento del problema	5
iii. Objetivos	15
iv. Hipótesis.....	17
v. Metodología.....	17
vi. Revisión de literatura	20
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO.....	27
i. Evaluación financiera de proyectos.....	27
ii. Viabilidad financiera de proyectos	28
iii. Tipos de opciones	29
iv. La opción de compra (Call Option).....	32
v. La opción de venta (Put Option)	34
vi. Determinación de la prima de una opción	36
vii. Volatilidad del activo en el precio de las opciones	38
viii. Teoría de las opciones reales y su aplicación	38
ix. Modelo Black-Scholes.....	41
x. Método Binomial	43

CAPÍTULO III. SITUACIÓN DEL MERCADO DEL AGUACATE EN MÉXICO Y CARACTERIZACIÓN DE LA LLUVIA SÓLIDA.....	45
i. Caracterización e importancia del cultivo de aguacate.....	45
ii. Caracterización de la Lluvia sólida ®.....	57
CAPITULO IV. METODOLOGÍA	65
i. Obtención de datos.....	65
ii. Tecnología de producción utilizada.....	66
iii. Evaluación tradicional del proyecto.....	69
iv. Tendencia de rentabilidad, volatilidad de precios y riesgo.....	70
v. Comportamiento de las probabilidades.....	73
vi. Árbol binomial con opción real de diferenciar	76
vii. Opción real de compra (call), de ampliación, expansión, o crecimiento	80
CAPITULO V. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	85
i. Oportunidades y Tendencias.	88
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	89
i. Conclusiones	89
ii. Recomendaciones	90
CAPITULO VII. REFERENCIAS	91
i. Fuentes Bibliográficas.....	91
ii. Fuentes de Sitios Web.....	93
ANEXOS.....	98
Anexo 1. Aumento de la producción agrícola necesaria para compensar la demanda	98
Anexo 2. Cifras, principales productores de aguacate (2012)	98
Anexo 3. Datos históricos utilizados para obtener la tasa de movimiento continua	99
Anexo 4. Indicadores productivos, valores tomados en el estudio.....	100
Anexo 5. Costos variables, fijos y utilidad, cultivo de aguacate	100
Anexo 6. Indicadores productivos de cultivo de aguacate	101

Anexo 7. Distribución mensual de las actividades de temporal, aguacate.....	102
Anexo 8. Distribución mensual de las actividades de riego, aguacate.....	102
Anexo 9. Rendimiento obtenido de aguacate t/ha.....	103
Anexo 10. Insumos Estratégicos Utilizados por Hectárea	104
Anexo 11. Costos de operación por hectárea de aguacate	104
Anexo 12. Resultados de rentabilidad del cultivo	105
Anexo 13. Tabla de Z, de distribución normal.....	107

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Gama de productos e indicaciones de su uso	18
Cuadro 2. Distribuidores Autorizados de DROP-FEN, 2019	19
Cuadro 3. El aguacate, información nutricional	48
Cuadro 4. Las entidades federativas con los mayores volúmenes de producción de aguacate en México	54
Cuadro 5. Comercio exterior de aguacate en México, 2012-2017	56
Cuadro 6. Ficha técnica Lluvia Sólida® - Hoja de datos de seguridad	58
Cuadro 7. Identificación del producto y de la sociedad.....	58
Cuadro 8. Clasificación e identificación de los peligros (Reg. CFR 1910.1200:)	58
Cuadro 9. Composición/Información sobre los componentes	59
Cuadro 10. Primeros auxilios.....	59
Cuadro 11. Medidas de lucha contra incendios.....	59
Cuadro 12. Medidas en caso de vertido accidental.....	60
Cuadro 13. Manipulación y almacenamiento.....	60
Cuadro 14. Control de exposición / Protección personal	60
Cuadro 15. Propiedades físicas y químicas	61
Cuadro 16. Estabilidad y reactividad.....	61
Cuadro 17. Información toxicológica.....	61
Cuadro 18. Información ecológica.....	62
Cuadro 19. Consideraciones relativas a la eliminación	62
Cuadro 20. Información relativa al transporte.....	62
Cuadro 21. Información sobre el producto y asuntos reglamentarios.....	62
Cuadro 22. Probabilidad de llegar a cada uno de los nodos.....	75
Cuadro 23. Cálculo del valor de nodos, ponderando por la probabilidad de ocurrencia de la diferenciación.....	78
Cuadro 24. Valor de cada nodo.....	79
Cuadro 25. Efecto de la aplicación del polímero lluvia sólida®	85

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Pérdidas de la producción agrícola tras desastres naturales	6
Figura 2. Lluvia Sólida (poliacrilato de potasio)	9
Figura 3. Enfoque de las opciones reales	25
Figura 4. Apariencia árbol de aguacate	45
Figura 5. Inflorescencias de aguacate.....	46
Figura 6. Fruto de aguacate	47
Figura 7. Aguacate, variedad Hass.....	50
Figura 8. Distribución del aguacate en el mundo.	52
Figura 9. Principales productores de aguacate en el mundo, 2012.....	53
Figura 10. Exportaciones de aguacate mexicano (Millones de dólares)	55
Figura 11. Precios del aguacate al menudeo 2016-2017	57
Figura 12. Forma de empleo y funcionamiento de lluvia sólida.....	63
Figura 13. Principales Municipios de Michoacán productores de aguacate	64
Figura 14. Valor presente del proyecto con riesgo o volatilidad de precios.....	74
Figura 15. Comportamiento de las probabilidades.....	76
Figura 16. Árbol binomial con inversión a partir del año 2.....	77
Figura 17. Nuevo árbol binomial, con la opción de inversión de 225,000 pesos del año 2	79
Figura 18. Nuevo árbol binomial, con la opción de Compra (call), de ampliación, en el año 4	83

SIGLAS Y SÍMBOLOS

Sistema Internacional de Unidades (SI)

SIGLA / SIMBOLO	SIGNIFICADO
AAAA	<i>Agenda de Acción de Addis Abeba</i>
APEAM	<i>Asociación de Productores y Empacadores Exportadores de Aguacate de México</i>
ASERCA	<i>Agencia de servicios a la comercialización y desarrollo de mercados agropecuarios</i>
BANXICO	<i>Banco de México</i>
CEPAL	<i>Comisión Económica para América Latina y el Caribe</i>
CONAGUA	<i>Comisión Nacional de Agua</i>
CONOCER	<i>Consejo Nacional de Normalización y Certificación de Competencias Laborales</i>
CRF	<i>Código de Regulaciones Federales</i>
FAO	<i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i>
FAOSTAT	<i>Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database</i>
FC	<i>Flujo de efectivo</i>
FND	<i>Financiera Nacional de Desarrollo</i>
G-20	<i>El Grupo de los 20</i>
INEGI	<i>Instituto Nacional de Estadística y Geografía</i>
INFOASERCA	<i>Información económica y comercial para el sector agropecuario</i>
INPC	<i>Índice Nacional de Precios al Consumidor</i>
IPN	<i>Instituto Politécnico Nacional</i>
OCDE	<i>Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos</i>
ODS	<i>Objetivos de Desarrollo Sostenible</i>
OMC	<i>Organización Mundial del Comercio</i>
ONU	<i>Organización de las Naciones Unidas</i>
PNUD	<i>Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo</i>
R CB	<i>Relación Costo Beneficio</i>
SADER	<i>Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural</i>
SAGARPA	<i>Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación</i>
SIACON	<i>Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta</i>
SIAP	<i>Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera</i>
SIAVI	<i>Sistema de Información Arancelaria Vía Internet</i>

SIWI	<i>Instituto Internacional del Agua de Estocolmo</i>
SNCI	<i>Sistema de Información Comercial Vía Internet</i>
SNIIM	<i>Sistema Nacional de Información de Mercados</i>
TIR	<i>Tasa Interna de Retorno</i>
UNHCR	<i>United Nations High Commissioner for Refugees</i>
VAN	<i>Valor Actual Neto</i>
e	<i>Valor de Euler</i>
\bar{x}	<i>Media aritmética</i>
Σ	<i>Sumatoria</i>
Call	<i>Opción de compra</i>
Put	<i>Opción de venta</i>
μ	<i>Up</i>
d	<i>Down</i>
ha	<i>Hectárea</i>
kg	<i>Kilogramo</i>
t	<i>Tonelada</i>
MXN	<i>Moneda nacional</i>
n	<i>Número de periodos</i>
P	<i>Probabilidad</i>
ln	<i>Logaritmo Natural</i>
t	<i>Tiempo</i>
Z	<i>Distribución normal</i>
Γ	<i>Desviación estándar</i>
Γ^2	<i>Varianza</i>
®	<i>Marca registrada</i>
mm	<i>Milímetros</i>
mcg	<i>Microgramos</i>
IU	<i>International Unit</i>
Kcal	<i>Kilocalorías</i>
mg	<i>miligramo</i>
Kwh	<i>kilovatio hora</i>
L	<i>Litro</i>
Nox	<i>Óxidos de nitrógeno</i>
COx	<i>Óxidos de carbono</i>
dm ³	<i>Decímetro cúbico</i>
°C	<i>Grado Celsius</i>

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

i. Introducción

En las últimas décadas, muchos de los desafíos que han surgido a nivel global, como el gran incremento de la población, los impactos del cambio climático que incluyen la emisión de gases de efecto invernadero, sequías, inundaciones, el rápido desarrollo de las economías emergentes, la evidente inestabilidad y escasez de los recursos tierra, agua, energía, han exigido todos ellos, dar paso a la innovación para lograr una agricultura competitiva y sustentable, proceso clave para el desarrollo sostenible, buscando así, cambios útiles y beneficiosos para la sociedad.

Por lo que, ha sido necesaria la interacción de todos los actores encargados de generar y difundir el conocimiento, la investigación y la extensión, creando en el proceso del aprendizaje, un ambiente favorable para la innovación.

De esta manera, ha sido muy visible cómo las sociedades han cambiado de forma radical gracias a los enormes pasos que ha dado la tecnología y las innovaciones en los sistemas productivos, avances que han contribuido con mejoras en la productividad, uso más eficiente de los recursos y un aumento en la seguridad alimentaria¹ (FAO, 2017).

Sin embargo, queda mucho camino por andar para cumplir uno de los mayores objetivos planteados por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, desde su fundación hace más de 70 años², el cual consiste en que la alimentación y la agricultura contribuyan a mejorar las condiciones de vida de todas las personas (PNUD, 2017).

Así, los temas que deben ser abordados de manera integral y sistemática, apuntan a mejorar la productividad agrícola de forma sostenible para cubrir la demanda creciente y

¹ *“la Seguridad Alimentaria a nivel de individuo, hogar, nación y global, se consigue cuando todas las personas, en todo momento, tienen acceso físico y económico a suficiente alimento, seguro y nutritivo, para satisfacer sus necesidades alimenticias y sus preferencias, con el objeto de llevar una vida activa y sana”.*

² FAO: 16 de octubre de 1945, Quebec, Canadá.

garantizar una base sostenible de recursos naturales, ante el aumento de la competencia por éstos (FAO, 2017).

De acuerdo con estimaciones de la FAO, hacia el año 2050, la producción de alimentos a nivel global debe aumentar alrededor de un 60% para poder satisfacer las demandas nutrimentales de más de 9,700 millones de personas.³

En 2100, es muy posible que Asia y África alberguen conjuntamente una población de 9,000 millones de los 11,000 millones que se prevé habrá en la tierra. Entre 2015 y 2050, el número de personas de edades comprendidas entre los 15 y los 24 años en países de ingresos bajos y medianos aumentará de 1,000 millones a 1,200 millones aproximadamente, con una mayor concentración en las zonas rurales del África subsahariana y el sur de Asia, donde apenas habrá empleo (ONU, 2015).

Se trata de un crecimiento drástico producido en gran medida por el aumento del número de personas que sobreviven hasta llegar a la edad reproductiva y acompañado de grandes cambios en las tasas de fecundidad. Estas tendencias tendrán importantes repercusiones para las generaciones venideras, por un lado, el crecimiento económico acelera los cambios en la dieta e impulsa la demanda agrícola (FAO, 2017).

Un rápido incremento de los ingresos en los países emergentes ha visto surgir el auge de una clase media a nivel mundial, misma que está acelerando los cambios dietéticos hacia un mayor consumo de carne y productos lácteos, así como otros alimentos de producción intensiva, lo que tiene serias repercusiones en el uso sostenible de los recursos naturales (FAO, 2017).

Las localidades rurales dependen de la agricultura para el empleo y la generación de ingresos y, sin embargo, esta no se puede desarrollar más por la presión a la que ya se encuentran sometidas las tierras y los recursos hídricos. Para mediados de siglo, dos terceras partes de la población mundial vivirán en zonas urbanas (ONU, 2015).

³ Para mayor información ver Anexo 1.

La tasa de producción mundial de alimentos supera la del crecimiento de la población, la de cereales basta por sí sola para alimentar a entre 10,000 y 12,000 millones de personas (Diario Médico, José Ramón Zárate, 2016).

Para los países de América Latina y el Caribe, esto supone la oportunidad de consolidar su posicionamiento como uno de los principales proveedores de alimentos, ya que poseen el 33% de las reservas de agua dulce del mundo y 20% de tierra con potencial arable, el reto está en ser más productivos e invertir más en investigación y tecnología (FAO, 2002).

No obstante, un incremento en la actividad agrícola debe considerar la distribución del agua dulce. En este sentido, los datos de FAO, 2002; indican que la agricultura utiliza el 69%, la industria el 21% y el consumo doméstico sólo un 10%.

En México, del total disponible, la actividad agrícola consume cerca del 80% (Conagua, 2011).

En la actividad agropecuaria, el productor es incapaz de predecir con certeza cuál será el resultado a obtener. Si bien existe una relación relativamente estable entre insumos y demás recursos involucrados en la producción y el producto esperado, la misma configuración de éstos en diferentes años, ambientes o planteos productivos pueden generar resultados bastante disimiles (The World Bank, 2005).

Un tema inherente y nada nuevo, es la volatilidad de los precios en los mercados agrícolas que, para los economistas agrícolas, es una característica propia del sector, esto tiene que ver con la elasticidad de la demanda y la oferta agrícolas, los desfases temporales entre el momento en que se deciden las siembras y el momento en el que se cosecha, donde esta última es consecuencia de la variación de las condiciones climáticas y otros factores.

De acuerdo con el panorama anterior y del análisis de las tendencias globales que influyen en la seguridad alimentaria, la pobreza y el hambre, la sostenibilidad de la agricultura y los sistemas alimentarios, se desprende un número de conclusiones fundamentales, la primera es que la demanda general de alimentos seguirá creciendo, y lo hará en un contexto de creciente escasez de recursos e importantes cambios en la composición estructural de la demanda agrícola (FAO, 2017).

El cambio climático y la competencia por los recursos naturales seguirán contribuyendo a la degradación del medio ambiente, con consecuencias negativas para los medios de vida y la seguridad alimentaria de las personas (FAO, 2017).

Los desastres naturales crecen en número e intensidad y, junto con los fenómenos meteorológicos extremos asociados al cambio climático, se prevé que aumentarán aún más la necesidad global de ayuda humanitaria y el refuerzo de la resiliencia para hogares rurales. Los conflictos persisten y podrían intensificarse en muchas partes del mundo, con consecuencias económicas y sociales generalizadas más allá de los países afectados (FAO, 2017).

Al mismo tiempo, las plagas y enfermedades transfronterizas de las plantas y otras amenazas emergentes siguen produciendo crisis en los sistemas agrícolas y alimentarios e inciden en la productividad y la salud humana. En la mayoría de países de ingresos bajos se está produciendo una transformación rural dinámica, que se espera continuará. Esta transformación tendrá consecuencias para los sistemas de producción agrícola, el empleo, la nutrición y las migraciones, y retará a la sociedad a ampliar la participación de las personas afectadas en el proceso de desarrollo (FAO, 2017).

Lo anterior significa que está latente la necesidad de buscar alternativas que permitan un mejor aprovechamiento de los recursos para lograr así una producción sostenible de alimentos.

ii. Planteamiento del problema

Los avances en los sistemas productivos observados en los últimos años, se pueden ver comprometidos por una serie de elementos estructurales, tales como el uso insostenible de los recursos naturales, las pérdidas y desperdicios de alimentos y la prevalencia de desastres naturales, entre otros (FAO, 2013).

El incremento de la producción alimentaria y el crecimiento económico se han conseguido muchas veces a costa del ambiente natural. Casi la mitad de los bosques que antaño cubrían el planeta han desaparecido y las aguas subterráneas se agotan con rapidez.

Sin duda alguna, uno de los problemas más importantes es el aprovechamiento del recurso agua utilizado en la agricultura, así como de la extensión de tierra que puede ser destinado para la producción.

La fuerte demanda de agua por parte de la agricultura, la industria y las zonas urbanas está agotando los recursos hídricos. Las extracciones de agua para la agricultura representan el 70% del total de extracciones de este recurso (ONU, 2015).

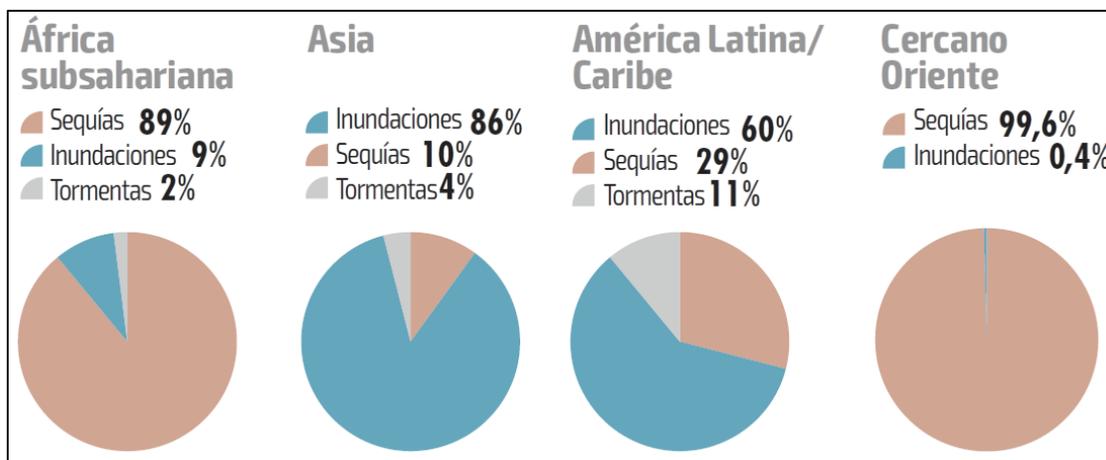
La industria, las ciudades y la agricultura son los principales sectores que compiten por el suministro de agua, su escasez es un fenómeno no solo natural sino también causado por la acción del ser humano ya que está distribuida de forma irregular, se desperdicia, está contaminada y se gestiona de forma insostenible (PNUD, 2006).

Dada la relación interdependiente entre el clima y la agricultura, el aumento de fenómenos climáticos es una especial preocupación para el sector agrícola ya que acentúa la vulnerabilidad de las personas y amenaza su seguridad alimentaria.

Entre 2003 y 2013, las sequías provocaron la mayor devastación de tierras del África subsahariana y Cercano Oriente. Graves inundaciones pusieron en riesgo la agricultura de Asia y América Latina y el Caribe, pero en esta última región, y aunque en menor

medida, las sequías y tormentas también afectaron al sector agrícola, tal como se observa en la Figura 1. donde se indica el porcentaje de pérdidas y desperdicios de la producción agrícola tras medianos y grandes desastres naturales en países en vías de desarrollo, según fenómeno meteorológico y región, 2003-2013.

Figura 1. Pérdidas de la producción agrícola tras desastres naturales



Fuente: FAO (2015).

En numerosas zonas de escasa precipitación de Cercano Oriente, norte de África y Asia central, así como en la India y en China, los agricultores utilizan gran parte de los recursos de agua disponibles, provocando el agotamiento de ríos y acuíferos. Las altas temperaturas y un suministro de agua menos fiable crearán serias dificultades para la pequeña ganadería, especialmente en ecosistemas de pastos áridos y semiáridos en latitudes bajas.

El aumento en la variabilidad de las precipitaciones y la frecuencia de sequías e inundaciones provocará seguramente una caída generalizada en el rendimiento de los cultivos. El cambio climático también afectará al medio acuático, por ejemplo, por cambios en la temperatura de la superficie del mar, la circulación oceánica, las olas y los sistemas de tormenta, la concentración salina y de oxígeno y la acidificación, lo que afectará también a la industria pesquera.

La producción agrícola necesita crecer, pero la mejora del rendimiento está frenando. La producción agrícola creció más del triple entre 1969 y 2015, debido en parte a las tecnologías de la Revolución Verde que mejoraron la productividad, y a la expansión significativa del uso de la tierra, el agua y otros recursos naturales para fines agrícolas. En el mismo periodo, la alimentación y la agricultura se vieron sometidas a un marcado proceso de industrialización y globalización.

México, cuenta con una superficie total de alrededor de 2 millones de km², de los cuales, 20.5 millones de ha (el 10.5%) están dedicadas a la agricultura, de ellas 5,556 millones de ha son de riego y 14,955 millones de temporal. Sin embargo, la producción es 3.7 veces mayor en las zonas de riego, aunado a que la productividad en áreas de temporal se ve afectada por la situación de la escasez y retraso de las precipitaciones y en ocasiones por exceso de agua (Conagua 2008).

La precipitación media anual en México, según reportes de la FAO (2004) está calculada en 772 mm. Sin embargo, su distribución espacial y temporal es irregular, ya que en 42% del territorio, principalmente en el norte, la precipitación media anual es menor a 500 mm y, en algunos casos, en las zonas próximas al río Colorado, son menores a 50 mm, en contraste, en un 7% del territorio existen zonas con precipitaciones medias anuales superiores a los 2 mil mm, e incluso algunas zonas en las que es mayor a 5 mil mm, asimismo, entre 67% y 80% de la precipitación ocurre en verano (Arreguim *et al.*, 2004; Cantú y Garduño, 2004).

La agricultura de temporal es un sistema de producción que depende del comportamiento de las lluvias durante el ciclo de producción y de la capacidad del suelo para captar el agua y conservar la humedad, de esta manera, tres cuartas partes de la superficie destinada a la producción agrícola son de agricultura de temporal. Para la agricultura de riego, apenas entre 15% - 50% del agua llega a la zona de cultivos, la mayor parte se pierde durante la conducción o evaporación (Conagua, 2010).

Aunado a lo anterior, la volatilidad de precios de los alimentos, entendida como cambios significativos y frecuentes en el sentido y magnitud en los precios de los alimentos, que si bien, son una característica normal de los mercados agrícolas que funcionan debidamente, cuando éstos se magnifican y se tornan impredecibles, es decir, volátiles, producen efectos negativos en la seguridad alimentaria, que afecta especialmente a los grupos más vulnerables; la agricultura familiar de subsistencia, y la población urbana y rural de bajos ingresos, mismos que ven cómo su poder adquisitivo disminuye drásticamente y las desigualdades se amplían, lo que hace que las decisiones sobre cómo y qué producir estén sujetas a mayor riesgo (FAO, 2017).

Aunque los precios de los alimentos han alcanzado su nivel más alto en 2011, éstos han tenido una tendencia a la baja considerablemente, pese a que el índice real de precios de los alimentos de la FAO sigue estando por encima de los niveles de las décadas de 1990 y 2000, la evolución del índice a largo plazo parece indicar una tendencia a la baja desde 1960, con las debidas diferencias entre distintos productos básicos (FAO, 2015).

Las variaciones en los precios de los alimentos fueron destacadas notablemente durante la crisis alimentaria mundial de 2007-2008. Los precios alcanzaron un pico en la década de 1970, y los repuntes en las décadas de 2000 y 2010 fueron superiores a los niveles de décadas anteriores. Por esta razón, la volatilidad de los precios en los últimos veinte años se considera comparable a la de los años setenta (ONU, 2015).

Este fenómeno afecta también a los gobiernos, porque pueden llegar a enfrentar situaciones altamente inflacionarias, con inesperadas repercusiones fiscales y presupuestarias que generen alta tensión social. Desde el año 2007, los mercados mundiales han experimentado vaivenes dramáticos en los precios de los productos básicos. Los precios de los alimentos en el verano 2008 alcanzaron niveles que no se veían hacía 30 años, luego colapsaron en el invierno sucesivo y crecieron rápidamente en los meses siguientes, hoy los precios de los alimentos están a niveles muy altos y se estima que su volatilidad continúe (ONU, 2015).

Mayores niveles de volatilidad ocasionan menores rentabilidades agrícolas y asociado a ellas, menores niveles de producción, que a la vez hace que la demanda por insumos disminuya (Robinson, 1987; Torero, 2010).

Así pues, estas particularidades confieren incertidumbre en la productividad agrícola, especialmente en la de temporal, por lo que, surge la necesidad de establecer una serie de medidas para un mejor aprovechamiento del agua.

Asimismo, es importante impulsar innovaciones o procesos tecnológicos, como una alternativa que permita incrementar la productividad agrícola en condiciones tanto de temporal como riego y así poder cubrir las crecientes demandas alimentarias de la población en México, que, para los próximos 30 años, se espera que sean 50 por ciento más sobre los niveles actuales (Becerra et al., 2006).

La lluvia sólida como alternativa de riego sostenible

Se da la pauta para la implementación de un polímero aplicado al suelo, conocido como lluvia sólida, se trata de un polímero (*acrilato de potasio*) biodegradable, en polvo, inocuo, polvo granulado no tóxico, parecido al azúcar, que es capaz de absorber 200 veces su peso en agua; al contacto con el agua el polvo se convierte en gel y puede almacenar el líquido hasta seis semanas. (DROP-FEN, 2019).

Figura 2. Lluvia Sólida (*poliacrilato de potasio*)



Fuente: DROP-FEN (2019).

Este polímero puede almacenarse en costales, hasta el momento oportuno de sembrar, por lo que no se tiene que esperar hasta que empiece la temporada de lluvias dándole a la planta mayor tiempo para crecer y obtener una producción mayor (DROP-FEN, 2019).

El resultado, es que con el coloide⁴ se mantiene la humedad en el suelo de la parcela por más tiempo, preservando condiciones óptimas para el desarrollo de plantas y microorganismos benéficos. La Lluvia Sólida actúa como sistema de riego que, a diferencia de otros como el de goteo y cintillo, es el único que emplea agua contenida en un coloide; los resultados han probado ser extraordinarios porque la raíz se mantiene húmeda por varios meses y el polímero se rehidrata en repetidas ocasiones con las precipitaciones.

Esta opción permite hacer más eficiente el uso del agua, ya que se pueden lograr rendimientos mayores al 100%, utilizando de 50% a 90% menos de agua, 75% menos fertilizantes, 50% menos herbicidas, menor cantidad de energía (para actividades de riego) y menor cantidad de mano de obra (FIRCO 2018).

El poliacrilato de potasio como agente gelatinizante de la solución nutritiva que forma parte del sustrato permite incrementar el intervalo de riego disminuyendo el agua y solución nutritiva usada en el cultivo de ornamentales en contenedores. El ahorro de agua puede variar de 30% a 40 % y de nutrimentos de 40% a 60 % en función de la especie y condiciones ambientales (DROP-FEN, 2019).

El hecho de no regar continuamente, disminuye la cantidad de agua perdida por percolación y de fertilizantes por lixiviación, lo cual repercute en menos gasto por estos dos conceptos. El menor uso de agua sin someter a las plantas a estrés por déficit hídrico repercute en menos presencia de enfermedades radicales y emergencia de maleza en los contenedores.

⁴ Conjunto de partículas que se caracterizan por la facilidad que tienen para unirse.

Esta opción ha sido utilizada en los cultivos de maíz, frijol, cebada, girasol y avena en el Estado de Hidalgo, con seguimiento por parte del Fideicomiso de Riesgo Compartido de Financiera Rural (FIRCO, 2018). A nivel mundial, estudios realizados en la producción de manzana en Nicaragua, arrojan resultados con una disminución en los costos. En Nicaragua, se realizó una comparativa entre los dos tipos de riego, el de goteo y el silo de agua (lluvia sólida), en el producto manzana en Nicaragua.

Si bien su uso ha sido validado técnicamente, es necesario conocer más sobre esta alternativa desde la perspectiva económica considerando que la agricultura de temporal es de una gran importancia debido a que se practica en todos los estados del país, sembrándose en promedio de 1990-2007 casi 16 millones de ha, de las cuales se cosechó el 88% y el restante porcentaje sufrió siniestro, que en promedio correspondió a cerca de 2 millones de ha, siendo los cinco años con una mayor siniestralidad: 1997, 2005, 2000, 1999 y 2002. En estos años, la mayor superficie agrícola siniestrada ascendió a más de 3 millones 180 mil ha en 1997.

Las mayores superficies agrícolas siniestradas del cultivo del maíz y frijol, que son los dos cultivos que ocupan la mayor superficie agrícola de temporal en México, coinciden en los mismos años en los que se presentan las mayores superficies agrícolas siniestradas en el país, siendo la cantidad y distribución de la precipitación pluvial uno de los principales factores de mayor incidencia en la producción de estos cultivos (INEGI, 2009).

Los productores de las zonas de temporal cuentan con pequeñas unidades de producción (5-13 ha). Es decir, son productores cuyas condiciones se caracterizan porque no cuenta con los mecanismos necesarios para hacer frente a los cambios extremos ya sea de sequías o por precipitaciones pluviales extremos, contrayendo así otras consecuencias como la emigración del campo a la ciudad y así sucesivamente.

Derivado de lo anterior surgen las siguientes interrogantes ¿Es viable, desde el punto de vista financiero, la adopción de lluvia sólida (*poliacrilato de potasio*) como alternativa

de riego sostenible en la agricultura?, en caso de ser viable ¿En qué medida incrementa la rentabilidad de los productores de las zonas de temporal? y ¿En qué medida permite el ahorro del agua y otros recursos?

Cabe señalar, además, que existen estudios técnicos relativos al uso, manejo y resultados con la lluvia sólida como alternativa para incrementar la productividad en los cultivos de maíz, frijol, cebada, girasol y avena, no obstante, los estudios sobre el tema están dirigidos a el área técnica acerca del uso, manejo y resultados obtenidos; sin embargo, no se cuenta con estudios financieros que puedan aportar los elementos para decidir sobre la conveniencia o no de un proyecto con aplicación de lluvia sólida, asimismo, para el diseño de políticas públicas que contribuyan al mejoramiento de la productividad en el sector agrícola.

Para poder atender estas inquietudes se ha seleccionado el caso del cultivo de aguacate en el Estado de Michoacán.

El análisis que se propone permitiría contar con las bases necesarias para tomar una decisión sobre adopción o no de esta tecnología, lo que sería de utilidad para producción tanto de temporal como de riego.

En países como India, Colombia, Guatemala, Honduras, Ecuador, Nicaragua, España, Portugal, Dubái, Haití y Estados Unidos, los empresarios y pequeños agricultores adquieren el polímero que encapsula el agua de lluvia para su óptima utilización en la raíz de la planta, ejemplo de los resultados, son las palmeras de coco en India, donde se realizaba un riego de 80 litros cada semana, en tanto que con el uso de esta tecnología ahora sólo se aplican 50 litros cada tres meses (RICO, 2015).

Situación actual e importancia cultivo de aguacate en México

La producción y comercio de frutas y hortalizas se ha convertido en el subsector más dinámico de la agricultura, como resultado de cambios en la oferta y la demanda nacional

e internacional. En el periodo 2000 a 2011, las exportaciones de frutas y hortalizas mexicanas crecieron 9.6% como promedio anual, mientras que la producción de frutales ha mostrado un crecimiento de 3.3% de 2000 a 2012 (FAOSTAT, 2016).

El aguacate es uno de los productos más exitosos de la exportación agroalimentaria nacional, su demanda en 26 países suma un consumo de 1.7 millones de toneladas, México aporta el 46% de las exportaciones mundiales, siendo el mercado estadounidense el principal destino, absorbiendo el 85.5% del total de las exportaciones mexicanas. El aguacate participa con un 4.39% en el PIB agrícola nacional, con un 8.84% en la producción de frutas y con un consumo per cápita anual de 8 kg de acuerdo con los datos obtenidos del documento de la Planeación Agrícola Nacional 2017-2030, de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA, 2017).

Además, la importancia de esta actividad también radica en la generación de empleo, con 40 mil a 50 mil empleos permanentes, 9 mill de jornales al año y 60 mil empleos estacionales ligados a actividades indirectas, así como los vínculos indirectos con otras actividades (FAOSTAT, 2016).

Es importante mencionar que el éxito del sector exportador de aguacate mexicano está en riesgo, ya que las ventajas del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) están desapareciendo, debido a la firma de EE.UU. de tratados de libre comercio con otros países con condiciones legales y de mano de obra más competitivas que la mexicana (Gómez, 2006; Moreno-Ocampo *et al.*, 2015) y la autorización reciente de entrada de aguacate colombiano a EE.UU.

Esto ha forzado a los productores a mejorar su competitividad, ser eficientes, controlar sus costos de producción y adaptarse a las exigencias del mercado. Para lograrlo, han realizado cambios en su infraestructura y la adopción nuevas tecnologías para optimizar los procesos productivos, traduciéndose en un incremento en sus costos de producción (Calo y Méndez, 2004; Bifani, 2007).

Además, se afirma que en Michoacán existen por lo menos 158 mil hectáreas (ha) de aguacate y que estas plantaciones, por la demanda, han ido invadiendo las hectáreas de bosque de pino. Así, el impacto ambiental se hace presente en el tema del agua, porque por el cambio de uso del suelo a huertas de aguacate modifica en forma importante el ciclo hidrológico, aumentando la necesidad por el consumo de agua del aguacate. Una hectárea de aguacate con 156 árboles consume 1.6 veces más que la de bosque con 677 árboles por hectárea (SIAP, 2016).

A esto se suma que la captación en las huertas se realiza a través de ollas de agua o jagüeyes. Se estima que hay cerca de 50 mil ollas de agua en todo el estado, y que cada una ocupa un espacio de entre un cuarto y tres hectáreas. Esta es agua que se retiene para que puedan producir mejor; sin embargo, interrumpe el ciclo hidrológico (SIAP, 2016).

Creación de políticas públicas

La agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y los acuerdos globales, destaca que los desafíos a los que se enfrentan la alimentación y la agricultura están relacionados entre sí, por lo que se debe lograr un sistema de gobierno nacional e internacional coherente y efectivo, con estos rápidos cambios y transiciones. Transformar los sistemas alimentarios para que sean más eficientes, inclusivos y resilientes (FAO, 2017).

Para hacer frente a todos estos desafíos es necesario integrar enfoques nacionales e internacionales que no se limiten a la elaboración de políticas específicas del sector. Habrá que evitar también los errores del pasado que impedían unos mecanismos de gobernanza, sistemas normativos, marcos de seguimiento y una rendición de cuentas eficientes.

Es conveniente invertir más en la investigación y el desarrollo, para potenciar la productividad agrícola e impulsar la innovación en agricultura sostenible, prosperidad

rural y seguridad alimentaria. Mirando al futuro, es posible que los sistemas actuales sean capaces de producir una cantidad de alimentos suficiente, pero si han de hacerlo de forma inclusiva y sostenible tendrán que ser revisados a fondo.

La comunidad internacional conoce muy bien todos estos desafíos. La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, adoptada en septiembre de 2015, proporciona una visión precisa y compleja de cómo pueden combinarse múltiples objetivos para definir nuevas trayectorias de desarrollo sostenible.

Los resultados dependerán de si los encargados de la elaboración de políticas y las partes interesadas lograrán integrar las distintas acciones para alcanzar objetivos concretos y enfrentarse a retos relacionados entre sí.

El desarrollo sostenible es un desafío universal cuya responsabilidad colectiva recae en todos los países. El statu quo ya no es una opción, por tanto, todas las sociedades deberán introducir cambios fundamentales en su forma de producción y consumo. Se precisan importantes cambios en los sistemas agrícolas, economías rurales y la gestión de los recursos naturales para superar los muchos desafíos que existen y garantizar un futuro seguro y saludable para todos.

iii. Objetivos

Objetivo general

El objetivo que se plantea en el presente trabajo está orientado a la aplicación de instrumentos financieros para analizar la viabilidad y las alternativas de decisión en torno a un proyecto de inversión, de tal manera que el productor o inversionista conozca en qué medida diferentes escenarios pueden determinar el crecimiento o el éxito de su proyecto bajo condiciones de agricultura de temporal.

El objetivo principal de este trabajo, es realizar una evaluación financiera, con opciones reales, para el uso de un polímero aplicado al suelo, conocido como lluvia sólida

(*poliacrilato de potasio*), que actúa como retenedor de humedad, planteando con ello, una alternativa de riego sostenible en el cultivo de aguacate (*Persea americana*) en el Estado de Michoacán, que acentúe la posibilidad de hacer frente a la escasez de agua y a la volatilidad de precios en el mercado.

Dimensionar la importancia que tiene esta metodología en la valoración de proyectos de inversión, contando con datos técnicos de pruebas hechas en campo y complementándolos con una evaluación financiera, que permita contar con un estudio sólido y poder decidir por las alternativas más convenientes, de forma económica, social y ambientalmente sostenible.

De esta manera, se busca dar una mayor certidumbre al productor o inversionista, a partir de conocer el valor de las opciones reales inherentes al proyecto y en qué medida diferentes escenarios pueden determinar el crecimiento o el éxito de su proyecto bajo condiciones de agricultura de temporal y riego, así como en zonas con potencial cultivable no aprovechadas debido a la falta de agua.

Objetivos particulares

En la primera parte de esta investigación que incluye la Introducción y planteamiento del problema, se tuvo la finalidad de mostrar y explicar un panorama amplio sobre la necesidad urgente de implementar nuevas tecnologías e innovaciones, logrando así una mayor productividad agrícola para poder afrontar la creciente demanda de alimentos proyectada para las próximas décadas a nivel mundial, garantizando una base sostenible de recursos naturales, ante el aumento de la competencia por estos, ante la posibilidad de hacer frente a la escasez de agua y a la volatilidad de precios en el mercado.

En la segunda parte, el propósito fue realizar una comparativa de la situación del proyecto antes y después de la aplicación del polímero para destacar sus beneficios en cuanto a los rendimientos en el cultivo, así como en el ahorro de los recursos, principalmente agua, con la obtención de los indicadores económicos dentro de las

herramientas tradicionales de valoración de proyectos de inversión como son R B/C, VAN, TIR, así como el Flujo de Fondos Actualizados (FC), con base en la situación actual del proyecto y conocer los criterios de aceptación o rechazo.

En una tercera etapa, el fin fue retomar tanto conceptual como metodológicamente la teoría de las opciones reales, estudiar su potencial como camino alternativo y complementario para poder obtener el valor de éstas, aplicando el modelo de Black-Scholes y Merton⁵ y el método binomial para valoración de las opciones reales existentes.

Una última etapa consistió en presentar el tratamiento de los datos numéricos para concluir y evaluar la conveniencia de optar por alguna de las alternativas que se plantean, contrastando los resultados obtenidos.

iv. Hipótesis

La hipótesis general del estudio plantea que es viable desde el punto de vista financiero, la implementación de lluvia sólida como una alternativa de riego sostenible en el cultivo de aguacate en el Estado de Michoacán, para hacer frente a la volatilidad de precios y a la escasez de agua en la zona.

Derivado de ello, hacer más eficiente el uso de los recursos puede traducirse en una disminución en los costos de producción y aumento en la productividad agrícola, generando así un mayor costo-beneficio.

v. Metodología

Compilación de información

La gestión de la información para el presente trabajo, se realizó mediante un acuerdo de colaboración con la Empresa DROP-FEN, S.A. DE C.V., (en lo sucesivo DROP-FEN) quien, a través de su representante, accedió a una iniciativa de contribuir con un estudio

⁵ Premio Nobel de economía, 1997.

financiero inexistente a la fecha, el cual serviría para sentar las bases sobre los estudios financieros realizados acerca del impacto de esta tecnología.

DROP-FEN, es una empresa 100% mexicana que innova en el uso y la aplicación del polímero como sistema de riego, convirtiendo el agua en sólido para reducir los desechos por infiltración y evaporación; buscando crear una cultura de apreciación y optimización del uso del agua. Comercializa la tecnología de Lluvia Sólida desde el año 2002.

El desarrollo de la técnica estuvo a cargo del Mexicano Sergio Jesús Rico Velasco⁶, Ingeniero Químico Industrial egresado del *Instituto Politécnico Nacional (IPN)*, quien tras años de investigación sobre los usos del agua logró aplicar su tecnología a partir del año 2002, mediante la innovación de utilizar este producto de patente libre en los campos de cultivo.

En el cuadro 1, se muestran las diferentes presentaciones para venta al público que ofrece la Empresa, proporcionando indicaciones de su uso.

Cuadro 1. Gama de productos e indicaciones de su uso

Código	Descripción	Indicaciones de uso	Precio
Código: FR150	Frasco Lluvia Sólida 150 g	Solidifica de 15 a 20 L de agua, se puede usar para cualquier tipo de planta, hidroponía, maceta.	\$90.00 MXN
Código: FR500	Frasco Lluvia Sólida 500 g	Solidifica aproximadamente 200 L de agua, se puede usar para planta, cultivo, árboles, pasto y más.	\$250.00 MXN
Código: LIS25k	Costal Lluvia Sólida 25 kg	Recomendado para cultivos extensivos, árboles, pasto etc. Cubre hasta un tercio de hectárea.	\$7,500.00 MXN

Fuente: Elaboración propia con información de DROP-FEN (2019).

⁶ Ha recibido el Premio Nacional de Ecología y Medio Ambiente por la Fundación Miguel Alemán. Recibió el Premio Quo-Discovery Chanel en la categoría de ciencias año 2012. Ha sido nombrado como la mente científica más brillante de nuestros tiempos en México, según la revista Discovery, nominado al Premio Mundial del Agua 2015, en Estocolmo, Suecia.

Así, un kilogramo de estos polímeros es suficiente para solidificar 500 L de agua y las propiedades del material se conservan hasta por ocho años⁷ (DROP-FEN, 2019).

Se han creado diversos reportajes y cápsulas informativas que han documentado las características de esta innovación, mediante medios como: *The New York Times*, *CNN Expansión*, *El Universal*, *Reuters*, *El Milenio*, *TV Azteca*, *Televisa*, *Noticias MVS*.

Actualmente la Empresa cuenta con distribuidores autorizados para la venta de su producto en diversos países, tal como se muestra en el cuadro 2.

Cuadro 2. Distribuidores Autorizados de DROP-FEN, 2019

País	Estado/s
México	Chihuahua
	Jalisco
	Estado De México
	Michoacán
	Sonora
Sudamérica	San Luis Potosí
	Guanajuato
	Yucatán
	Hidalgo
	Zacatecas
África	Chile
	Ecuador
	Perú
India	Costa De Marfil
	Hyderabad

Fuente: Elaboración propia con información de DROP-FEN (2019).

La función principal de este polímero es conservar la humedad durante mucho tiempo. Con la lluvia natural o los sistemas tradicionales de riego, la mayor parte del agua y minerales de la tierra se filtran al subsuelo.

⁷ El tiempo de vida que se da es de 6 a 8 años, el cual puede variar según la aplicación y otros factores como tipo de agua, suelo, clima, etc.,

Otros polímeros, en cambio, los retienen durante largos períodos y cuando se agota el líquido que contienen pueden volverse a llenar con un mínimo riego.

No es la primera vez que se utilizan polímeros para atrapar sustancias en líquidos, e incluso es común en el tratamiento de aguas residuales o contaminadas. Pero en México el proceso no se había utilizado para almacenar agua de lluvia.

Según el IPN⁸, esta técnica demostró su eficacia desde 2005 después de que se aplicó a cultivos de maíz en el occidental estado de Jalisco. Precisó que ahí se utilizaron dos sistemas de riego: uno tradicional, con lluvia de temporal, que produjo 600 kg/ha y uno con lluvia sólida, con un rendimiento de 10 t/ha.

vi. Revisión de literatura

Históricamente, se han logrado aumentos mayores en la producción agrícola en periodos comparables. Sin embargo, pese a las mejoras generalizadas en la eficiencia agrícola, los aumentos en cuanto a rendimiento se están ralentizando y puede resultar difícil mantener el ritmo de crecimiento de la producción. Pero las prácticas de conservación de recursos como la agricultura de conservación y la agricultura climáticamente inteligente proporcionan nuevos métodos para incrementar la productividad agrícola.

Esto resulta alentador, ya que tras un periodo de estancamiento se está produciendo un resurgimiento de la investigación y el desarrollo agrícola, con un aumento significativo en las inversiones privadas.

Es de resaltar la creciente atención que la comunidad internacional está prestando a estos temas. Las tendencias y los problemas globales han impulsado una serie de iniciativas y acuerdos adoptados en 2015 y 2016 a nivel mundial que han supuesto un cambio radical en la agenda para el desarrollo.

⁸ Destacó que debido a su "exitosa metodología de irrigación", el Instituto Internacional del Agua de Estocolmo (SIWI) nominó para 2012 al ingeniero creador al Premio Mundial del Agua, que se otorga cada año.

Estos acontecimientos delimitan el contexto global del trabajo de la FAO en el futuro, bajo el marco general de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), e incluyen la Agenda de Acción de Addis Abeba (AAAA)⁹, el Acuerdo de París¹⁰ sobre el cambio climático, la Cumbre Humanitaria Mundial¹¹ y la Agenda para la Humanidad¹² del Secretario General de Naciones Unidas.

El aumento de la volatilidad de los mercados agrarios y sus efectos

Para los economistas agrícolas, la volatilidad de los precios es una característica propia del sector, esto tiene que ver con la elasticidad de la demanda y la oferta agrícolas, los desfases temporales entre el momento en que se deciden las siembras y el momento en el que se cosecha, donde esta última es consecuencia de la variación de las condiciones climáticas y otros factores.

Los países desarrollados pusieron en práctica políticas agrarias que, mediante la intervención en los mercados, incluido en algunos casos la garantía de precios, ayudas directas a la producción, protección en frontera y subvenciones a las exportaciones y ayuda alimentaria, lograron reducir la volatilidad de los precios agrarios, a costa por supuesto de exportar la volatilidad al resto del mundo.

Pero desde el año 2007 la volatilidad de los mercados agrarios ha aumentado notablemente, con episodios de subidas explosivas en el período noviembre de 2007-junio de 2008 y agosto de 2010-junio de 2011 y bajadas fuertes en el período julio de 2008-julio de 2010.

9 Documento final de la Tercera Conferencia Internacional de Financiación para el Desarrollo, adoptado el 15 de Julio de 2015 en Addis Abeba Etiopía, resultado de diez meses de negociación. Aborda integralmente el desarrollo sostenible e impulsa una visión incluyente y universal.

¹⁰ Acuerdo dentro del Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático que establece medidas para la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero a través de la mitigación, adaptación y resiliencia de los ecosistemas a efectos del Calentamiento Global.

¹¹ Supone un cambio importante en la forma que tiene la comunidad internacional de evitar el sufrimiento humano, al prepararse para las crisis y responder ante ellas.

¹² Informe presentado en febrero de 2016, *Una humanidad: nuestra responsabilidad compartida*.

Los efectos negativos de la alta volatilidad son múltiples y variados dependiendo de los actores que participan de la cadena alimentaria: para los productores significa a corto plazo una oportunidad de mejorar sus beneficios, oportunidad que la experiencia demuestra que solo es aprovechada por los agricultores de los países desarrollados y los productores comerciales de los países en desarrollo, pero también significa a medio plazo una incertidumbre que provoca decisiones sub óptimas de inversión agrícola.

Para los consumidores de los países de baja renta e importadores netos de alimentos supone problemas para el acceso económico a los alimentos y, por tanto, mayor inseguridad alimentaria; para los Gobiernos de los países pobres supone fuertes desequilibrios macroeconómicos por el aumento de la factura de importación de alimentos, menores ingresos por la reducción de aranceles y más gastos por las subvenciones a los medios de producción agrícola y a los alimentos.

Y para los organismos internacionales, sobre todo los que se ocupan de la ayuda alimentaria, supone enormes problemas pues en un contexto de fuerte inseguridad alimentaria tienen que reducir el número de personas a las que pueden ayudar como consecuencia de la fuerte subida de los precios agrarios, a menos que los donantes aporten contribuciones extraordinarias para compensar la subida de los precios de los alimentos, lo que no siempre ocurre.

La acción internacional para reducir la volatilidad de los mercados agrarios

De acuerdo con el panorama anterior, no es de extrañar que en la cumbre del G-20¹³ celebrada en Seúl en noviembre de 2010 se aprobara un plan plurianual para el desarrollo que contiene, entre otros, un capítulo dedicado a la agricultura y la alimentación en el que figura el tema de la volatilidad de los mercados agrícolas.

¹³ El Grupo de los 20, es un foro cuyos miembros permanentes son 20 países de todos los continentes (Alemania, Arabia Saudita, Argentina, Australia, Brasil, Canadá, China, Corea del Sur, España, Estados Unidos, Francia, India, Indonesia, Italia, Japón, México, Reino Unido, Rusia, Sudáfrica, Turquía).

Menos puede extrañar que Francia, país de gran tradición agrícola y que ostentó la presidencia del G-20 durante 2011, eligiera el tema de la volatilidad como tema central del G-20 durante ese año. Los organismos internacionales, en especial Banco Mundial, OCDE y FAO, elaboraron a petición del G-20 un análisis del problema de la volatilidad de los precios agrarios y una serie de propuestas para reducir dicha volatilidad, propuestas que luego fueron debatidas por la reunión de ministros de Agricultura del G-20 en junio de 2011 y finalmente aprobadas en la cumbre del G-20 de noviembre de 2011.

Las medidas finalmente aprobadas en dicha cumbre se centran en la mejora de los sistemas de información e inteligencia de los mercados agrícolas, mejorar la información y establecer la regulación de los mercados de futuros, introducir un sistema de notificación, justificación y seguimiento ante la OMC de las restricciones a las exportaciones agrarias, compromiso de avances en la Ronda de Doha para progresar en la liberalización del comercio agrícola internacional, exenciones de las medidas restrictivas a las exportaciones cuando se trate de compras por parte de organismos internacionales de ayuda alimentaria, apoyo a los instrumentos de gestión de riesgos de mercado, incluidos los seguros agrarios, y fomento del aumento de la productividad agrícola.

Se logró el compromiso para eliminar los mandatos obligatorios de uso de biocombustibles y las subvenciones a su producción a partir de cereales y oleaginosas o consumo, y tampoco se consideró la puesta en marcha de un sistema internacional de gestión de *stocks*, físicos o virtuales, ni siquiera para emergencias, por los problemas de gestión, el elevado coste y la dudosa efectividad; pero sí se aprobó mejorar la información en tiempo real de los *stocks* existentes en el mundo dentro del compromiso de mejorar la información e inteligencia de los mercados agrarios.

La pregunta que surge es cuál de estas medidas es más determinante y puede contribuir en mayor medida a la reducción de la volatilidad de los mercados agrarios y por tanto reducir los efectos negativos de esta, en especial sobre los consumidores

vulnerables de los países en desarrollo, o, dicho de otro modo, sobre la crisis alimentaria que vive el mundo desde 2008 y que ha provocado que el número de personas por debajo del nivel mínimo de nutrición haya pasado de 850 millones a casi 1,000 millones.

Pero para responder a esta pregunta antes hay que preguntarse cuáles son las principales causas del aumento de la volatilidad de los mercados agrícolas, lo que haremos en la siguiente sección.

Acciones para enfrentar la volatilidad de precios

La flexibilidad operativa a la que los proyectos se ven afectados o beneficiados durante su ejecución, en respuesta a movimientos inesperados del mercado, no es capturada adecuadamente por los métodos tradicionales de evaluación económica, ya que éstos consideran un único escenario esperado, por lo que se debe asumir una gestión estática en el desarrollo del mismo; apoyados a una única estrategia operativa.

Por ende, es propicio considerar una flexibilidad administrativa, como elemento fundamental a la hora de evaluar, que sea capaz de adaptarse a las acciones futuras ocasionadas por los cambios del mercado (Trigeorgis, 1996).

En este sentido Trigeorgis y Mason (1987) mencionan que las opciones reales representan la flexibilidad de un proyecto y son la herramienta de decisión que permite hacer una revisión en forma continua respecto de las decisiones en el desarrollo del mismo, permitiendo, así, no seguir un plan establecido, adaptándose a los eventos futuros.

Por su parte, Amram y Kulatilaka (2000) definieron el método de opciones reales como la extensión de la teoría de opciones financieras a las opciones sobre activos reales (no financieros). Mientras que las opciones financieras se detallan en el contrato, las opciones reales objeto de inversiones estratégicas, deben ser identificadas y especificadas.

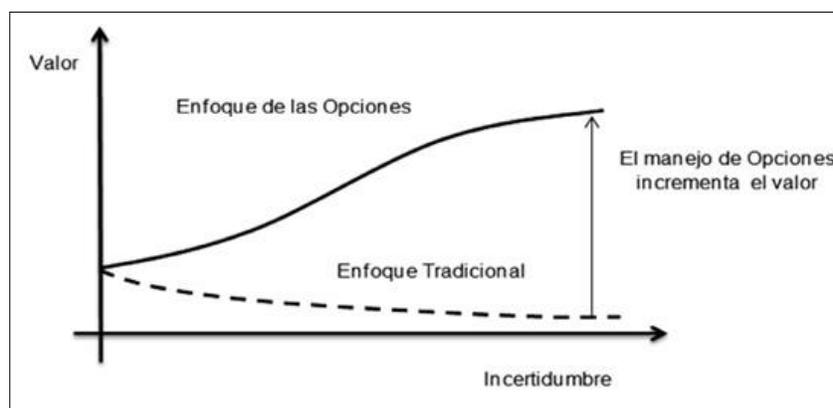
El paso de las opciones financieras a las opciones reales, requiere una filosofía determinada, una forma de ver las cosas que introduzca la disciplina de los mercados financieros en las decisiones internas de la inversión estratégica. Además, hacen mención de que, desde una mirada tradicional, cuando mayor sea el nivel de incertidumbre, menor es el valor del activo.

Del punto de vista de las opciones reales, demuestra que una mayor incertidumbre puede provocar un valor superior del activo, si los ejecutivos logran identificar y utilizar sus opciones para responder con flexibilidad al desarrollo de los acontecimientos.

Por lo mencionado anteriormente, las oportunidades de aumentar valor pueden crearse en la medida que exista incertidumbre.

En la figura 3, se muestra que a medida que la incertidumbre va incrementando esto conduciría a un posible incremento en el valor de los activos, siempre y cuando los ejecutivos identifiquen y utilicen sus opciones, con el propósito de responder flexiblemente en sus actividades. Por lo tanto, ahí se muestra uno de los más importantes cambios en el enfoque de las opciones reales: La incertidumbre crea oportunidades, incrementa el valor (Amram y Kulatilaka, 2000).

Figura 3. Enfoque de las opciones reales



Fuente: Adaptado de Amram y Kuartilaka (2000).

La metodología de las Opciones Reales es utilizada como complemento de las técnicas tradicionales de valoración (Sánchez y Andalaft, 2010), con el fin de evaluar

desde el punto de vista económico, inversiones o activos cuyos flujos de caja se tornan inciertos, otorgando ventajas de evaluar proyectos de inversión, tales como:

- Proporcionan el valor del proyecto sin la necesidad de utilizar métodos en los cuales varían la tasa de descuento, ya que las opciones reales utilizan una única tasa de descuento dada por el inversionista.
- Permite incluir flexibilidades operativas durante el ciclo de vida del proyecto (abandono, expansión, contracción, cambios estratégicos)
- Entrega como subproducto la política de operación que maximiza el valor del proyecto a través del tiempo.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

Se comienza con la definición de conceptos como evaluación financiera de proyectos, viabilidad financiera de proyectos, tipos de opciones, determinación de la prima de una opción, teoría de las opciones reales y su aplicación y el Modelo Black-Scholes, se continúa con la caracterización tanto del sistema producto Aguacate en el Estado de Michoacán, como de la Lluvia Sólida®.

Se adopta el modelo de Black-Scholes y Merton y el método binomial para valoración de las opciones reales del presente análisis financiero de proyecto de inversión.

i. Evaluación financiera de proyectos

La Evaluación Financiera de Proyectos es un estudio cuyo objetivo es determinar la rentabilidad del proyecto gracias al análisis de la inversión inicial, de los beneficios y de los costos de la puesta en marcha del mismo.

Se trata de la aplicación de un conjunto de técnicas utilizadas para diagnosticar la situación y perspectivas de la empresa o proyecto, con el fin de poder tomar decisiones adecuadas en el momento oportuno. Constituye una forma de información durante la ejecución.

De modo que, al evaluar un proyecto, se está poniendo en duda su viabilidad. Esto se puede hacer antes y durante la fase de puesta en marcha del mismo, es decir, momentos clave que se planifican en una fecha fija para realizar un estudio de viabilidad de un proyecto. Pueden surgir algunas preguntas como: ¿Qué actividades se van ejecutando según el plan previsto? ¿Qué se necesita cambiar de la planificación?, entre otras.

Tiene como objetivos analizar la evolución económica¹⁴ y financiera¹⁵, las causas de los cambios en dicha situación, así como estimar y predecir, dentro de ciertos límites, la evolución futura de la situación económica y financiera para poder emitir un juicio crítico y razonado que permita la posible toma de decisiones posterior, conocer si la empresa es económica y financieramente viable en el futuro, reduciendo al mínimo sus incertidumbres sobre la utilización eficiente de los recursos (Anderson, 1992).

Dentro del análisis financiero existe una metodología como las matemáticas Financieras que, como su nombre lo indica es la aplicación de la matemática a las finanzas centrándose en el estudio del Valor del dinero en el tiempo, combinando el capital, la tasa y el tiempo para obtener un rendimiento o interés, a través de métodos de evaluación que permiten tomar decisiones de inversión.

Las matemáticas financieras son una herramienta auxiliar de la ciencia política, ya que la apoya en el estudio y resolución de problemas económicos que tienen que ver con la sociedad. Las matemáticas financieras auxilian a esta disciplina en la toma de decisiones de inversión, presupuesto y ajustes económicos.

ii. Viabilidad financiera de proyectos

El análisis de la viabilidad de un proyecto, es el estudio que determina el éxito o el fracaso del mismo, a partir de una serie de datos base de naturaleza empírica: medio ambiente del proyecto, rentabilidad, necesidades de mercado, factibilidad política, aceptación cultural, legislación aplicable, medio físico, flujo de caja de la operación.

El estudio de la viabilidad financiera no es otra cosa que ver si existe suficiente dinero para financiar los gastos e inversiones que implica la puesta en marcha y operación del proyecto.

¹⁴ La capacidad de generar beneficios.

¹⁵ La capacidad para atender adecuadamente los compromisos de pagos.

Un proyecto viable, es un proyecto que además de ser factible, esto es que es posible de realizar, es un proyecto que resulta viable, que en este contexto se debe entender como un proyecto que puede ser sostenible, rentable económicamente. (Lusthaus, Ch. y otros 1999)

La viabilidad de un proyecto no debe ser evaluada tan sólo a su inicio, sino que se debe hacer un seguimiento que la garantice durante todo el ciclo de vida del mismo. Esta monitorización permitirá la identificación de desviaciones con el margen de tiempo necesario para poder considerar las posibles alternativas, soluciones técnicas, de rentabilidad y potencial de mercado.

iii. Tipos de opciones

Se comienza por definir la Teoría de las opciones financieras, de la cual se desprende la Metodología de opciones reales.

Opciones financieras

Una opción financiera puede definirse como un instrumento financiero derivado que supone un contrato donde un comprador tiene el derecho, más no la obligación, de comprar o vender ciertos *activos subyacentes* (que pueden ser acciones, divisas, bonos, índices bursátiles, commodities etc.) a un precio predeterminado (*strike* o precio de ejercicio), hasta una fecha concreta (vencimiento). Existen dos tipos de opciones: opción de compra (*call*) y opción de venta (*put*).

El siguiente ejemplo ilustra opciones fuera de los mercados financieros:
Una persona, desea adquirir una vivienda al contado, valuada en \$5,000.000.00, pero en este momento, no dispone del total de manera efectiva, ya que tiene inmovilizado el monto que le hace falta hasta pasado un periodo de 4 meses; el comprador puede llegar a un acuerdo con el propietario en el que se reserva la opción de comprar la casa por el monto señalado al llegar a esos 4 meses a cambio de una contra prestación (precio de

la opción de compra o prima), de esta manera el comprador, adquiere el derecho (no la obligación) de comprar la casa al vencimiento del tiempo pactado, el vendedor por su parte tiene la obligación de vender si el comprador quiere ejercer su derecho de compra.

Así, las opciones pueden realizarse con carácter especulativo, sin que exista de base una operación comercial, pero normalmente se suelen utilizar por motivos de cobertura de operaciones comerciales o financieras.

Según si la opción puede ser ejercida antes de o solo en la fecha de vencimiento se distingue entre:

Opciones europeas: Sólo pueden ser ejercidas en la fecha de vencimiento. Antes de esa fecha, pueden comprarse o venderse si existe un mercado donde se negocien.

Opciones americanas: Pueden ser ejercidas en cualquier momento entre el día de la compra y el día de vencimiento, ambos inclusive, y al margen del mercado en el que se negocien.

Hasta el año de 1973, los modelos mediante los cuales se valoraban las opciones eran muy simples hasta que aparecieron Myron Sholes, Robert C. Merton y Fisher Black los cuales publicaron una nueva metodología para valorar este tipo de derivados financieros. Conocido como Modelo de Black-Scholes-Merton, este trabajo le da unos valores teóricos tanto a las opciones Put como a las opciones Call europeas que usan acciones que no pagan dividendos como activo subyacente.

El argumento clave sobre el que se basa este modelo es que los inversionistas pueden, sin correr ningún tipo de riesgo, compensar las posiciones long (compra) con posiciones short (venta) de la acción, ajustando constantemente el ratio de cobertura cada vez que fuera necesario.

En este caso, si se asume que el precio del activo subyacente tiene un comportamiento aleatorio y se emplean métodos de cálculo estocásticos, se puede determinar el precio de la opción donde no existen posibilidades de arbitraje. Este precio depende básicamente de cinco factores:

El precio actual del activo subyacente.

El tipo de interés libre de riesgo.

El precio de ejercicio.

La volatilidad del activo subyacente.

El periodo hasta la fecha de ejercicio del contrato.

Al poco tiempo, el modelo antes descrito fue adaptado para que también pudiese calcular el valor de opciones que usan acciones que pagan dividendos como activo subyacente. Una vez que estuvo disponible un método capaz de dar una adecuada estimación del valor de las opciones financieras, el comercio con este derivado financiero se disparó sobre todo durante los últimos años. A esto ha contribuido el desarrollo de otros modelos de valoración de opciones para otros mercados y situaciones, los cuales emplean herramientas y supuestos similares. Entre estas herramientas se pueden citar las siguientes:

- Método de Monte Carlo.¹⁶
- Modelo Binomial.
- Modelo de Black.

¹⁶ La idea básica de este método, asentado desde hace varias décadas, es poder realizar valoraciones con respecto a determinados proyectos de inversión teniendo en cuenta que las variables que se utilizan para el estudio no son ciertas, sino que en ocasiones pueden referirse a varios valores. Permite incorporar el concepto de riesgo a la hora de entrar a valorar una inversión.

iv. La opción de compra (Call Option)

Una opción call se define como aquella que le da al comprador el derecho, pero no la obligación de adquirir determinado activo subyacente a un precio específico y en una fecha fija. Por su parte el vendedor de la opción call cuenta con la obligación de vender el activo subyacente en caso de que el comprador quiera ejercer el derecho a comprar.

Compra de una opción call

La compra de una Opción Call se realiza cuando se tienen expectativas alcistas con respecto al activo subyacente, es decir si se piensa que el mercado va a subir durante el periodo que abarca el contrato. Entre las situaciones que debe prever un inversor a la hora de considerar la compra de una opción call están las siguientes:

- El costo de la adquisición de las opciones call es mucho menor que el de la compra de activos como acciones.
- Si se anticipa que un activo subyacente como una acción, por ejemplo, va a tener una tendencia alcista, se puede considerar una opción call ya que suele ser más barato que la compra de acciones.
- Por ejemplo, una opción call puede resultar adecuada en los casos en que una acción u otro activo subyacente ha tenido una fuerte tendencia alcista y el inversor por un motivo u otro no ha comprado, sobre todo en ese momento ya que considera que es demasiado costosa, pero aun así considera que la tendencia seguirá siendo alcista por un tiempo más. En este caso, la opción call permite aprovechar las subidas si el activo continúa con la tendencia alcista y limita las pérdidas si por el contrario comienza a caer.
- Las opciones call también resultan adecuadas cuando se desea comprar determinado activo subyacente en un futuro próximo porque se considera que el precio va a subir, pero no se dispone del capital necesario para esa adquisición.

La opción call permite aprovechar las subidas en el mercado sin tener que comprar directamente el activo.

- Si el precio del activo llega a caer por debajo del precio de ejercicio (precio de compra de la opción) las pérdidas son más limitadas y conocidas. Estas pérdidas, son iguales al precio pagado por la opción, es decir la prima.
- El apalancamiento (relación entre inversión/rendimiento) ofrecido con las opciones es bastante alto por lo cual se pueden tener altas ganancias con inversiones pequeñas.

Cuando se compra una opción call se adquiere la acción a un precio fijo el cual es determinado por el comprador. Además, todo lo que el activo llegue a subir en el mercado sobre dicho precio menos el precio pagado por la prima, constituyen las ganancias para el comprador. Básicamente esa ganancia es el diferencial de precio entre la opción call y el precio del mercado, a lo cual se le resta la prima que se le paga al vendedor.

Venta de una opción call

Durante la venta de una opción call, el vendedor recibe una prima (el precio de la opción) y tiene la obligación de vender el activo subyacente al precio fijado (precio de ejercicio) si el comprador de la opción llega a ejercer la opción de compra. En este caso, la ganancia del vendedor es la prima del comprador más la posible diferencia entre el precio de ejercicio y el precio estipulado.

Un aspecto que hay que tomar en cuenta es que una opción call puede ser vendida sin que haya sido comprada previamente. Entre las situaciones que pueden favorecer la venta de opciones call se pueden mencionar las siguientes:

Se puede considerar la venta de opciones call para tener ganancias adicionales una vez que se ha decidido la venta de algún activo subyacente como acciones, por ejemplo.

La venta de opciones call es una buena opción en el caso de que no importe realizar la venta de un activo subyacente a un precio que se considera bastante alto y recibir al mismo tiempo un ingreso extra previo. Estos casos, se suele vender una opción call determinando un precio de ejercicio en un nivel deseado por arriba del precio actual del activo subyacente en el mercado. Si el precio de ese activo llega a alcanzar el nivel predeterminado, se deberá vender el activo, pero a un precio más alto, y así mismo se habrá ingresado el valor de la opción call.

Al vender una opción call se produce un flujo de dinero inmediato producto de la venta de esa opción. Así mismo sirve para retrasar el momento en que se empiezan a percibir pérdidas debido a la baja en el precio de un activo. En caso de que el activo se mantenga estable, la venta de una opción call brinda una alta rentabilidad lo cual hace atractivo este tipo de operación.

v. La opción de venta (Put Option)

Se definen las opciones put como aquellas que le dan al que las posee el derecho más no la obligación de vender un activo subyacente a un precio predeterminado hasta una fecha fija. Por su parte, el vendedor de la opción put cuenta con la obligación de comprar el activo en caso de que el poseedor de la opción decida ejercer su derecho a vender este.

Compra de una opción put

Se puede afirmar que una opción put es básicamente un derecho a vender lo que significa que la compra de una opción de este tipo es la adquisición del derecho a vender. Un inversionista que desee comprar opciones put debe tomar en cuenta los siguientes aspectos:

La adquisición de opciones put puede usarse como medio de cobertura cuando se anticipan en precios de activos que se poseen como acciones. Esto se debe a que mediante la compra de una opción put, se puede fijar el precio a partir del cual se pueden obtener ganancias. Si el precio del activo llega a caer, los beneficios obtenidos mediante la opción put pueden compensar total o parcialmente la pérdida producida por esa caída.

En caso de que el precio del activo se mueva en nuestra contra (el precio del activo suba), las pérdidas producidas por las opciones put se limitan a la prima (el precio pagado por la adquisición de la opción). Si por el contrario el precio se mueve a nuestro favor (el precio del activo baje) las ganancias se incrementan a medida que las cotizaciones del activo bajen en el mercado.

Un inversionista puede considerar la compra de opciones put si cuenta en ese momento con algún activo como acciones, las cuáles considera que a corto plazo va a experimentar una tendencia bajista si bien piensa al mismo tiempo que a largo plazo la tendencia alcista continuará por lo cual no quiere vender ese activo bajo ninguna circunstancia. Mediante una opción put podría aprovechar la futura caída cortoplacista del precio del activo. De esta forma se pueden proteger beneficios aún no realizados cuando se tiene algún activo comprado cuyo precio se espera va a subir. Este tipo de operaciones se conoce como "Put Protector" ya que sirve para cubrir nuestras inversiones ante las caídas.

Otra circunstancia en la cual las opciones put pueden ser muy útiles es cuando un inversionista está convencido de que determinado activo va a caer y quiere sacar provecho de esa caída para obtener ganancias. En caso de que no tenga el capital para adquirir ese activo, se puede comprar una opción put por menos dinero, de tal manera que el inversionista pueda obtener beneficios con una caída del mercado sin tener que efectuar una fuerte inversión. Es una buena opción además si el inversionista no había comprado previamente el activo.

Venta de una opción put

Durante la venta de una opción put, el vendedor está realizando la venta de un derecho por el cual cobra una prima. Al vender ese derecho, al mismo tiempo adquiere la obligación de comprar el activo en caso de que el comprador de la opción put quiera ejercer su derecho a vender. Entre las posibles situaciones que debe considerar un inversionista que esté considerando comprar opciones put destacan las siguientes:

Si un inversionista considera que el precio de un activo va a entrar en un periodo de mayor estabilidad, también puede pensar lógicamente que no habrá fuertes caídas en el precio y que a lo sumo se den ligeras subidas. En este caso, puede venderse una opción put en la cual va a ser fijado un precio a partir del cual el inversionista esté dispuesto a comprar, mientras tanto se ingresa la prima. El precio límite para la compra, constituye el precio de ejercicio al que se venderá la opción put.

La venta de una opción put le puede permitir a un inversionista la compra de un activo subyacente con descuento. En este caso el descuento es la prima que se ingresa por la venta de esa opción. Se puede recurrir a la venta de una opción put cuando haya interés en comprar un activo a un precio fijo que esté por el nivel actual de precios en el mercado y con un descuento de un 10%.

vi. Determinación de la prima de una opción

Se define la prima como el precio que el comprador de una opción put o call paga al vendedor a cambio del derecho a comprar o vender el activo subyacente de acuerdo a las condiciones predeterminadas previamente por el contrato de opción.

A cambio del pago de la prima, el vendedor de una opción put adquiere la obligación de comprar el activo subyacente al comprador si este decide ejercer su opción su derecho de venta. Por su parte, la prima le daría al comprador de una opción put el

derecho a vender el activo subyacente (si decide ejercer el derecho) bajo las condiciones estipuladas en el contrato.

Con respecto a una opción call, el pago de la prima le da derecho al comprador a adquirir el activo subyacente, en caso de que desee ejercer ese derecho, mientras que al vendedor de la opción le da la obligación de vender el activo subyacente bajo las condiciones estipuladas en el contrato (solo en caso de que el comprador decida ejercer su derecho). Sin importar si el comprador ejerza o no su derecho, el vendedor de la opción siempre cobra la prima negociada.

La prima de una opción es determinada de acuerdo a la ley de la oferta y la demanda que se establece en el mercado. Sin embargo, existen modelos teóricos que buscan determinar el precio de la opción en función de un grupo de parámetros entre los que se pueden mencionar los siguientes:

- El precio del activo subyacente.
- El tipo de interés.
- El precio de ejercicio.
- El tiempo de vencimiento del contrato.
- La volatilidad futura del activo.
- Los dividendos a pagar, para el caso de las opciones sobre acciones de la Bolsa.

Los tipos de interés en el precio de las opciones.

Generalmente, las variaciones en los tipos de interés no tienen mucho impacto en el precio de las opciones, sin embargo, en ocasiones los cambios en los tipos de interés pueden influir en el precio de las opciones de la siguiente manera:

- Si ocurre un incremento en los tipos de interés, puede suceder que el precio de las opciones Put disminuya.

- Por el contrario, un incremento en los tipos de interés, puede ocasionar un aumento en los precios de las opciones Call.

vii. Volatilidad del activo en el precio de las opciones

Generalmente, si ocurre un incremento en la volatilidad de un activo subyacente, el precio de las opciones call y put suele incrementarse. Por el contrario, la disminución en la volatilidad de un activo ocasiona la disminución del precio de ambos tipos de opciones.

viii. Teoría de las opciones reales y su aplicación

Todo proyecto de inversión, tiene la posibilidad de ampliarse en una segunda etapa, de manera tradicional, esta decisión se aborda básicamente con el análisis del Flujo de Fondos Descontado (FC). Sin embargo, debe asumirse que intervienen otros factores como la incertidumbre y las interacciones competitivas entre las compañías, lo que determina el crecimiento o el éxito de un proyecto.

La metodología de las opciones reales, considera estas circunstancias en torno a un proyecto que son originadas en un panorama de constantes cambios, es un enfoque contingente para valorar inversiones; un proyecto tiene asociada una cierta cuota de flexibilidad, misma que tiene que tener un valor y por lo tanto afectar la valoración de un proyecto, este enfoque, intenta capturar el valor de esa flexibilidad u opción y añadirlo a la valoración tradicional de las inversiones, así la valoración de la opción, es un elemento que permite decidir sobre ampliar, posponer, contraer o abandonar un proyecto de inversión a un costo determinado en un periodo de tiempo determinado.

Las opciones reales que se puede tener para el proyecto son (Mun, 2007):

- a) **Diferir o posponer la inversión.** Aunque el VAN tradicional sea positivo, se puede posponer su aplicación por varias razones; una muy sencilla es "ver qué pasa en el mercado".

- b) **Ampliar.** Si el proyecto ya en marcha resulta tener excelentes resultados, se puede decidir ampliar o bien adquirir empresas que competían con él o bien mejorar su competitividad aumentando su escala. Se conoce como una opción de compra.
- c) **Reducir.** Si se considera que el mercado está muy saturado se puede decidir reducir su producción o bien vender parte de los activos para tener mejor liquidez. Se conoce como opción de venta.
- d) **Abandonar.** Si las cosas no salen como se esperaba, se puede decidir cerrar temporalmente o vender el proyecto antes de que concluya. Se conoce como opción de salida.
- e) **Seguir.** Si todo va de acuerdo con lo planeado, se tiene la opción de seguir.
- f) **Cambiar.** Si hay otras oportunidades en el mercado, se puede decidir cambiar de producto.

De entre los métodos de valoración de opciones reales existentes, el binomial es el más intuitivo.

Aplicaciones de la teoría de las opciones reales

Importante mencionar que el término “opciones reales” fue acuñado por primera vez en 1984 (Myers, 1984), cuando se hizo referencia a opciones cuyo activo subyacente era un activo real. Kester (1984) plantea que la visión de las opciones reales es un eslabón más de la cadena de elementos que se deben tener en cuenta para la decisión de invertir en un proyecto y considera cuatro elementos fundamentales a la hora de invertir:

- El tiempo durante el cual se puede decidir si se lleva a cabo o no el proyecto.
- El riesgo que corre el proyecto.
- Los tipos de interés.
- El grado de exclusividad que pueda tener la empresa sobre el proyecto.

Brennan y Schwartz (1985) desarrollaron un trabajo en el que se evalúa un proyecto de inversión con las posibilidades de crecimiento, atraso y abandono, entre otras, con lo cual contrastan el cálculo por medio del VPN y el obtenido incluyendo las opciones reales. Titman (1985) analiza la importancia de la incertidumbre sobre los precios de los terrenos y su recuperación en los proyectos de construcción; lo anterior se relaciona con la decisión de construir frente a los costos de oportunidad de la tierra inactiva.

Majd (1987), por su parte, plantea cómo la incertidumbre sobre las variables del modelo influye sobre el momento óptimo de desarrollo del proyecto, al igual que sobre el costo de oportunidad de retrasar el proyecto. Williams (1991) estudia el valor de la opción en una propiedad desde la óptica del propietario, con lo cual concluye que el valor depende tanto de los ingresos que produce el proyecto como de los costos de construcción derivados de la propiedad, de manera que el dueño del terreno elige el mejor momento para realizar el proyecto, todo esto referenciado al grado de incertidumbre existente.

Quigg (1993) trabaja las implicaciones de una opción de espera sobre un proyecto a desarrollar en un terreno en zona urbana y analiza cómo influye el grado de incertidumbre sobre las decisiones del inversor. Dixit (1994) plantea las opciones reales como un método de valorar proyectos de inversión semejante a las opciones financieras (call - comprar - y put - vender -) y no a una cartera de bonos sin riesgo como el VAN.

Trigeorgis (1995), a su vez, plantea de igual forma dicha similitud entre las opciones financieras y las opciones reales, sin embargo, esta última implica una decisión flexible (sin obligación) para adquirir o cambiar una alternativa de inversión por otra.

Copeland y Keenan (1998) concluyen que la incertidumbre es un elemento importante en la evaluación de proyectos cuando se opta por utilizar la metodología de las opciones reales, con lo cual se vincula todo tipo de información dentro del proyecto, mientras que López Lubián (2001) formula la existencia de las opciones reales cuando mediante el análisis del proyecto de inversión se cuenta con la posibilidad de alterar los acontecimientos futuros debido a cambios en las variables que integran el proyecto. De todo lo anterior, Gómez (2004) dictamina las siguientes situaciones en las cuales se pueden desarrollar las opciones reales:

- Cuando hay decisiones de inversión contingentes.
- Cuando la incertidumbre es bastante extensa.
- Cuando el valor es apropiado por las futuras opciones de crecimiento. Cuando hay actualización de proyectos y correcciones de estrategias a medio curso.

ix. Modelo Black-Scholes

El modelo Black-Scholes le debe su nombre a los dos matemáticos que lo desarrollaron, Fisher Black y Myron Scholes¹⁷. Black-Scholes se utilizó, en un principio, para valorar opciones que no repartían dividendos. O lo que es lo mismo, para intentar calcular cuál debería ser el precio “justo” de una opción financiera. Más tarde, el cálculo se amplió para todo tipo de opciones.

El modelo Black-Scholes es una fórmula utilizada para valorar el precio de una opción financiera. Esta fórmula está basada en la teoría de los procesos estocásticos.

Se ha convertido en uno de los pilares fundamentales de la teoría financiera moderna. Muchos analistas utilizan este método para valorar cuál debería ser el precio adecuado de una opción financiera.

¹⁷ Este modelo recibió el premio Nobel de economía en 1997.

Supuestos del modelo Black-Scholes

Antes de adentrarnos en la fórmula y en el posterior cálculo, es preciso hacer unas consideraciones sobre el modelo. Unos supuestos de partida que el modelo tiene en cuenta y que enumeraremos a continuación:

1. No hay costes de transacción o impuestos.
2. La tasa de interés libre de riesgo es constante para todos los vencimientos.
3. La acción no paga dividendos.
4. La volatilidad se mantiene constante.
5. Se permite la venta en corto.
6. No hay oportunidades de arbitraje sin riesgo.
7. Asume que la distribución de probabilidad de los retornos es una distribución normal.

Limitaciones del modelo Black-Scholes

A pesar de que el modelo Black-Scholes ofrece una solución brillante al problema de calcular un precio adecuado para una opción, tiene algunas limitaciones. Es un modelo, esto es, una adaptación de la realidad. Por lo que, como adaptación a la realidad, no la representa de forma perfecta. Black-Scholes calcula el precio para opciones que solo se pueden ejercer o liquidar al vencimiento.

Sin embargo, las opciones estadounidenses pueden ejercerse antes del vencimiento. Además, asume también que la acción no paga dividendos y que tanto la tasa libre de riesgo como la volatilidad son constantes. Lo cual, tampoco es así en la realidad, ya que muchas acciones pagan dividendos. Por último, la volatilidad y las tasas libre de riesgo cambian a lo largo del tiempo, por lo que este supuesto tampoco es real.

x. Método Binomial

El primero en estudiar el método binomial fue William Sharpe, posterior premio Nobel de economía en 1990. El método binomial fue desarrollado con mayor profundidad en el artículo de Cox, Ross y Rubinstein titulado "*El precio de las opciones: una aproximación simplificada*", que apareció publicado en el *Journal of Financial Economics* en septiembre de 1979. Este modelo fue también deducido independientemente por Rendleman y Bartter, (1979).

Las hipótesis básicas o de partida del método binomial, que se trata de un modelo discreto, son las siguientes:

1. Se suponen mercados de capitales competitivos y perfectos, en los que no hay impuestos, costes de transacción o limitaciones a la operativa en descubierto.
2. No existen restricciones sobre compras o ventas a corto plazo de títulos y opciones, por lo que el volumen de transacciones no afectará al precio de mercado de los títulos.
3. Existe una tasa de interés a corto plazo sin riesgo, conocida, positiva y constante a lo largo del período considerado, lo que implica la posibilidad de prestar o pedir prestado dinero a ese tipo, o lo que es lo mismo, se supone la existencia de un bono libre de riesgo cuyo rendimiento es precisamente.
4. El horizonte de planificación está dividido en períodos de tiempo iguales (tiempo discreto).
5. La acción o activo subyacente no paga dividendos ni otro tipo de distribución de beneficios, reservas o capital.
6. El precio de la acción sigue un proceso binomial multiplicativo a lo largo de períodos discretos de tiempo.
7. La tasa de retorno de la acción sólo puede tomar en cada momento dado del tiempo dos posibles valores: $u-1$ con probabilidad q y $d-1$ con probabilidad $1-q$, ($u>d$).

No obstante, el Modelo Binomial de opciones reales es un método efectivo para valorar proyectos que tomen en cuenta la volatilidad (Amram y Kulitaka, 2000), y que se caracteriza por su flexibilidad y fácil instrumentación (Hernández, 2009).

El modelo binomial (propuesto por Cox, Ross y Rubinstein en 1979) se basa en la posibilidad de formar una cobertura combinando una posición larga en acciones con una call vendida sobre ellas. Que esta combinación sea sin riesgo significa que se deben verificar dos condiciones: en primer lugar, los flujos de caja en $t = 1$ deben ser los mismos, ocurra lo que ocurra con el precio del subyacente; en segundo lugar, el flujo de caja en $t = 1$ debe ser financieramente equivalente al flujo de caja en $t = 0$, a la tasa sin riesgo.

Cox, Ross y Rubinstein proponen abordar el problema mediante una estrategia de simulación en la que el precio del subyacente puede sufrir solo uno de los dos siguientes cambios: aumentar en una tasa x , o reducirse en una tasa y .

CAPÍTULO III. SITUACIÓN DEL MERCADO DEL AGUACATE EN MÉXICO Y CARACTERIZACIÓN DE LA LLUVIA SÓLIDA

i. Caracterización e importancia del cultivo de aguacate

El aguacate (*Persea americana*) es una especie arbórea del género *Persea* perteneciente a la familia *Lauraceae*, cuyo fruto, el aguacate o palta, es una baya comestible, especie originaria de Mesoamérica, específicamente de las partes altas del centro y este de México y de Guatemala con evidencias de su uso en Coaxcatlán, Méx. desde hace unos 10,000 años, se cultiva en lugares con climas tropical y mediterráneo en todo el mundo (SIAP, 2006).

En épocas prehispánicas, el árbol del aguacate pudo ser considerado por los antiguos mexicas, como un árbol sagrado; el árbol de la generación de la vida, por la forma de su excepcional fruto. La figura 4, muestra la apariencia de los árboles en plantación, generalmente derivados de injertos y sujetos a podas de formación (SIAP, 2006).

Figura 4. Apariencia árbol de aguacate



Fuente: SIAP (2006).

La copa: extendida, globulosa o acampanulada, con ramas bajas, ramas jóvenes al principio, de color verde amarillento, que después se tornan opacas y con cicatrices prominentes dejadas por las hojas.

La corteza: áspera, a veces surcada longitudinalmente, el árbol puede alcanzar alturas de alrededor de 8 y 12 m, y un diámetro a la altura del pecho de 30-60 cm, con tronco erecto o torcido.

El tronco: posee una corteza gris-verdosa con fisuras longitudinales. Las hojas son alternas con pecíolo de 2 a 5 cm y limbo generalmente glauco por el envés. Estrechamente elípticos, ovados u obovados de 8 a 20 cm por 5 a 12 cm y son coriáceos, de color verde y escasamente pubescentes en el haz, aunque muy densamente por el envés, que es de color marrón amarillento y, donde resalta el nervio central. Tiene base cuneiforme y ápice agudo. Los márgenes enteros y más o menos ondulados (SIAP, 2006).

Las inflorescencias: son panículas de 8 a 14 cm de largo, con flores de 5 a 6 mm, con perianto densamente pubescente, de tubo muy corto y con seis tépalos oblongos, de 0.5 cm, siendo los tres exteriores más cortos. Tienen nueve estambres fértiles de unos 4 mm, con filamentos pubescentes, organizados en tres círculos concéntricos.

Figura 5. Inflorescencias de aguacate



Fuente: SIAP (2006).

El ovario: es ovoide, de aproximadamente 1.5 mm, densamente pubescente, con estilo también pubescente de 2.5 mm, terminado por un estigma discoidal algo dilatado.

El fruto: es tipo baya, oval o piriforme, según la variedad, de tamaño muy variado (7 a 33 cm de largo y hasta 15 cm de ancho), cáscara de color verde a púrpura oscuro, pudiendo ser delgada, gruesa, lisa o ligeramente rugosa, a veces con una apariencia como la del cuero. Pulpa firme, oleíca, de un color que varía desde el amarillo al verde claro. Contiene una semilla grande (5 a 6.4 cm), dura y pesada, redonda o puntuda, de color marfil (SIAP, 2006).

Tiene dos envolturas paperosas de color café, muy delgadas, que a menudo se quedan adheridas a la pulpa. El fruto es generalmente en forma de pera, a veces ovoide o globoso, de 8 a 18 cm, con epicarpio corchoso más o menos tuberculado y mesocarpio carnoso y comestible.

Figura 6. Fruto de aguacate



Fuente: SIAP (2006).

Propiedades

El aguacate tiene diversas propiedades beneficiosas para la salud, tal y como se muestra en el cuadro 3, es rico en minerales como el magnesio y el potasio, y tiene propiedades antioxidantes ya que aporta vitamina E en gran cantidad (USDA, 2018).

Es también una de las frutas más ricas en fibra soluble e insoluble, no contiene colesterol ni sodio y es bajo en grasas saturadas, por lo cual es ampliamente recomendada por los expertos en dietas (USDA, 2018).

Cabe destacar que un aguacate proporciona mayor cantidad de potasio que un plátano y que además una porción de 100 g contiene 7 g de fibra, la cual representa el 27 % de la ingesta diaria recomendada.

Cuadro 3. El aguacate, información nutricional

EL AGUACATE		
Información Nutricional		
Cantidades por cada 100 g		
Calorías		160 kcal.
Grasas totales	Saturadas	2.1 g
	Polinsaturadas	1.8 g
	Monoinsaturadas	10 g
	Colesterol	0 g
	Vitaminas	
	Vitamina A	146 IU
	Vitamina C	10 mg
	Vitamina E	2.07 mg
	Vitamina B9, ácido fólico	45 mcg
Minerales	Potasio	485 mg
	Hierro	0.55 mg
	Calcio	12 mg
	Magnesio	29 mg
	Sodio	7 mg
Hidratos de Carbono	Fibra alimentaria	7 g
	Azúcares	0.7 g
	Proteínas	2 g

Fuente: Elaboración propia con datos de USDA, National Nutrient Database.

Usos

Este fruto también ha sido utilizado en el tratamiento de diversas enfermedades de la piel, como la psoriasis, y es empleado como remedio casero para hacer mascarillas hidratantes para el cabello (USDA, 2018).

Posee un alto contenido en aceites vegetales, por lo que se le considera un excelente alimento en cuanto a nutrición en proporciones moderadas, ya que posee un gran

contenido calórico y graso. Además se ha descubierto que el aceite de aguacate posee propiedades antioxidantes. Es rico en grasa vegetal que aporta beneficios al organismo y en vitaminas E, A, B1, B2, B3, ácidos grasos, proteínas, minerales.

Variedades

Existen discrepancias con respecto al origen de la raza antillana, puesto que también cabe la posibilidad de que los primeros ejemplares de aguacate hubieran sido introducidos en las Antillas desde México por los españoles o los ingleses durante la colonización.

Las tres variedades de *P. americana* se fueron mezclando naturalmente entre ellas por medio de su propio sistema de reproducción. El resultado de estas fusiones, producidas por medio de la polinización cruzada, dieron origen a incontables variedades híbridas naturales indefinidas.

Se han descrito ocho variedades, de las cuales tres son ampliamente conocidas: la Mexicana (*Persea americana* var. *drymifolia*), la Guatemalteca (*Persea americana* var. *guatemalensis*) y la Antillana (*Persea americana* var. *americana*). Los ejemplares de *P. americana* originarios de las zonas altas del centro y del este de México generan la variedad *mexicana* (SIAP, 2006).

Actualmente, *P. americana* tiene una amplia distribución y mercado. Entre las variedades más comercializadas destacan: "Hass", "Criollo", "Bacon", "Fuerte" y "Pinkerton", algunas de ellas producidas también en España.

- *Criollo*: originaria de México y Centroamérica. Variedad original no seleccionada. Piel comestible muy fina y oscura cuando está maduro.
- *Hass*: originaria de California. Piel gruesa y rugosa. Se pela con facilidad y presenta color verde a oscuro cuando madura. La pulpa es cremosa y sin fibras.

Figura 7. Aguacate, variedad Hass



Fuente: SIAP (2006).

- *Méndez*: originaria de México. Variedad original. Piel gruesa, rugosa, se pela con facilidad, color verde a oscuro cuando está madura. La pulpa es cremosa y sin fibras. Se da en temporadas altas y es la única variedad que produce cuando otras no lo hacen. Nombre de variedad referido a su creador, Carlos Méndez Vega.
- *Fuerte*: originaria de México y Centroamérica. La piel, ligeramente áspera, se separa con facilidad de la carne.
- *Edranol*
- *Bacón*: originario de California. Su piel es fina y verde brillante.
- *Negra de La Cruz*: es conocida como Prada o Vicencio. Se originó en la localidad de Olmué, en la Región de Valparaíso, Chile, por hibridación natural, en la que podría haber habido alguna influencia de la variedad mexicana *leucaria*. La piel es de color morada o negra. Se le llama palta chilena o de La Cruz por ser su mayor lugar de producción en la comuna de La Cruz, de donde salen los mejores frutos.
- *Torres*: variedad originada por hibridación y selección en la localidad de Famaillá, provincia de Tucumán, Argentina, donde se encuentra la plantación de esta variedad.¹⁹²⁰
- *Ettinger*: de piel fina, delgada y brillante. Uno de los principales productores es Israel, donde representa entre el 25 % y el 30 % de las plantaciones.

- *Carmero*: variedad originaria de la región de El Carmen de Bolívar, Colombia. Piel verde a oscuro cuando ha madurado completamente. Es lisa, se separa con facilidad de la carne. La pulpa es cremosa y sin fibras. Se da entre marzo y julio.
- *Pahua* o *palto*: cáscara gruesa y pulpa de aspecto grasoso; sabor agradable.
- *Azul* o *negro*: de cáscara delgada y abundante pulpa, es otra de las variedades que se producen en México en las regiones de Tancítaro, Uruapan y Peribán, a mucho menor escala que sus competidoras la variedad *Hass* y *Méndez*: esto se debe a su baja comercialización ya que es más delicada para su transporte a grandes distancias.
- *Lorena*, *papelillo* y *mariquiteño* cultivados en Colombia.

Los requerimientos

Los requerimientos de clima y suelo varían con las diferentes variedades.

El árbol del aguacate requiere para su mejor sanidad y desarrollo radicular, un suelo permeable y profundo, franco-arenoso, en lo posible sin presencia de calcáreos ni cloruros (SIAP, 2006).

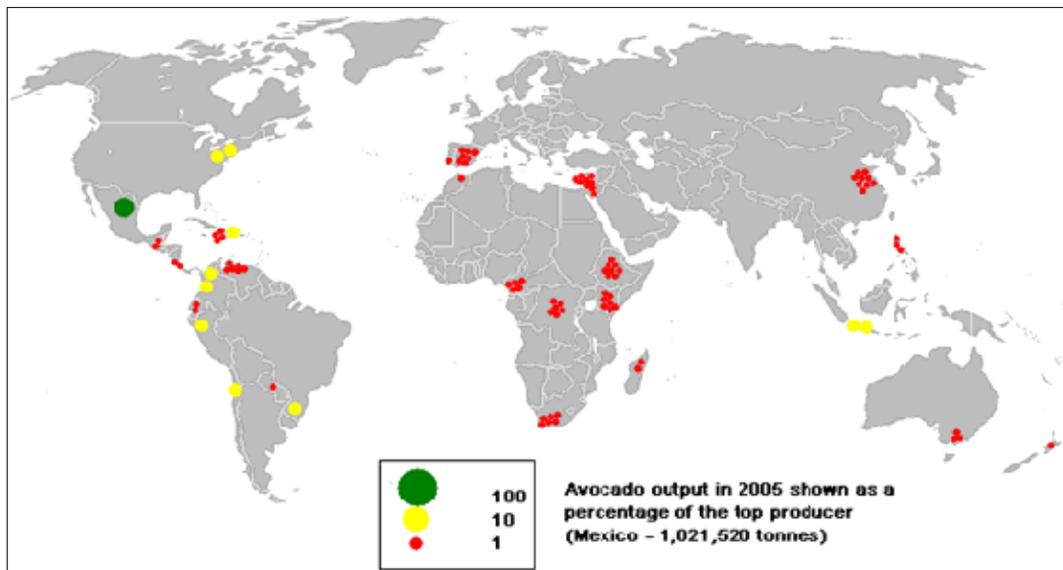
La siembra se debe realizar en zonas no inundables ni propensas a encharcamientos puesto que el exceso de humedad le afecta negativamente. Con respecto al clima, se deben evitar zonas de heladas ya que estas afectan la floración y si son muy intensas pueden llegar a perjudicar a las plantas.

La principal y más importante enfermedad de *P. americana* es la podredumbre de la raíz, producida por el hongo *Phytophthora cinnamomi*. Esta enfermedad está presente en casi todas las zonas productoras del mundo.

Los sistemas actuales para controlar esta afección incluyen por una parte lograr una resistencia genética a través del uso de portainjertos tolerantes a *Phytophthora* y, por otra, incorporar un programa de tratamientos fitosanitarios con la aplicación de distintos fungicidas en aplicaciones foliares y al suelo, combinadas con pinturas al tronco cuando la planta es joven. De ahí en adelante se requiere del uso de distintas mezclas químicas

ácidas que, mediante inyecciones al tronco, se incorporan a los vasos internos de conducción. El conjunto de estas técnicas bien aplicadas está permitiendo un buen nivel de control de esta enfermedad.

Figura 8. Distribución del aguacate en el mundo.



Fuente: Bancomext (2005).

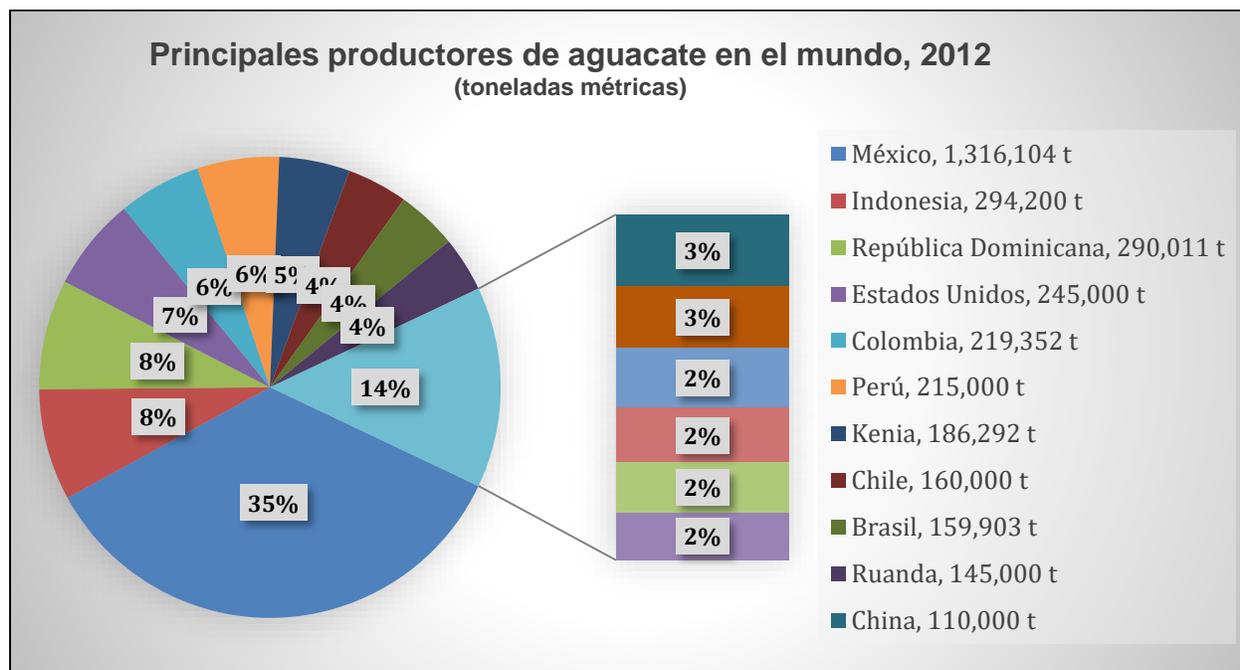
Producción

El aguacate se produce aproximadamente en 46 países. La superficie total cosechada en el mundo alcanzó las 436.3 millones de hectáreas en 2009, siendo, en orden de importancia, México, Indonesia, República Dominicana, Estados Unidos, Colombia, Perú, Kenia los principales productores. América concentra el 60 % de las plantaciones mundiales (FAOSTAT-ONU, 2017).

En México, como el principal productor a nivel mundial, en 2017, se produjo 2,029,886.00 t, superando un millón de toneladas anuales (1 millón 316 mil 104 toneladas en 2012), abasteciendo así a gran parte de la población mundial (SIAP-SAGARPA, 2018).

En la figura 9 y de acuerdo con la SAGARPA, se observa que México aporta 3 de cada 10 toneladas de aguacate que se producen en el mundo.¹⁸

Figura 9. Principales productores de aguacate en el mundo, 2012



Fuente: Elaboración propia con datos de Food and agricultural Atlas 2012-2018, SAGARPA, SIAP, 2018.

El 95 % de la producción nacional se concentra en los estados de Michoacán, Jalisco, Nayarit, Edo. de México y Morelos. Los cultivos se realizan en sierras muy fértiles, semihúmedas. En estas zonas los inviernos son fríos y durante el verano la temperatura raramente rebasa los 32 °C. El frío abajo de 4 °C daña la flor y por lo tanto la producción, en este microclima se produce el aguacate de mejor calidad.

De esta manera, Michoacán, es el Estado con la mayor participación con un volumen de 1,565,896.00 t que es más del 70% del total a nivel nacional, aporta 8 de cada 10 toneladas que se producen en México y se produce en 28 de las 32 entidades federativas (SIAP -SAGARPA, 2018).

¹⁸ Para mayor información ver Anexo 2.

Cuadro 4. Las entidades federativas con los mayores volúmenes de producción de aguacate en México

<i>Las entidades federativas con los mayores volúmenes de producción de aguacate en México</i>				
Lugar	Estado	Volumen (t)		Variación (%)
		2012	2017	2012-2017
	Total, Nacional	1,316,104.00	2,029,886.00	54.20
1	Michoacán	1,117,338.00	1,565,896.00	40.10
2	Jalisco	40,846.00	169,688.00	315.00
3	Estado de México	28,766.00	108,768.00	278.00
4	Nayarit	29,178.00	49,246.00	68.80
5	Morelos	35,542.00	34,846.00	-10.00
6	Guerrero	14,784.00	23,586.00	59.50
7	Puebla	12,015.00	16,842.00	40.20
8	Chiapas	6,148.00	12,009.00	95.30
9	Yucatán	11,431.00	10,772.00	-9.40
10	Oaxaca	4,164.00	9,097.00	118.00
	Resto	15,892.00	29,137.00	83.30

Fuente: Elaboración propia con datos de Food and Agricultural Atlas 2012-2018, SAGARPA, SIAP, 2018.

En el estado de Michoacán, la región que comprende los municipios de Tancítaro, Uruapan y Peribán, es número uno a nivel nacional e internacional en producción de esta fruta, conociéndose como la capital mundial del aguacate, aportando 8 de cada 10 t que se producen en México (SAGARPA, 2018).

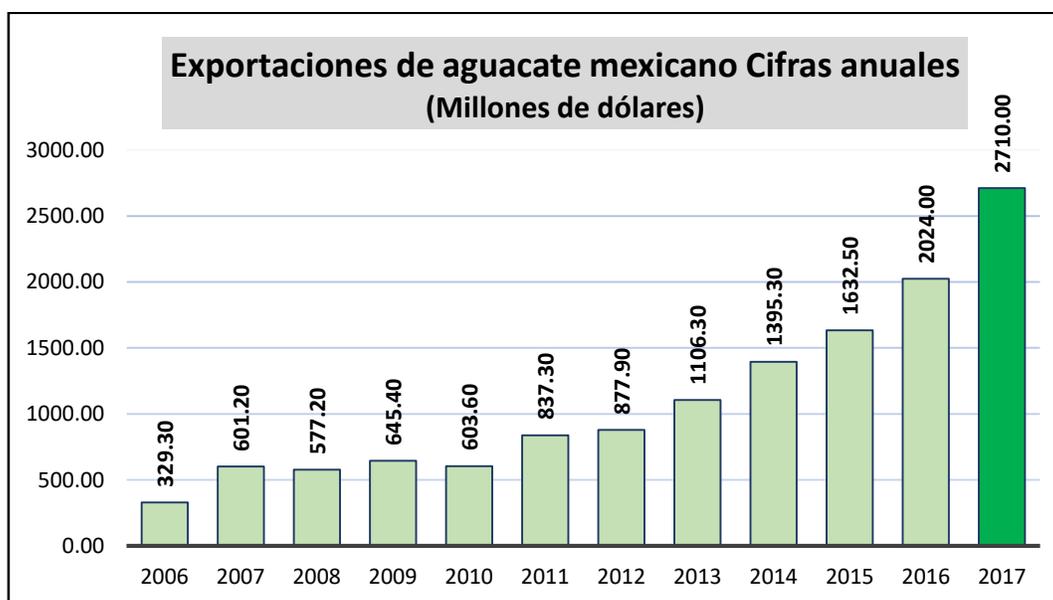
Cabe destacar que dicha región es la propicia para la producción de aguacate Hass debido a su clima cálido-húmedo en verano y frío en invierno sin disminuir las temperaturas a menos de 4 grados centígrados, la variedad Méndez se da en un clima más cálido aún y a una altura menor, pero la fruta es de menor calidad, en cuanto a tamaño, pulpa y sabor.

Comercio exterior

El consumo de aguacate a nivel mundial, ha crecido de manera acelerada en los últimos años, observándose un impulso en la demanda que se estima crece a un ritmo de 200,000 t anuales, lo que ha elevado su producción, sin embargo, actualmente no suficiente, para atender esos incrementos.

La figura 10, ilustra el crecimiento de las exportaciones de aguacate mexicano, medidas en millones de dólares.

Figura 10. Exportaciones de aguacate mexicano (Millones de dólares)



Fuente: Elaboración propia con datos de BANXICO 2006-2017.

Los líderes del comercio internacional son Israel, Sudáfrica y España, países que fueron los principales exportadores desde 1993. El comercio mundial de aguacate se ha incrementado significativamente desde 1980, y en el caso de México se ha limitado a los EE. UU. y Europa. En Estados Unidos, el consumo per cápita ha crecido de 1 kg en 2001 a 3 kg en 2016.

Japón ha comenzado a importar grandes volúmenes del fruto, siendo el principal importador en Asia. Los principales abastecedores de Europa son Israel, Chile, Perú y Sudáfrica. México exporta a 21 países, principalmente Estados Unidos, Japón, Canadá, América Central y Europa.

Por su parte, entre los principales países exportadores de aguacate se encuentra México, con el 51,4 % del mercado, le siguen en menor medida Israel (11.6 %), Perú (15 %) y Sudáfrica (8.0 %). En 2010, los principales países importadores de aguacate fueron los Estados Unidos (47.1 %), Francia (12.8 %), Japón (6,1 %) y Canadá (4,9 %), los cuales concentran 70.8 % de la importación total.

Como se puede ver en el cuadro 5, México tiene una balanza comercial de más de 1 millón de t en volumen de producción y \$ 2,958 mill de dólares (usd).

Cuadro 5. Comercio exterior de aguacate en México, 2012-2017

2012-2017 Comercio Exterior Aguacate			
	Importaciones	Exportaciones	Balanza comercial
Volumen (t)	1,099	1,003,002	1,001,903
Valor (mill. usd)	2.9	2,961	2,958

Fuente: Elaboración propia con datos de Food and Agricultural Atlas 2012-2018, SAGARPA, SIAP, 2018.

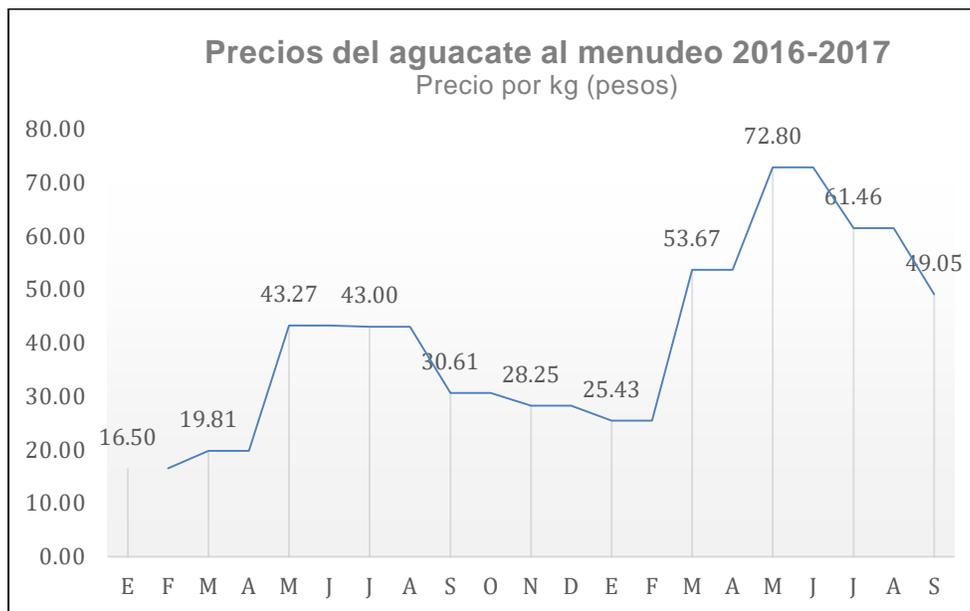
El estado de Michoacán aporta el 86% de la exportación total del fruto que genera el país (SAGARPA, 2018).

Variaciones del Precio del aguacate

La creciente popularidad y consumo del aguacate mexicano en el exterior, principalmente en los Estados Unidos de Norteamérica, combinado con algunas etapas de baja producción, ha dado lugar a un excesivo aumento del precio de este fruto

extraordinario en el mercado nacional. La figura 11, nos permite apreciar de qué manera se han movido los precios promedio, al menudeo, en el mercado nacional.

Figura 11. Precios del aguacate al menudeo 2016-2017



Fuente: Elaboración propia con datos de la Secretaría de Economía, 2016-2017.

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

ii. Caracterización de la Lluvia sólida ®

Es un polímero (*Poliacrilato de potasio*) biodegradable, en polvo, inocuo, no tóxico, polvo granulado, parecido al azúcar, que es capaz de absorber 200 veces su peso en agua, al contacto con el agua el polvo se convierte en gel y puede almacenar el líquido hasta seis semanas.

Características del producto Lluvia sólida® de acuerdo con el Código de Regulaciones Federales 29 CRF 1910.1200, comunicación de riesgos (Cuadros 6-12).

Cuadro 6. Ficha técnica Lluvia Sólida® - Hoja de datos de seguridad

Forma y color	Granulado sólido, blanco
Granulometría (mm)	Fino 0.3, medio 0.35-0.5, grueso 1.7- 2, muy grueso 3.2-4
pH	Neutro
Densidad	0.7 – 0.85 kg / dm ³
Solubilidad	En agua
Tiempo de absorción	5 – 45 minutos, depende de la medida del grano
Almacenamiento	Indefinido
Composición	Poliacrilato de potasio, humedad, poliacrilamida
Vida útil	Depende de la aplicación. Hasta 10 años (las sales del agua la reducen)
Presentación, empaque	Frasco de 150 g, 500 g y costal de 25 kg

Fuente: Elaboración propia con información de DROP-FEN (2019).

Cuadro 7. Identificación del producto y de la sociedad

Nombre del producto	Lluvia Sólida®
Usos identificados	Coadyuvante de proceso
Usos contraindicados	Ninguno
Compañía, Empresa desarrolladora	DROP-FEN SA DE CV

Fuente: Elaboración propia con información de DROP-FEN (2019).

Cuadro 8. Clasificación e identificación de los peligros (Reg. CFR 1910.1200:)

Clasificación de la sustancia o mezcla	No está clasificado
Pictogramas de peligro	Ninguno (a)
Palabra de advertencia	Ninguno (a)
Indicaciones de peligro	Ninguno (a)
Medidas de precaución	Ninguno (a)

Otros peligros	El producto se hincha en agua. Produce superficies resbalosas si hay derrames
----------------	---

Fuente: Elaboración propia con información de DROP-FEN (2019).

Cuadro 9. Composición/Información sobre los componentes

Substancias	No aplicable, este producto no es una sustancia
Componentes peligrosos	No contiene sustancias peligrosas reportables

Fuente: Elaboración propia con información de DROP-FEN, 2019

Cuadro 10. Primeros auxilios

Inhalación	No hay riesgos especiales, salga al aire libre. Alguna comezón en fosas nasales
Contacto con la piel	Sin riegos, lave con agua y jabón si hay comezón
Contacto con los ojos	Molestia por la presencia de polvo. Enjuague inmediatamente con abundante agua, también debajo de los párpados
Ingestión	No es tóxico, se hidratará con la saliva. Enjuague la boca con agua
Síntomas y efectos agudos y retardados	Ninguno
Indicación de atención médica y tratamiento especial necesario	Ninguno
Otra Información	Se hincha en agua

Fuente: Elaboración propia con información de DROP-FEN (2019).

Cuadro 11. Medidas de lucha contra incendios

Medios de extinción adecuados	Usar agua pulverizada, espuma resistente al alcohol, productos químicos secos o dióxido de carbono
Medios de extinción inapropiados	Ninguno (a)
Productos de descomposición	En caso de combustión en una atmosfera deficiente en oxígeno se puede producir: óxidos de nitrógeno (NOx) óxidos de carbono (COx)
Medidas de protección para bomberos	No requiere equipo especial
Otra información	Se hincha con el agua, cuando esta mojado hace las superficies extremadamente resbaladizas

Fuente: Elaboración propia con información de DROP-FEN (2019).

Cuadro 12. Medidas en caso de vertido accidental

Precauciones individuales	Se hincha con el agua, cuando esta mojado hace las superficies extremadamente resbaladizas
Equipo de protección	Ver Sección 8, equipo de protección personal.
Procedimientos de emergencia	Mantener a la gente lejos de derrames
Derrames pequeños	No rociar o lavar con agua, recoger barriendo o con aspiradora
Almacenamiento	Guardar en recipientes apropiados y cerrados para su almacenamiento
Derrames grandes	No rociar o lavar con agua. Recójalo barriendo o con aspiradora
Residuos	Después de limpiar, eliminar las trazas con agua

Fuente: Elaboración propia con información de DROP-FEN (2019).

Cuadro 13. Manipulación y almacenamiento

Precauciones de manejo	No se requieren precauciones especiales. Se hincha con el agua, cuando esta mojado hace las superficies extremadamente resbaladizas
Manipulación	Evite el contacto con los ojos. Evite la formación de polvo. No respirar el polvo. Lávese las manos al final del trabajo
Almacenamiento	Mantener en lugar seco y fresco. En un contenedor cerrado cuando no se emplea

Fuente: Elaboración propia con información de DROP-FEN (2019).

Cuadro 14. Control de exposición / Protección personal

Límites de exposición profesional	Ninguno (a)
Controles apropiados	Usar ventilación local si se forman nubes de polvo. La ventilación natural es adecuada cuando no hay nubes de polvo
Equipo de protección ojos/cara	Gafas protectoras con cubiertas laterales
Protección cutánea	No es necesaria protección especial
Protección de las manos	Guantes de PVC u otro material plástico
Protección respiratoria	No se necesita equipo respiratorio de protección personal. Se recomienda máscaras de seguridad para polvo, si la concentración es mayor a 10mg/m ³

Fuente: Elaboración propia con información de DROP-FEN (2019).

Cuadro 15. Propiedades físicas y químicas

Forma	Sólido granular, blanco
Olor	Ninguno
PH	5 – 8 @ 5 g/L
Punto de fusión/congelación	>150°C
Punto de ebullición	No aplicable
Punto de inflamación	No aplicable
Índice de evaporación	No aplicable
Presión de vapor	No aplicable
Densidad relativa	0.6 - 0.9
Solubilidad	Insoluble en agua
Temperatura de autoinflamación	No aplicable
Viscosidad	No aplicable

Fuente: Elaboración propia con información de DROP-FEN (2019).

Cuadro 16. Estabilidad y reactividad

Reactividad	No aplica
Estabilidad química	Estable en condiciones normales No requiere precauciones especiales
Precauciones	Productos peligrosos de la combustión
La descomposición térmica puede producir	óxidos de nitrógeno (NOx), óxidos de carbono (COx), ácido cianhídrico

Fuente: Elaboración propia con información de DROP-FEN (2019).

Cuadro 17. Información toxicológica

Toxicidad oral aguda	No tóxico, DL50/oral/rata > 5000 mg/kg
Toxicidad dérmica aguda	No tóxico, DL50/dérmica/rata > 5000 mg/kg
Toxicidad aguda por inhalación	No tóxico por inhalación
Corrosión / irritación cutánea	No irritante
Lesiones oculares / irritación ocular	No es irritante
Sensibilización respiratoria o cutánea	No ocasiona sensibilización

Mutagenicidad	No es mutágeno
Carcinogenicidad	No es cancerígeno
Toxicidad a la reproducción	No es tóxico para la reproducción
Peligro de aspiración	Sin riesgo, tal como se suministra

Fuente: Elaboración propia con información de DROP-FEN (2019).

Cuadro 18. Información ecológica

Eco toxicidad en el suelo	No son conocidas o previsibles, bajo condiciones normales de uso
Eco toxicidad en el agua	Poco probable debido a su baja solubilidad
Eco toxicidad en el aire	No previsible, se encontrará siempre en la raíz
Degradación	No es fácilmente degradable. Persistencia Permanecerá en el suelo, incrustado por las sales del agua

Fuente: Elaboración propia con información de DROP-FEN (2019).

Cuadro 19. Consideraciones relativas a la eliminación

Desechos de residuos / producto no Utilizado	Pueden ser vertidos o incinerados, cumpliendo con las regulaciones locales. Los residuos se mezclan con la tierra y son útiles
Envases contaminados	Los envases se lavan y reciclan, no contaminan

Fuente: Elaboración propia con información de DROP-FEN (2019).

Cuadro 20. Información relativa al transporte

Observaciones	Se puede producir, transportar, almacenar y usar como producto no peligroso
---------------	---

Fuente: Elaboración propia con información de DROP-FEN (2019).

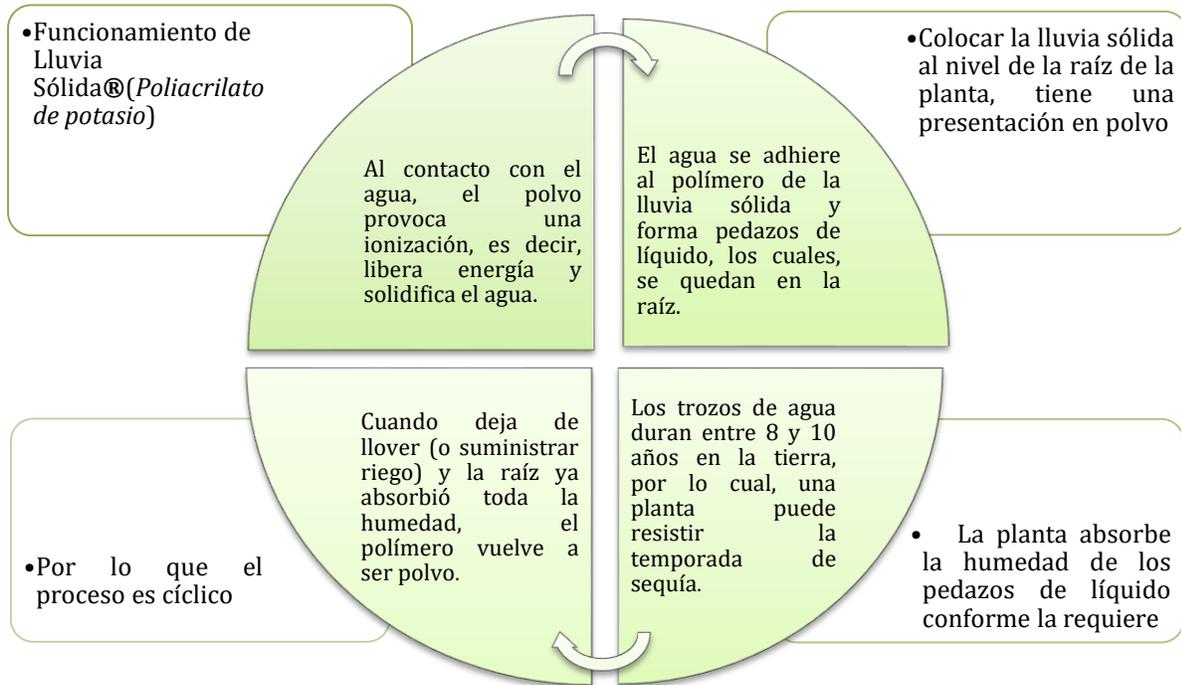
Cuadro 21. Información sobre el producto y asuntos reglamentarios

<p>La información proporcionada en esta Hoja de Datos de Seguridad es correcta con base a nuestro conocimiento, la información y la experiencia en la fecha de su publicación. La información facilitada está diseñada sólo como una orientación para la seguridad en la manipulación, uso, procesamiento, almacenamiento, transporte, eliminación y liberación, y no se considera una garantía o la calidad especificada. La información se refiere sólo a los materiales específicos designados y puede no ser válida para este tipo de material utilizado en combinación con cualquier otro material o en cualquier proceso que no se especifica en el texto</p>

Fuente: Elaboración propia con información de DROP-FEN (2019).

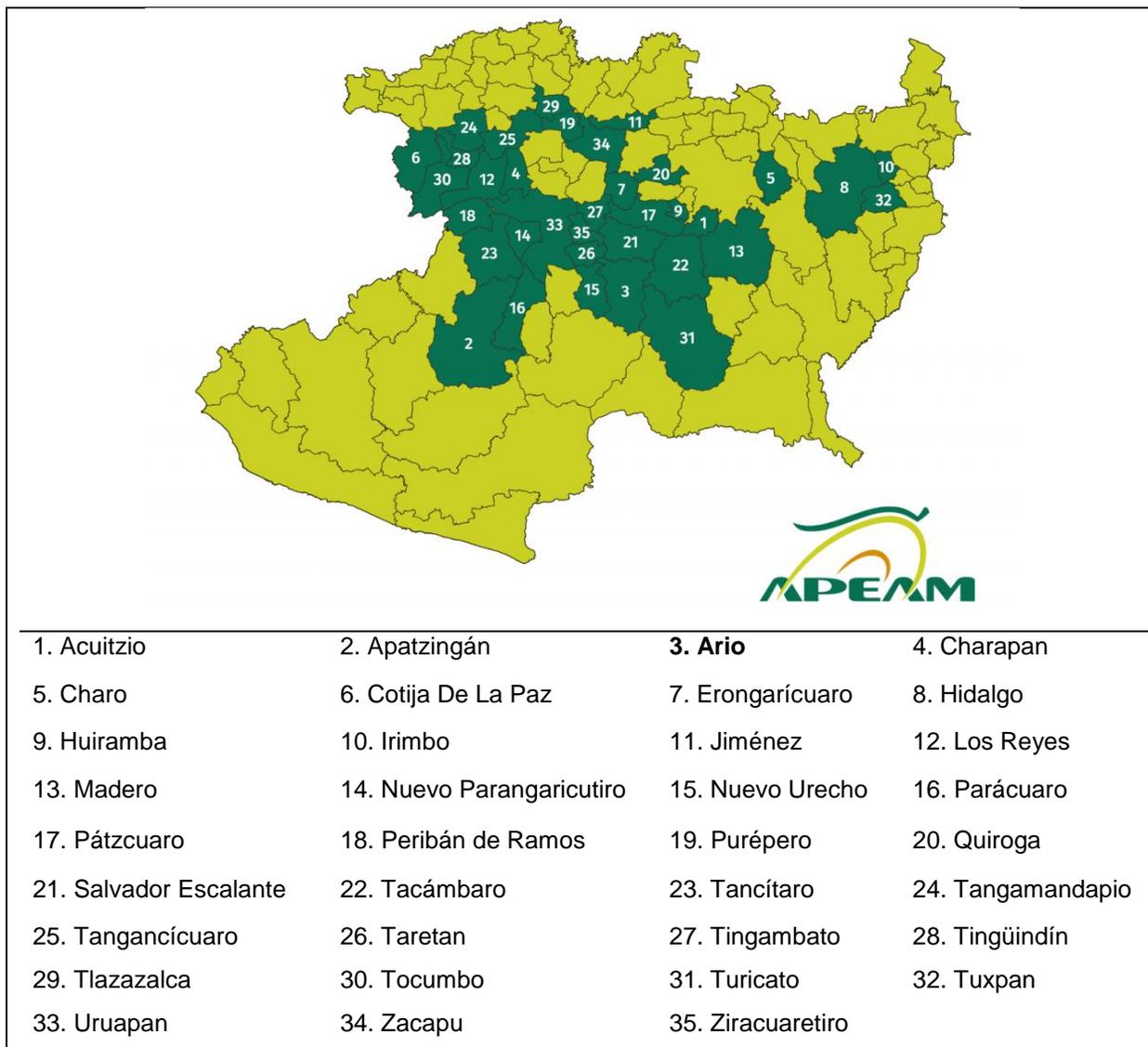
La figura 11, ilustra el funcionamiento y forma de empleo del polímero.

Figura 12. Forma de empleo y funcionamiento de lluvia sólida



Fuente: Elaboración propia con información de DROP-FEN (2019).

Figura 13. Principales Municipios de Michoacán productores de aguacate



Fuente: Asociación de Productores y Empacadores Exportadores de Aguacate de México (2019).

CAPITULO IV. METODOLOGÍA

i. Obtención de datos

Para lograr los objetivos planteados, la investigación se desarrolló en tres etapas básicas. Primero, se obtuvo copia de la información de campo obtenida por la Empresa DROP-FEN S.A. DE C.V., promotora de la tecnología llamada Lluvia Sólida® (*poliacrilato de potasio*) quien contribuyó con esta investigación de manera oportuna, a través de una serie de datos relacionados con el uso del polímero en el cultivo de aguacate en el Estado de Michoacán, datos provenientes directamente de las pruebas realizadas en campo a lo largo de su proceso productivo.

Los datos, fueron recabados en el Municipio de Ario de Rosales, localizado a 95 km. al suroeste de Morelia, capital del Estado de Michoacán, entre los que se incluyen la cantidad de agua requerida en la siembra tradicional de aguacate, con y sin la aplicación del polímero, el tiempo de funcionamiento del sistema de riego traducido en los costos económicos generados, así como el estrés hídrico provocado en la planta con el consecuente o no aborto de la floración y finalmente, el peso del fruto obtenido.

La segunda etapa consiste en una evaluación financiera tradicional para un proyecto de producción de aguacate de 10 ha, con un volumen de producción actual de 14.3 t/ha, cuando el promedio estatal reportado por el SIAP (2016), fue de 10.59 t/ha en 2013. Se consideró un precio medio rural de \$ 23,076.92 pesos/t, además de un tiempo de duración del proyecto para su evaluación de 4 años. (SIAP, 2018).¹⁹

La tasa de descuento, fue de 15%, la cual estuvo conformada por una tasa de interés real de 5% y un riesgo de 10%. La Banca de Desarrollo usa tasas de descuento que van del 12% al 16% (BANXICO, 2019). Se refiere al índice de rendimiento utilizado para descontar futuros flujos de efectivo a su valor actual.

¹⁹ Para mayor información ver Anexo 9.

Se utilizaron series de datos oficiales de los precios nominales de aguacate variedad Hass (primera) (\$) MXN, caja con 12 kg) (SNIIM, 2000-2017), el índice nacional de precios al consumidor (INPC) base segunda quincena de julio 2018 Nacional, por objeto del gasto, índice general, inflación anual, (INEGI, 2000-2017) además información documental y estadística acerca del proceso productivo del aguacate (SIAP; SIACON, 2000-2017).

Los conceptos de inversión, los costos de cultivo, el programa de siembra, las labores y actividades /ha, así como la tecnología de producción a utilizar, han sido definidos por la Agencia de FIRA, Dirección de Consultoría en Agronegocios, Residencia Estatal Michoacán.

Los costos de cultivo solo consideran las actividades anteriores a la cosecha, debido a que el costo de esta y subsecuentes corren por cuenta del comprador correspondiente.

La definición de la muestra para el proceso de la obtención de los datos consistió en considerar 5 productores o proveedores con huertas de superficie menor a 5 ha²⁰ preferentemente, tanto de riego como de temporal. Se indica incluir dentro de ellos a 2 productores que a juicio de los productores puedan considerarse como productor/proveedor ideal. El total de muestras es de 15.

ii. Tecnología de producción utilizada

El programa de siembra

El programa de siembra y el paquete tecnológico para el cultivo de aguacate en Michoacán han sido definidos por la Dirección de Consultoría en Agronegocios, Residencia Estatal Michoacán de FIRA.

²⁰ Debido a que más del 80 % de los huertos en Michoacán son menores a 5 ha.

Paquete tecnológico para el cultivo de aguacate

Existen gran diversidad de paquetes tecnológicos en la región y solo se encuentra homogeneidad en ellos cuando algún grupo de productores son asesorados por el mismo técnico, o bien, cuando reciben crédito y asesoría por un mismo proveedor de insumos, el cual les ofrece el mismo paquete de insumos.

Así, la tecnología de producción de aguacate en Michoacán aquí considerada, se puede resumir de la siguiente manera:

La densidad de plantación observada fue de 100 a 120 árboles por hectárea y pocas de 130 a 150, siendo éstas de las más jóvenes.²¹ La edad de las huertas tomadas en cuenta es de 20 años o menos, solo encontrándose 2 de 30 años. Riegos, de las 15 huertas consideradas, 8 fueron de temporal y 7 de riego, siendo las fuentes de abastecimiento de agua, principalmente de manantiales.

En todos los casos los sistemas de riego observados fueron presurizados, 6 de micro aspersión y 2 de goteo. El número y volumen de agua aplicado es muy variable.

La nutrición es con fertilizantes sólidos, aplicándose en promedio 234 kg de Nitrógeno, 314 kg de fósforo y 203 de potasio por ha. Es frecuente la aplicación de microelementos.

Se realizan de 2 a 3 aplicaciones de fertilizantes sólidos al suelo y de 6 a 10 de foliares. Estos últimos se incluyen cuando se tienen que hacer aplicaciones para control de plagas y enfermedades. La aplicación de Cal, Carbonato de calcio y Dolomita se hace en un 40 % de los casos, para corregir pH ácido.

²¹ Para mayor información ver Anexo 10.

Es común la aplicación de estiércol y en algunos casos de compostas, encontrándose que lo hacen 6 de 15 productores considerados, con cantidades de 6 a 30 toneladas por hectárea en promedio por año. Se realizan de 6 a 12 aspersiones de insecticidas, fungicidas, fertilizantes foliares y/u hormonas.

La poda es leve, aunque algunos productores realizan podas fuertes cada 2-4 años para abrir huecos en la copa para permitir entrada de luz y la aireación.

El uso de maquinaria propia es común, pues se observó que la mayor parte de productores cuentan con equipos propios, aún en huertas menores a 5 hectáreas.

Control de malezas, se realizan de 2 a 4 desvares mecánicos al año en los terrenos donde entra la maquinaria y 3-4 chapeos o deshierbes manuales en donde no tiene acceso. Es común la aplicación de herbicidas sistémicos de 2 a 4 veces al año.

Cosecha, la fruta se vende en el árbol y su cosecha es contratada por la empacadora compradora, a cuadrillas especializadas para el caso de fruta de exportación, la cual es cortada y la que no es apta para determinado mercado, es dejada en el árbol para que el productor la venda a otros compradores, quienes realizan el corte.

Solo los municipios de Michoacán que se encuentran libres del barrenador del aguacate pueden exportar hacia los Estados Unidos. Ningún otro estado puede hacerlo a la fecha.

La renta de las huertas es poco frecuente, y fluctúa de \$20,000 pesos a \$70,000 pesos por ha, dependiendo de su productividad.

Resultados de rentabilidad²²

En la entidad el rendimiento promedio calculado y que se toma en consideración para este estudio es de 14.3 t/ha, en otros casos de estudio osciló entre 7 a 16.5 t en huertas

²² Para mayor información ver Anexo 5.

en producción. Existen productores, fuera de la muestra, estudiada, con rendimientos mayores, de alrededor de 30 t/ha.

iii. Evaluación tradicional del proyecto

Valor Actual Neto, R (B/C), TIR

A partir de esta información, se calcula el Valor Actual Neto (VAN), un criterio de inversión utilizado a partir de la década de 1950, que consiste en actualizar los costos y beneficios de un proyecto o inversión para conocer cuánto se va a ganar o perder con esa inversión, además de los indicadores económicos de Relación Beneficio-Costo R (B/C) y Tasa interna de retorno (TIR). Para este caso se considera (Ecuación 1).

$$VAN = -I + \sum_{i=1}^t \frac{FC_i}{(1+r)^i} \quad (1)$$

Donde:

I = inversión inicial en el año 0.

FC_i = flujo de efectivo para el momento i, representa el ingreso menos costos de operación de cada periodo de la vida útil del proyecto.

r = tasa de descuento (tasa de interés más riesgo).

t = tiempo de duración del proyecto.

Una vez generados los valores de VAN, R(B/C) y TIR, el propósito fue obtener el VAN total, que está compuesto de la suma del VAN tradicional más el valor actual neto de las opciones reales, de la flexibilidad operativa.

$VAN_{total} = VAN_{tradicional} + \text{valor de la opción real}$ (Brambila, 2011).

Cabe señalar que, se puede dar el caso de un VAN tradicional negativo, considerando el hecho de rechazarlo. “Si el VAN es positivo se debe invertir y si es negativo, se debe rechazar” (Mascareñas, 2005).

Pero con un valor de la opción real tan grande que pudiera contrarrestar el efecto negativo y así sumados los valores, resultar en un VAN total positivo y optar por aceptar finalmente el proyecto (Brambila, 2011).

En esta tercera etapa, con la aplicación de la metodología de opciones reales, se consideran diversas circunstancias en torno a un proyecto que son originadas en un panorama de constantes cambios, es un enfoque contingente para valorar inversiones, es decir, un análisis dinámico del riesgo.

Para estimar el valor de la opción real, calculamos la tasa de movimiento continua de los precios reales del proyecto²³, que se obtiene del logaritmo natural de 1 más la tasa discreta $1+r$ (Ecuación 2).

$$\ln\left(\frac{P_{t+1}}{P_t}\right) \quad (2)$$

Donde:

\ln : logaritmo natural.

P_{t+1} : periodo de tiempo + 1.

P_t : periodo de tiempo.

iv. Tendencia de rentabilidad, volatilidad de precios y riesgo

Se incorpora el uso de algunos instrumentos estadísticos como son: media aritmética (\bar{x}), varianza (Γ^2) y la distribución normal (Z). El periodo de los datos de la tasa de movimiento continua de los precios reales es del año 2000 al año 2017.

²³ Para mayor información ver Anexo 3.

Se toma a la media aritmética (\bar{x}), como el promedio esperado de la serie de datos en el periodo (Ecuación 3) puesto que cada x_i tiene la misma probabilidad de ocurrencia. (Stevenson, 1981). Se interpreta como un indicador de la tendencia del crecimiento de la rentabilidad.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i) \quad (3)$$

Donde:

x_i = valor de la variable en el periodo i.

n = número total de periodos.

El segundo momento de la dispersión del conjunto de datos, será la varianza (Γ^2) (Fisher, 1925). Se interpreta como el indicador de la volatilidad de los precios (Ecuación 4).

$$\Gamma^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{15} (x_i - \bar{x})^2 \quad (4)$$

Donde:

Γ^2 = varianza.

x_i = valor de la variable en el periodo i.

\bar{x} = media.

n = número total de periodos.

La Desviación estándar con logaritmos naturales (Γ); es tomada como la medida estadística que mide cuánto se dispersan los valores en torno a su promedio. Se interpreta como el indicador del riesgo de los precios, resulta de la raíz cuadrada de la varianza.

La Distribución normal, es una distribución de probabilidad de variable continua que describe los datos que se agrupan en torno a un valor central, así, todo proceso en el

que solo existan causas aleatorias de variación sigue una ley de distribución normal. Esta condición que aparece con frecuencia en fenómenos naturales (de ahí que se la denomine “normal”), su representación gráfica es la curva de distribución normal también denominada campana de Gauss en honor de C. Friedrich Gauss (1855).

En este análisis suponemos que opera el Teorema del Límite Central (Walpole, 1992) si \bar{x} es la media de una muestra aleatoria de tamaño n que se toma de una población con media μ y varianza finita (Γ^2), entonces la forma límite de la distribución será:

$$Z = \frac{\bar{x} - \mu}{\Gamma/\sqrt{n}} \quad (5)$$

Si n tiende a aumentar entonces la distribución tiende a ser la normal estándar $Z \sim (0,1)$ media 0, varianza 1. Esto nos permite tener una relación entre desviación estándar y la probabilidad de ocurrencia de valores específicos.

La aplicación de estos instrumentos en nuestro caso de estudio, así como la incorporación del riesgo, nos permite obtener los valores que muestran el comportamiento para el primer año del proyecto.

Cuando los precios suben y nos va bien en el proyecto = up (μ) = $e^{\Gamma} = e^{0.282563} = 1.33186$

Cuando los precios bajan y nos va mal en el proyecto = down (d) = $e^{-\Gamma} = e^{-0.282563} = 0.75083$

Donde: e = número e o valor de Euler ≈ 2.718281828 . Una constante, base de los logaritmos naturales.

Como parte del análisis, hacemos hincapié en el cálculo del VAN, que significa traer todos los flujos de caja al momento presente descontándolos a un tipo de interés determinado, mediante la ecuación:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n} \quad (6)$$

Donde

F_t = son los flujos de dinero en cada periodo t.

I_0 = es la inversión realiza en el momento inicial (t = 0).

n = es el número de periodos de tiempo.

k = es el tipo de descuento o tipo de interés exigido a la inversión.

El VAN va a expresar una medida de rentabilidad del proyecto en términos absolutos netos, es decir, en número de unidades monetarias. Calculando el VAN de distintas inversiones se puede conocer con cuál de ellas se obtiene una mayor ganancia, así que se utiliza para la valoración de distintas opciones de inversión.

v. Comportamiento de las probabilidades

De esta forma, considerando una tasa de interés real libre de riesgo, como la tasa de rendimiento real de un bono gubernamental, con valor $r = 5\%$ (0.05) y tomando en cuenta un flujo de efectivo descontado a 15% de \$3,000,200.00 destacando que es a valor presente (V_0), es decir que no incluye la inversión inicial, dicho valor se comenzará a mover en el tiempo arrojando los valores: valor de subir up = μV_0 y valor de bajar down = dV_0 .

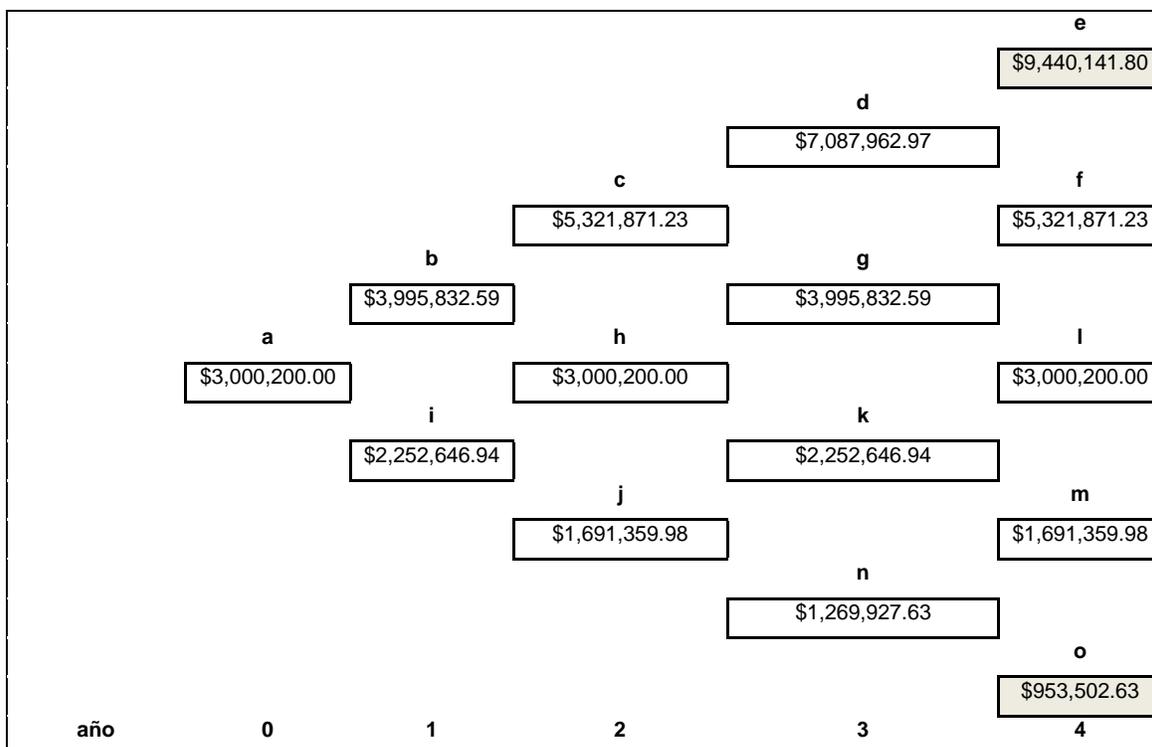
Así mismo, la probabilidad de ocurrencia de cada caso, p y $1-p$; al resultado se descuenta $1+r$, siendo igual al valor presente inicial (V_0), tomando la probabilidad como ponderador. Despejando la probabilidad p en cada caso, se obtiene la ecuación:

$$V_0 = \frac{p\mu V_0 + (1-p)dV_0}{1+r} \quad (7)$$

Probabilidad de subir = $p = 0.5149$ Probabilidad de bajar = $1 - p = 0.4851$.

Ahora, se debe replicar este procedimiento a todo el proyecto en sus 4 años de duración para ilustrar las posibilidades en que puede caer, para ello se crean nodos y en cada uno se multiplica el valor anterior por la μ o por la d .

Figura 14. Valor presente del proyecto con riesgo o volatilidad de precios



Fuente. Elaboración propia.

Así, para el año 4 el flujo de efectivo puede valer \$9,440,141.80 o \$953,502.63, en promedio el flujo de efectivo es \$3,000,200.00 pero la dispersión es muy amplia. Se obtiene el valor presente de cada nodo, sin aplicar ninguna opción, sólo considerando la volatilidad de los precios, que en este caso es la desviación estándar, lo que puede apreciarse en la figura 14.

Se calcula la probabilidad de llegar a cada nodo del año 4, cuando se grafican estos valores, se observa que la curva de distribución se aproxima a una normal; y mientras más años consideremos, más se asemeja a la curva normal.

$$\beta(n/T, p) = \binom{T}{n} p^n (1 - p)^{T-n} \quad (8)$$

Donde:

n = número de nodos en el año en cuestión, contando de arriba para abajo para terminar en n=0; por ejemplo, para el año 4 hay 5 nodos (n= 4, 3, 2, 1, 0).

t = total de periodos de 4 años (se refiere estadísticamente a el número de ensayos).

p = 0.3888 (probabilidad de que me vaya bien con el proyecto).

1-p = 0.6112 (probabilidad de que me vaya mal con el proyecto).

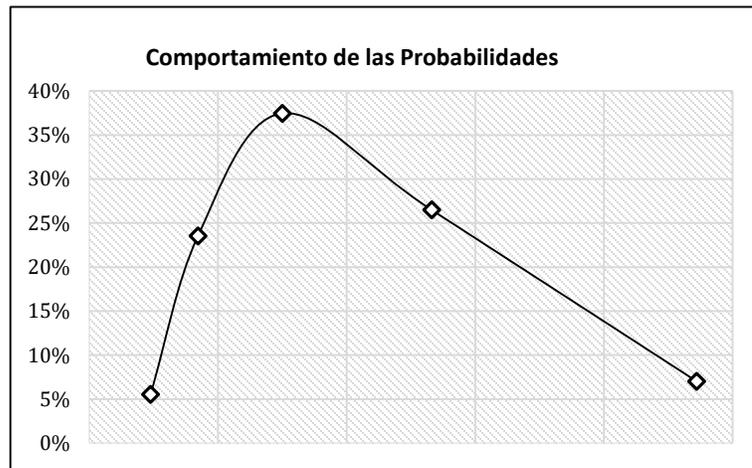
Cuadro 22. Probabilidad de llegar a cada uno de los nodos

				<i>Probabilidad</i>		<i>Valor</i>	
$\beta(4/4, (0.5149)) =$	De a e, n= 4	$4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1 / 4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1$	$(0.5149)^4$	$(0.4851)^0$	0.0703	7.03%	\$9,440,141.80
$\beta(3/4, (0.5149)) =$	De a f, n= 3	$4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1 / 1 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1$	$(0.5149)^3$	$(0.4851)^1$	0.2649	26.49%	\$5,321,871.23
$\beta(2/4, (0.5149)) =$	De a l, n= 2	$4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1 / 2 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 1$	$(0.5149)^2$	$(0.4851)^2$	0.3743	37.43%	\$3,000,200.00
$\beta(1/4, (0.5149)) =$	De a m, n= 1	$4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1 / 3 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 1$	$(0.5149)^1$	$(0.4851)^3$	0.2351	23.51%	\$1,691,359.98
$\beta(0/4, (0.5149)) =$	De a o, n= 0	$4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1 / 4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1$	$(0.5149)^0$	$(0.4851)^4$	0.0554	5.54%	\$953,502.63
SUMA					1	100.00%	

Fuente. Elaboración propia.

Como se observa en la figura 15, la suma de las probabilidades es 1 pues se tienen todas las posibilidades de estar en el año 4. La curva de distribución se aproxima a una normal. (Copeland, 2003).

Figura 15. Comportamiento de las probabilidades



Fuente: Elaboración propia.

Hasta ahora, el análisis realizado considera la volatilidad o riesgo en el flujo de efectivo y el cálculo de la probabilidad de llegar a cualquier nodo, lo cual permite observar que el proyecto puede ir mal desde los primeros años de gestión y sin la posibilidad de hacer algo, por lo que la opción más idónea es cambiarlo, lo cual es una opción real. Se pueden tener varias opciones para el proyecto como diversificar su cartera de productos, buscar nuevas tecnologías de maquinaria, insumos, recursos, disminuir la capacidad productiva vendiendo activos o abandonando el proyecto.

vi. Árbol binomial con opción real de diferenciar

Se parte del supuesto que, en el año 2, si las cosas van mal, nos encontramos en el nodo $(V_j) = \$1,691,359.98$, así que, la opción real que se tendría para el proyecto, sería invertir en incorporar la Lluvia Sólida, como un insumo en el proceso productivo del aguacate, esto es, una diferenciación del producto a partir del 2do año.

- La decisión de NO diferenciar el producto tiene una probabilidad de 76% = 0.764, es decir de no adoptar la tecnología.

De esta forma, se vuelve a calcular el valor de cada nodo que se empalma. La regla general es escoger el mayor valor (sin o con diferenciación), y en donde hay empalme se pondera por la probabilidad de ocurrencia de la diferenciación. (Brambila, 2011).

En nuestro estudio, se decidió diferenciar en Vj. Esto es, para llegar al nodo Ve, no se escoge diferenciar, pero para Vo, sí optamos por diferenciar puesto que el valor máximo de los 2 escenarios es el que corresponde con la decisión de sí diferenciar: MÁX (\$1,691,247.23, \$953,502.63). El cálculo de los otros nodos se muestra en el cuadro 23.

Cuadro 23. Cálculo del valor de nodos, ponderando por la probabilidad de ocurrencia de la diferenciación

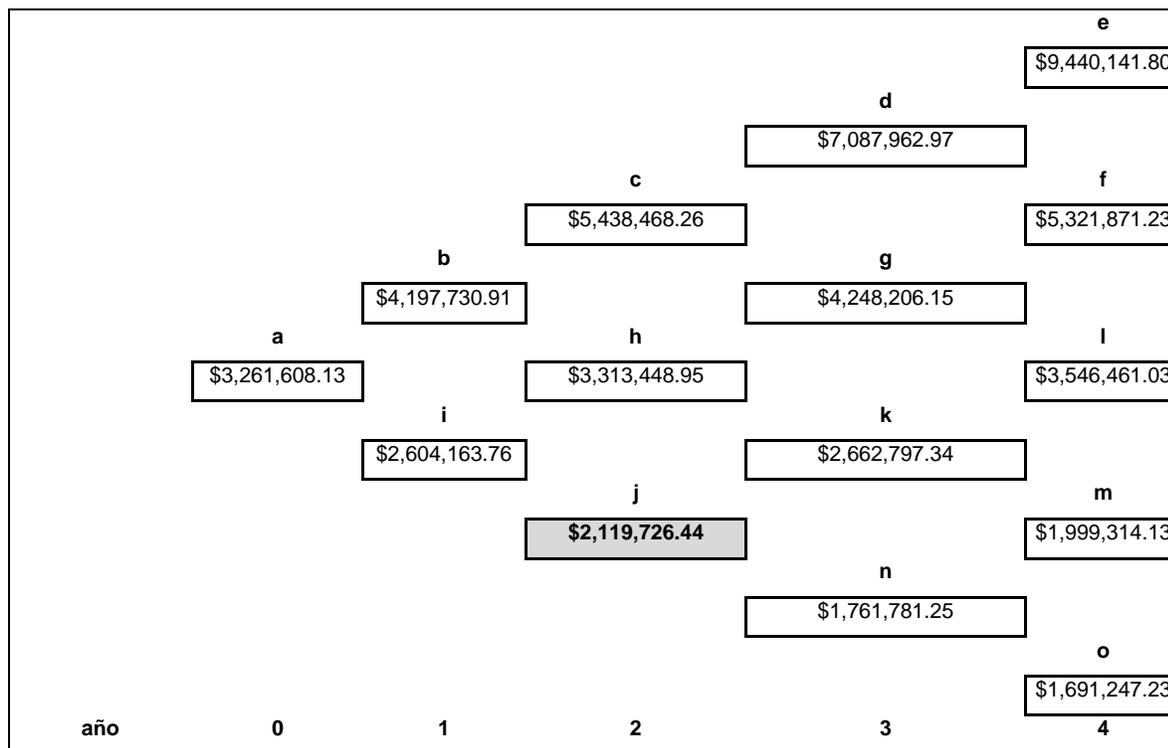
	<i>Valor "SI"</i>	<i>Valor "NO"</i>	<i>Ponderación</i>	<i>Valor seleccionado</i>
<i>Vo</i>	\$ 1,691,247.23	\$ 953,502.63	\$ 1,127,111.50	\$ 1,691,247.23
<i>Vi</i>	\$ 5,321,516.47	\$ 3,000,200.00	\$ 3,546,461.03	\$ 3,546,461.03
<i>Vm</i>	\$ 3,000,000.00	\$ 1,691,359.98	\$ 1,999,314.13	\$ 1,999,314.13

Fuente: Elaboración propia.

Para calcular los valores del 3ero., 2do. y 1er. año, se opera de atrás para adelante y descontando por $1+r$.

El valor de Vj no es de \$3,000,000.00 como se había asumido, porque la decisión de diferenciar no es una certeza, sino sólo una probabilidad. (Brambila, 2011).

Figura 17. Nuevo árbol binomial, con la opción de inversión de 225,000 pesos del año 2



Fuente: Elaboración propia.

Considerando los siguientes valores para cada nodo, de acuerdo con el cuadro 24.

Cuadro 24. Valor de cada nodo

<i>NODO</i>	<i>VALOR</i>
$V_d =$	\$ 7,087,962.97
$V_g =$	\$ 4,248,206.15
$V_k =$	\$ 2,662,797.34
$V_n =$	\$ 1,761,781.25
$V_c =$	\$ 5,438,468.26
$V_h =$	\$ 3,313,448.95
$V_j =$	\$ 2,119,726.44
$V_b =$	\$ 4,197,730.91
$V_i =$	\$ 2,604,163.76
$V_a =$	\$ 3,261,608.13

Fuente: Elaboración propia.

Así, el flujo de efectivo, a valor presente del proyecto con la opción de invertir es: 3,261,608 pesos y sin la opción es 3,000,200 pesos. La opción de invertir en el año 2 vale hoy 261,408 pesos. El valor Actual Neto es ahora de 1,937,527 pesos, lo que eleva el valor del proyecto en 57,327 pesos.

vii. Opción real de compra (call), de ampliación, expansión, o crecimiento

Hasta el año de 1973, los modelos mediante los cuales se valoraban las opciones eran muy simples hasta que aparecieron Myron Sholes, Robert C. Merton y Fisher Black los cuales publicaron una nueva metodología para valorar este tipo de derivados financieros. Conocido como Modelo de Black-Scholes-Merton, este trabajo le da valores teóricos tanto a las opciones Put como a las opciones Call europeas que usan acciones que no pagan dividendos como activo subyacente. (Merton, 1973).

El argumento clave sobre el que se basa este modelo es que los inversionistas pueden, sin correr ningún tipo de riesgo, compensar las posiciones long (compra) con posiciones short (venta) de la acción, ajustando constantemente el ratio de cobertura cada vez que fuera necesario.

Los supuestos de partida del modelo anterior se describen a continuación: No hay costos de transacción o impuestos, la tasa de interés libre de riesgo es constante para todos los vencimientos, la acción no paga dividendos, la volatilidad se mantiene constante. se permite la venta en corto, no hay oportunidades de arbitraje sin riesgo, y asume que la distribución de probabilidad de los retornos es una distribución normal. Las opciones reales que puede tener el gerente de un proyecto son: Diferir o posponer la inversión, ampliar, reducir, abandonar, seguir o cambiar. (Mun, 2002).

Las opciones de expansión constituyen la posibilidad de realizar inversiones adicionales ligadas al proyecto de inversión. La finalidad de estas inversiones puede ser,

por ejemplo, aumentar la producción, la capacidad de la empresa o realizar inversiones de seguimiento.

El hecho de que el proyecto pueda ampliarse si las condiciones son favorables, hace que el proyecto en cuestión valga más que un proyecto que no contempla esa posibilidad. En este sentido, las opciones de ampliar no se muestran en el balance de la compañía, pero los inversores sí que valoran su existencia, de forma que si una empresa tiene opciones reales valiosas que le permiten invertir sin restricciones en nuevos proyectos rentables, su valor de mercado aumenta.

Las opciones de ampliar suelen ser difíciles de valorar en la práctica debido a su complejidad. Aun cuando el proyecto inicial tenga un VAN negativo, al valorar la opción de expansión, puede que ésta compense aquél, por lo que el proyecto debería aceptarse. Sobre estas inversiones que hoy presentan un VAN negativo, pero que se llevan a cabo al generar oportunidades de futuro, suele decirse que tienen un valor estratégico para la compañía.

La opción de expansión o ampliación que contemplan estos proyectos es el intangible que la dirección considera pero que no es considerado por los modelos clásicos de valoración y es el motivo del valor estratégico antes mencionado.

Si el proyecto ya en marcha resulta tener excelentes resultados, el gerente o productor puede decidir por ampliarse o bien adquirir empresas que competían con el o bien mejorar su competitividad aumentando su escala, esto se conoce como una opción de compra.

Así, mediante el Modelo de Black-Sholes y Merton, se supondrá que se tiene una opción de compra (call) y se tiene el derecho, de comprar al 4to. año a \$ 2,000,000.00, derivado del análisis anterior, donde los costos de producción han sufrido una disminución, permitiendo con ello una expansión en la superficie de producción de 10 ha a 20 ha.

Las fórmulas y el valor de la opción, partiendo del supuesto de que la distribución de los valores es normal:

$$C = SN(d_1) - Ke^{-rt} N(d_2) \quad (9)$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{K}\right) + \left(r + \frac{r^2}{2}\right)t}{\Gamma\sqrt{t}} \quad (10)$$

$$d_2 = d_1 - r\sqrt{t} \quad (11)$$

Considerando los siguientes valores:

S = \$3,000,200.00. (Valor inicial) el valor presente del flujo de efectivo.

K = \$2,000,000.00. Poder comprar en el cuarto año.

r = 0.048790164. Tasa continua libre de riesgo.

t = 4. Tiempo prefijado para ejercer la opción (si así conviene).

Γ = 0.2865730. Desviación estándar de los datos de la tasa de movimiento continua de los precios o ingresos reales.

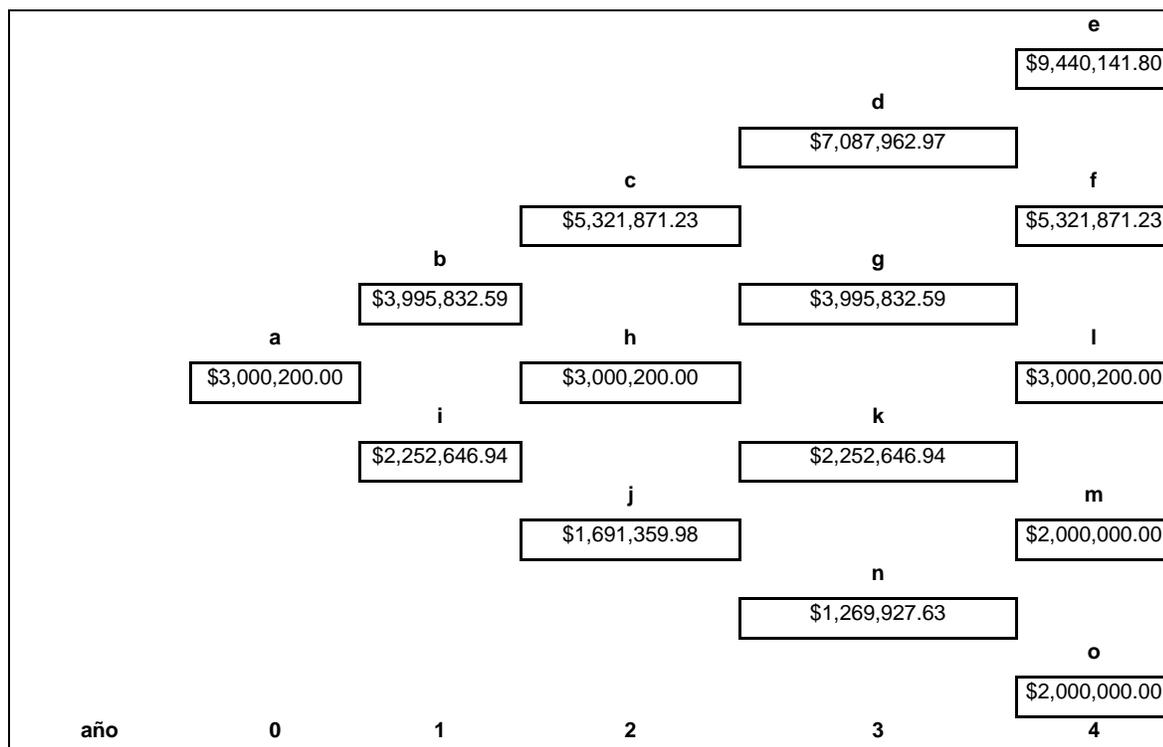
N(d1) = 0.9090. Probabilidad a buscar en la tabla de valores Z. (d1 = 1.3346).²⁴

N(d2) = 0.7182. Probabilidad a buscar en la tabla de valores Z. (d2 = 0.5777).²⁵

²⁴ Para mayor información ver Anexo 13.

²⁵ Para mayor información ver Anexo 13.

Figura 18. Nuevo árbol binomial, con la opción de Compra (call), de ampliación, en el año 4



Fuente: Elaboración propia.

Para complementar el modelo de Black Scholes y Merton, se hace el caso contrario, el de venta (put).

Considerando los siguientes valores:

$S = \$3,000,200.00$. Flujo de efectivo a valor presente.

$K = \$2,000,000.00$. Poder vender en el 4to. Año.

$r = 0.0487902$. Tasa continua libre de riesgo.

$t = 4$. Tiempo prefijado para ejercer opción.

$\Gamma = 0.2865730$. Desviación estándar.

$N(-d1) = 0.0910$. Probabilidad de buscar en la tabla de valores Z.

$N(-d2) = 0.2818$. Probabilidad de buscar en la tabla de valores Z.

El valor de Put es de \$190,535.45. La operación de comprobación, para verificar que los cálculos son correctos es: $C - P = S - Ke^{-rt}$

$$\$1,354,795.05 = \$1,354,795.05$$

CAPITULO V. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

De acuerdo con el análisis financiero y con base en la información recabada para el presente estudio, se han considerado los siguientes parámetros acerca del cultivo de aguacate en el Estado de Michoacán: en un escenario inicial el rendimiento promedio en una huerta de aguacate de la zona es de 11 t / ha. y de acuerdo con las pruebas realizadas, con la aplicación del polímero se obtuvo un incremento de cerca del 30%, esto es, 14.3 t / ha, Indicándose que el peso del fruto incrementó de 315 g a 400 g.

En el siguiente Cuadro 25, se pueden observar otros datos relevantes del efecto del uso de esta tecnología: en cuanto a la reducción en los costos se tienen ahorros de hasta 65% en términos monetarios, derivado de un menor tiempo de funcionamiento de la bomba de diésel en el sistema de riego, la reducción en el gasto de agua semanal de 80 a 40 L, así como un ahorro de fertilizante en 30%; además el estrés hídrico provocaba 60% del aborto de flor, mientras que con el uso del polímero, el 80% de la flor permaneció en el árbol, es decir, sólo abortó el 20% de las flores.

Cuadro 25. Efecto de la aplicación del polímero lluvia sólida®

Cuadro comparativo del efecto de la aplicación del polímero lluvia sólida® (*poliacrilato de potasio*) en aguacate, Municipio de Ario de Rosales, Estado de Michoacán.

Sin aplicación del polímero	Con aplicación del polímero
Para la siembra tradicional de aguacate, sin Lluvia sólida:	En contraste, para la siembra tradicional de aguacate con Lluvia Sólida, dosis: 600 gramos.
Fueron requeridos 80 litros de agua semanales	Fueron requeridos 40 litros de agua semanales (37 días sin riego)
El tiempo de funcionamiento del sistema de riego fue de 5 horas diarias usando bomba de diésel, generando un costo de \$45,000.00	El tiempo de funcionamiento del sistema de riego fue de 2.5 horas diarias usando bomba de diésel, generando un costo de \$15,000.00, generando un ahorro del 65%
El estrés hídrico en la planta provocaba el 60% del aborto de la flor	El 80% de la flor permaneció en el árbol, dando lugar a un 20% de aborto

El peso por aguacate fue de aproximadamente 315 g	El peso por aguacate fue de aproximadamente 400 g Ahorro en el fertilizante de 30%
Y la producción por árbol de 300 kg	Y la producción por árbol de 550 kg

Fuente. Elaboración propia, con información proporcionada por DROP-FEN (2019).

Mediante la evaluación tradicional del proyecto, se obtuvieron los indicadores de rentabilidad económica con valores de:

$VAN = \$1,880,200.00$ pesos $R (B/C) = 3.6$ $TIR = 42\%$.

Un valor positivo del $VAN > 0$ de $\$1,880,200.00$, sugiere que se debe invertir en el proyecto: de acuerdo con los criterios de decisión se establece que el valor actualizado de los cobros y pagos futuros de la inversión, a la tasa de descuento elegida, generará beneficios.

Sin embargo, este indicador no considera la volatilidad de precios y otras circunstancias a las que está expuesto el proyecto, por lo que es necesario complementar esta metodología para agregar valor al proyecto al tomar en cuenta cierta “flexibilidad operativa” y poder hacer frente a los diferentes escenarios que pudieran presentarse y significar un riesgo (Brambila, 2011).

Los resultados del cálculo de las herramientas estadísticas que nos permiten conocer los parámetros del comportamiento de los precios, la tendencia del crecimiento de la rentabilidad, la volatilidad de los precios observados y el riesgo son:

<i>Tendencia del crecimiento de la rentabilidad</i>
$MEDIA (\bar{x}) = 0.047595$
<i>Volatilidad</i>
$VARIANZA (\Gamma^2) = 0.082124$

Riesgo

DESVIACIÓN ESTÁNDAR (Γ) = 0.286573

El precio medio rural de \$ 23,076 pesos/t, contrastado con los costos, genera una ganancia de \$ 165,769 anual /ha. Así, la Inversión inicial en el año 0, es de \$ 1,120,000.00, con un flujo de efectivo de \$ 3,000,200, a una tasa de descuento de 15% y como un periodo de evaluación de proyecto de 4 años. El flujo de efectivo, a valor presente del proyecto sin la opción real de invertir para adoptar la tecnología es \$ 3,000,200.00 y con la opción de hacerlo es \$ 3,261,608. La opción de invertir en el año 2 vale actualmente \$ 261,408.13. El valor Actual Neto (VAN) es ahora de \$1,937,526.50, lo que eleva el valor del proyecto en \$ 57,326 pesos.

Con respecto a la opción de compra, los cálculos han arrojado los siguientes resultados, el valor de call es de \$1,545,330.50, lo que significa que, para tener el derecho de comprar el proyecto en el cuarto año por \$2,000,000.00, se debe pagar hoy 1,545,330.50, esto resultaría muy redituable para quien tiene el derecho si en el cuarto año el proyecto vale \$9,440,141.80. Si el valor del proyecto en el cuarto año es de \$953,502.63, no vale la pena ejercer la opción de compra y se deja pasar perdiendo los \$1,545,330.50. Esta pérdida tendría piso de \$1,545,330.50, pero la ganancia está abierta.

Los resultados mostrados, son compatibles con otras investigaciones realizadas. Thomas *et al.* (2008), comparando evaluaciones de proyectos de instituciones públicas y utilizando los mismos métodos llegaron a que el método de las opciones reales revelaba valores entre un 25 y un 500% superiores que los mismos proyectos evaluados por el método del VAN tradicional, dependiendo del proyecto en estudio.

Por otra parte, Da Silva *et al.* (2004) aplicaron la teoría de las opciones reales (con el modelo de Black y Scholes y también con el modelo binomial para evaluar un producto para internet en tecnología ASP (Application Service Providers) y compararon los valores con los resultados obtenidos con el uso del Valor Actual Neto. Los autores enseñan que

aun cuando el VAN es negativo al inicio, si se incorporan algunas opciones incluidas en el proyecto, éste se vuelve viable.

Chávez, (2004) concluye que la evaluación de proyectos de manera tradicional mediante el Valor Actual Neto y las opciones reales no son excluyentes, al contrario, permiten utilizar los criterios financieros más adecuados y complementarlos con la información lo que disminuye la incertidumbre y riesgo de los proyectos.

De esta manera, la metodología de opciones reales, específicamente con el modelo de Black-Scholes y Merton, permite hacer un análisis económico-financiero de la implementación de un proyecto; esto, bajo diferentes escenarios como son, ante volatilidad de precios de mercado, aumento en el precio de los insumos, cambios en el volumen de producción y periodos de tiempo, lo cual puede afectar directamente el flujo de efectivo que se genera a lo largo de un determinado horizonte y así se puedan definir diferentes opciones en el proyecto.

i. Oportunidades y Tendencias.

De entre las grandes ventajas del estudio financiero con opciones reales, se encuentran que es posible incorporar todos los escenarios en el análisis, es decir, las probabilidades de éxito o de fracaso, así como regresar a la etapa en la que se decide invertir en el proyecto, de manera más completa incluyendo cada vez las diferentes opciones en las distintas fases del proyecto.

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

i. Conclusiones

En cuanto a los hallazgos más destacados de la investigación, se tiene que, habiendo evaluado el proyecto de forma tradicional:

1. Resulta mucho mayor el panorama mostrado con la Metodología de opciones reales, ya que se aprecia claramente, si se toma en cuenta la volatilidad de precios, cómo el flujo de efectivo puede dispararse a \$9,440,141.80 o caer a \$953,502.63, debido a la dispersión tan amplia que existe.
2. En este caso en particular, la opción real que se tendría para el proyecto, es invertir en incorporar como un insumo en el proceso productivo de aguacate, el *poliacrilato de potasio* a partir del 2do. año del proyecto. Se trata de un derecho, más no una obligación, para poder ejercer si así conviene.
3. Queda comprobada la hipótesis planteada inicialmente, al demostrarse la viabilidad desde el punto de vista financiero, del uso de lluvia sólida (*poliacrilato de potasio*) como una alternativa de riego sostenible en el cultivo de aguacate (*Persea americana*) en el Estado de Michoacán, pues, de acuerdo con los datos presentados, el uso del polímero ayuda a eficientizar el uso del agua en un 50%, lo cual, se traduce en una disminución en costos de hasta un 65% y aumento en la productividad agrícola en un 30%, generando así mayores beneficios para el productor e inversionista.

En el futuro, el nivel de los precios de los alimentos dependerá de la respuesta que den los sistemas de producción a la creciente demanda en un contexto de cambio climático y recursos limitados, así como de cuánto el comercio agrícola consiga actuar como mecanismo de adaptación ante este contexto cambiante que exige garantizar una

base sostenible de recursos naturales, debido a que, con la reciente y continua expansión, las tierras agrícolas y los recursos hídricos se están agotando.

Dicho lo anterior, cualquier aumento en la producción agrícola tendrá que basarse principalmente en la conservación y el uso eficiente de los recursos naturales; se está ante un desafío permanente generado por la necesidad de encontrar un equilibrio óptimo para satisfacer las demandas sociales crecientes. La agricultura alivia la pobreza y el hambre en las zonas rurales, pero no es suficiente.

ii. Recomendaciones

Como futura extensión de este trabajo, podría ser planteado como la base para una evaluación de impactos en organizaciones públicas, esto es, en la gestión de políticas públicas para el sector agrícola, las cuales, desempeñan un papel importante en el crecimiento económico, sirven para apoyar el crecimiento de la productividad y la rentabilidad de diversas maneras, por ejemplo:

1. Proporcionando servicios agrícolas de extensión y asesoramiento eficientes.
2. Mejorando la coordinación en las cadenas de valor.
3. Garantizando que los eslabones más débiles de la cadena obtengan los beneficios de la integración de la agricultura en los mercados.
4. Campaña de comercialización para acercarse al productor, enfrentando el gran arraigo a las formas tradicionales de cultivo que existen en muchas regiones.

Se tiene potencial de incrementar la productividad y rentabilidad con mejoras en tecnología, especialmente en aspectos de riego, altas densidades y podas, además de las prácticas adecuadas de cultivo.

En ese sentido, posible la adopción de esta tecnología por parte de pequeños y grandes productores agrícolas, incentivando un incremento en la productividad, principalmente en zonas de temporal donde la escasez del agua causa gran estrago y abandono de tierras.

Además, considerando que los mayores ingresos se obtienen por mayores rendimientos unitarios, pero también por la obtención de precios de venta más altos, los cuales resultan de la combinación de vender en los meses de menor oferta y a lograr colocar un mayor porcentaje de ventas para el mercado de exportación.

En este sentido, la metodología de opciones reales está basada en una sólida teoría financiera, cuyo grado de complejidad puede aumentar de forma considerable, según la línea de investigación de que se trate y el enfoque o análisis que sea requerido.

CAPITULO VII. REFERENCIAS

i. Fuentes Bibliográficas

Black, F. y M. Scholes. The pricing of options and corporate liabilities. (1973), *Journal of Political Economy* 81 (3): 637-654.

Black, F. y Scholes, M. The valuation of Options Contracts and a Test of Market Efficiency. (1972), *Journal of finance*, 27 (2) 399-418.

Brambila, José de Jesús. Bioeconomía: Instrumentos para su análisis económico. (2011), 1ra. Edición. México: Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. Texcoco, Estado de México.

Brambila, José de Jesús. En el umbral de una agricultura nueva. (2006), 1ra. Edición. México: Universidad Autónoma Chapingo.

Brealey, R., Marcus, A. y Myers, S. Fundamentos de Finanzas Corporativas, (2007), 5° ed. Madrid, McGraw-Hill

Cantú, M. y H. Garduño. Administración de derechos del agua: de regularización a eje de la gestión de los recursos hidráulicos", en *El agua en México: una vista desde la*

- academia, B. Jiménez Cisneros, et al. (Eds.). (2004), Academia Mexicana de Ciencias, México, D.F., México.
- Chávez, Jorge E. Evaluación de proyectos planificación estratégica. (2004), Universidad Francisco Marroquín, Guatemala.
- "Copeland, T. E. y V. Antikarov. Real options: a practitioner's guide. (2003), New York: Thomson/Texere.
- Cortés, Arreguim F.I., et al. El agua en México y su perspectiva científica y tecnológica, en El agua en México: una vista desde la academia, B. Jiménez Cisneros, et al. (2004), (Eds.). Academia Mexicana de Ciencias, México, D.F., México.
- Cramon Taubadel, S.: «La volatilidad de los precios en los mercados agrarios de la Unión Europea». Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros (2009), n.º 221, pp. 19-43.
- Fisher, R. A. Statistical methods for research workers. (1925),
- Garza, Laura E. Fundamentos e Instrumentación de la Economía basada en el Conocimiento. (2013), 1ra. Edición. México: Colegio de Postgraduados (CP), Campus Montecillo, México.
- Hernández -Sampieri R, Fernández-Collado C, Baptista-Lucio P. Metodología de la investigación. (2003), Tercera Edición, McGraw-Hill.
- Mascareñas, J. La valoración de un proyecto de inversión biotecnológico como una opción real compuesta. (2005), Monografías de Juan Mascareñas sobre Finanzas Corporativas. N° 34 ISSN.
- Mascareñas, J. Opciones Reales y Valoración de Activos: Cómo Medir la Flexibilidad Operativa en la Empresa. (2003) 1° ed. Madrid, Prentice Hall
- Merton, R. C. Theory of rational option pricing. (1973). Bell Journal of Economics and Management Science (4): 141-183.
- Mun, J. Real options analysis: Tools and Techniques for valuing strategic investments and decisions. (2002), New York: John Wiley and Sons.
- Norton, G.W. y J.S. Davis. Evaluating returns to agricultural research: A review. (1981), American Journal of Agricultural Economics 63 (4): 685–699.
- Robinson, L. J. y Bary, P. J. (1987). The Competitive firm's response to risk. (1987), New York, Macmillan Publishing Company.

Rubenstein, M. Edgeworth Binomial Trees. (1998), *Journal of Derivatives* 5(3) 20-27.

STEVENSON, W. *Estadística para Administración y Economía*, (1981), Ed. Harla S.A de C.V. México D.F.

Torero, M. *Agricultural Price Volatility: Prospects, Challenges and Possible Solutions*. Presentación en Seminario, *Agricultural price volatility: prospects, challenges and possible solutions*". (2010), mayo 26 – 27, Barcelona, España.

Trigeorgis, L. *Real Options: Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation*. (1996), MIT Press, Cambridge, MA.

Walpole, Ronald E. y Raymond H. Myers. *Probabilidad y estadística*. (1992), 4a. ed. McGraw-Hill. EUA.

ii. Fuentes de Sitios Web

Alexandratos, N. y Bruinsma, J. 2012. *World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision*. ESA Working Paper No. 12-03. Roma. Recuperado de: www.fao.org/economic/esa

BANCO MUNDIAL. 2019. Datos sobre las cuentas nacionales del Banco Mundial y archivos de datos sobre cuentas nacionales de la OCDE. Recuperado de: <https://datos.bancomundial.org/indicador/ny.gdp.mktp.cd>

BANXICO, 2019. El Sistema Financiero Nacional. Recuperado de: <http://www.anterior.banxico.org.mx/divulgacion/sistema-financiero/sistema-financiero.html>

Carrillo Aguado, José Luis, 2009. El Segundo problema mundial del milenio: el Agua, *Conversus* No. 77. Recuperado de: <https://www.ipn.mx/cedicyt/>

Cintya Bibian, 2015. "Lluvia sólida" www.metropolisescptica.com/charles-darwin-y-ciencias-naturales/cientifico-mexicano-sergio-rico-velasco-el-padre-de-la-lluvia-solida/

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) 2014. *World Economic Situation and Prospects*, 2014. Recuperado de:

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/74616/9_Perspectivasagosto2015.pdf

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2015. Sobre la base de Naciones Unidas, World Economic Situation and Prospects, Update as of mid-2015, Nueva York, 2015; Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/74616/9_Perspectivasagosto2015.pdf

CONAGUA. 2008. Estadísticas del agua en México, Ed. 2008. Recuperado de: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/EAM2014.pdf>

CONAGUA. 2011. Estadísticas del agua en México, Ed. 2011. Recuperado de: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/EAM2014.pdf>

CONAGUA. 2014. Estadísticas del agua en México, Ed. 2014. Recuperado de: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/EAM2014.pdf>

CONOCER. 2018. Norma Técnica de Competencia Laboral EC0020 Formulación del diseño de proyectos de inversión del sector rural. México. Recuperado de: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/136671>.

FAO. 2013. La agricultura mundial en la perspectiva del año 2050. Recuperado de: http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues_papers/Issues_papers_SP/La_agricultura_mundial.pdf

FAO. 2015. Estudios de perspectivas mundiales, datos basados en ONU Recuperado de: <https://esa.un.org/unpd/wpp>.

FAO. 2017. El futuro de la alimentación y la agricultura tendencias y desafío. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-i6881s.pdf>

"FAO. 2017. Trabajo estratégico de la FAO para REDUCIR LA POBREZA RURAL. Recuperado de: www.fao.org/3/a-i6835s.pdf"

FAO. 2018. Estudios de perspectivas mundiales, datos basados en ONU. Recuperado de: <https://esa.un.org/unpd/wpp>

- FND. 2018. Financiera Nacional de Desarrollo. Recuperado de: <http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Panoramas/Panorama%20Papa%20%28abr%202014%29.pdf>.
- Grupo Banco Mundial. 2014. Promedio detallado de precipitaciones, Recuperado de: <https://datos.bancomundial.org/indicador/AG.LND.PRCP.MM>.
- INEGI. 2009. VIII Censo Agropecuario y Forestal, 2009. Recuperado de: www.inegi.gob.mx.
- INEGI. 2019. Inflación Anual. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/app/indicesdeprecios/Estructura.aspx?idEstructura=112001300030&T=%C3%8Dndices%20de%20Precios%20al%20Consumidor&ST=Inflaci%C3%B3n%20Mensual>
- INFOASERCA. 2008. Escenarios futuros del cambio climático en México. Claridades Agropecuarias, marzo, Número 175, DF, México. Recuperado de: www.infoaseca.gob.mx
- ONU. 1992. “Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático”. Recuperado de: <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/convencion-marco-de-las-naciones-unidas-sobre-el-cambio-climatico-y-su-protocolo-de-kioto-cmnucc?idiom=es>
- ONU. 2015. World Population Prospects: revisions. 2015. Recuperado de: <https://esa.un.org/unpd/wpp>).
- PNUD. 2006. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Avances, brechas y lineamientos estratégicos para América Latina y el Caribe. Recuperado de: <https://www.undp.org/content/undp/es/home.html>
- PNUD. 2017. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. La sostenibilidad del desarrollo a 20 años de la Cumbre para la Tierra: Avances, brechas y lineamientos estratégicos para América Latina y el Caribe. Recuperado de: <https://www.undp.org/content/undp/es/home.html>
- Rendón Díaz Mirón, Luis Emilio, et. al, 2003. ¿Qué sabemos de agua?”, Ciencia. Recuperado de: <https://www.amc.edu.mx/revistaciencia/>
- Rogers, Peter, 2008. “La crisis del agua”, Investigación y ciencia. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2714596>

- SAGARPA- SIAP. 2018. Atlas Agroalimentario 2012-2018: la transformación productiva del campo mexicano. Recuperado de: https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2018/Atlas-Agroalimentario-2018
- SAGARPA. 2017. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación 2017. Planeación Agrícola Nacional 2017-2030. Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/255627/Planeaci_n_Agr cola_Na cional_2017-2030-_parte_uno.pdf
- SAGARPA. 2017. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación 2017. Planeación Agrícola Nacional 2017-2030. Segunda parte. Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/255625/Planeaci_n_Agr cola_Na cional_2017-2030-_parte_dos.pdf
- SAGARPA. 2017. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación 2017. Planeación Agrícola Nacional 2017-2030. Tercera parte. Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/255626/Planeaci_n_Agr cola_Na cional_2017-2030-_parte_tres.pdf
- SIACON Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta. 2000-20017. Recuperado de: <https://www.gob.mx/siap/prensa/sistema-de-informacion-agroalimentaria-de-consulta-siacon>
- SIAP. 2019. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Recuperado de: http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenDelegacion.do
- SIAVI. 2019. Sistema de Información Arancelaria Vía Internet. Secretaría de Economía. Clasificación Arancelaria: 0804.40.01 Aguacates (paltas). Recuperado de: <http://www.economia-snci.gob.mx/>
- SNCI. 2019. Sistema de Información Comercial Vía Internet. Recuperado de: <http://www.economia-snci.gob.mx/>
- SNIIM - Sistema Nacional de Información de Mercados 2000-2017. Recuperado de: <http://www.economia-sniim.gob.mx/nuevo/>

Técnicas de trading. 2017. Las opciones financieras. Recuperado de:
<https://www.tecnicasdetrading.com/2010/05/las-opciones-financieras.html>

The World Bank, 2005. The world bank annual report 2005. Recuperado de:
<https://www.worldbank.org>

UNHCR ACNUR. La Agencia de la ONU para los refugiados, comité español 2019.
Escasez de agua en el mundo: causas y consecuencias. Recuperado de:
<https://eacnur.org/blog/escasez-de-agua-en-el-mundo-causas-y-consecuencias/>

Valencia Juliao, Hugo, 2018. "México y Reino Unido optimizan agricultura de riego".
Conacyt Agencia Informativa. Recuperado de:
<https://www.inforural.com.mx/cientificos-de-mexico-y-reino-unido-optimizaran-agricultura-de-riego/>

ANEXOS

Anexo 1. Aumento de la producción agrícola necesaria para compensar la demanda

Aumento de la producción agrícola necesaria para compensar la demanda prevista, 2005/2007-2050 (%)				
	2005/2007	2012-2050	2005/2007 2012	2013-2050
Mundial				
Según AT2050 ⁽¹⁾	100.00	159.60	14.80	44.80
Proyecciones de población (ONU, 2015) ⁽²⁾	100.00	163.40	14.80	48.60
África subsahariana y Asia meridional				
Según AT2050	100.00	224.90	20.00	104.90
Proyecciones de población (ONU, 2015)	100.00	232.40	20.00	112.40
Resto del mundo				
Según AT2050	100.00	144.90	13.80	31.20
Proyecciones de población (ONU, 2015)	100.00	147.90	13.80	34.20

¹ Fuente: FAO. Estudios de perspectivas mundiales, datos basados en ONU, 2015.

² Fuente: Alexandratos, N. y Bruinsma, J. World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision 2012.

Anexo 2. Cifras, principales productores de aguacate (2012)

<i>Principales productores de aguacate, 2012 (t)</i>	
México, 1,316,104 t	1,316,104
Indonesia, 294,200 t	294,200
República Dominicana, 290,011 t	290,011
Estados Unidos, 245,000 t	245,000
Colombia, 219,352 t	219,352
Perú, 215,000 t	215,000
Kenia, 186,292 t	186,292
Chile, 160,000 t	160,000
Brasil, 159,903 t	159,903
Ruanda, 145,000 t	145,000

China, 110,000 t	110,000
Guatemala, 95,000 t	95,000
Sudáfrica, 91,603 t	91,603
Venezuela, 83,000 t	83,000
España 76,800 t	76,800
Israel, 73,451 t	73,351

Fuente: Elaboración propia con datos de Food and agricultural Atlas 2012-2018, SAGARPA, SIAP, 2018.

Anexo 3. Datos históricos utilizados para obtener la tasa de movimiento continua

PRODUCTO - AGUACATE HASS PRIMERA (PESOS (\$) / CAJA CON 12 Kg)							
Año	Precios nominales (caja con 13 kg)	INPC	INPC Base 2000	(1+ tasa de crecimiento)	Precios reales (con base 2000)	Tasa de movimiento discreta (1+r)	Tasa de movimiento continua r
2000	105.410	46.475	100.000	1.00	105.410	1.0000	0.000
2001	192.190	49.435	106.369	1.06	180.682	1.7141	0.539
2002	135.480	51.922	111.720	1.05	121.267	0.6712	-0.399
2003	184.620	54.283	116.800	1.05	158.064	1.3034	0.265
2004	175.660	56.828	122.276	1.05	143.658	0.9089	-0.096
2005	240.220	59.094	127.152	1.04	188.923	1.3151	0.274
2006	229.550	61.239	131.768	1.04	174.208	0.9221	-0.081
2007	263.440	63.668	136.994	1.04	192.300	1.1039	0.099
2008	283.350	66.931	144.015	1.05	196.750	1.0231	0.023
2009	261.530	70.476	151.643	1.05	172.464	0.8766	-0.132
2010	226.150	73.406	157.947	1.04	143.181	0.8302	-0.186
2011	287.960	75.907	163.329	1.03	176.307	1.2314	0.208
2012	194.290	79.028	170.044	1.04	114.259	0.6481	-0.434
2013	217.420	82.036	176.516	1.04	123.173	1.0780	0.075
2014	272.500	85.333	183.611	1.04	148.412	1.2049	0.186
2015	205.040	87.655	188.607	1.03	108.713	0.7325	-0.311
2016	331.780	90.128	193.928	1.03	171.084	1.5737	0.453
2017	486.850	95.573	205.644	1.06	236.744	1.3838	0.325

Fuente: Elaboración propia, con datos de INEGI, SIAP, SIACOM, SNIIM, 2000-2017

Anexo 4. Indicadores productivos, valores tomados en el estudio

Indicadores productivos, valores tomados	Promedio
1. Indicadores productivos	
1.1 Tamaño de empresa (ha plantadas)	10.0
1.2 Edad de la huerta (años)	15.0
1.3 Altitud sobre el nivel del mar (m)	974.5
1.4 Rendimiento unitario (t/ha)	14.3
1.5 Precio de venta unitario (\$/t)	23,077
1.6 Propietario (P) Renta (R)	P
1.7 Densidad (árboles/ha)	125.0
1.8 Tecnología	lluvia sólida

Fuente: Elaboración propia, con datos de DROP-FEN (2019). FIRA, Dirección de Consultoría en Agronegocios, Residencia Estatal Michoacán.

Anexo 5. Costos variables, fijos y utilidad, cultivo de aguacate

1. Indicadores productivos	Prom. Riego	Más competitivo
1.1 Tamaño de empresa (ha plantadas)	8.1	15
1.2 Edad de la huerta (años)	20	20
1.3 Altitud sobre el nivel del mar (m)	1667	1650
1.4 Rendimiento unitario (t/ha)	13.56	15
1.5 Precio de venta unitario (\$/t)	11981	13800
1.6 Propietario (P) Renta (R)	P	P
1.7 Densidad (árboles/ha)	113	123
1.8 Tecnología	R. micro	R. goteo
1.9 Porcentaje de Fruta de exportación		90
2. Ingresos por ha	165,583	207,000
3. Costos de operación por ha	108,071	120,646
3.1 Costos variables		
3.1.1 Plantas injertadas para reposición	163	80
3.1.2 Fertilizantes	14760	16064
3.1.3 Energía, combustibles	2693	913
E. eléctrica	343	560
3.1.4 Insumos químicos y biológicos	9140	14663
3.1.5 Agua	642	0
3.1.6 Manos de obra	10807	11000
3.1.7 Mantenimiento de maq y equipo	1317	680
3.1.8 Servicios maquila	1481	0
Otros	1048	467
3.1.9 Administración de riesgos	356	1200
3.1.10 Otros costos variables	0	0
Total costos variables	42750	45627
3.2 Costos fijos	0	0
3.2.1 Depreciación de activos	4727	3350
3.2.2 Renta de la tierra	58333	70000
3.2.3 Mantenimiento de construcción e instalaciones	189	133
3.2.4 Cuotas	1368	1375

3.2.5 Impuestos	54	162
3.2.6 Administración de riesgos	650	0
Total costos fijos	65321	75020
4. Resultados por ha		
Sin depreciación y sin renta tierra	120573	159703
Con depreciación y sin renta tierra	115845	156354
Sin depreciación y con renta tierra	62239	89703
Con depreciación y con renta tierra	57512	86354
Sin depreciación y sin renta tierra	73	77
Con depreciación y sin renta tierra	70	76
Sin depreciación y con renta tierra	38	43
Con depreciación y con renta tierra	35	42
5. Resultados por t (\$/t)		
Costo	7972	8043
Utilidad de operación	4009	5757

Fuente: Elaboración propia, con datos de DROP-FEN (2019). FIRA, Dirección de Consultoría en Agronegocios, Residencia Estatal Michoacán.

Anexo 6. Indicadores productivos de cultivo de aguacate

Comparativos de promedios de riego y temporal

Frente a los más competitivos

1. Indicadores productivos	Cultivo de Temporal		Cultivo de Riego	
	Prom. Temp.	Más comp. Temp	Prom. Riego	Más comp. Riego
1.1 Tamaño de empresa (ha plantadas)	6.4	9	8.1	15
1.2 Edad de la huerta (años)	15	9	20	20
1.3 Altitud sobre el nivel del mar (m)	1949	1700	1667	1650
1.4 Rendimiento unitario (t/ha)	10.3	15	13.56	15
1.5 Precio de venta unitario (\$/t)	12437	10810	11981	13800
1.6 Propietario (P) Renta ®	P	P	P	P
1.7 Densidad (árboles/ha)	125	140	113	123
1.8 Tecnología	Temporal	Temporal	R. Microas.	Riego Goteo
1.9 Porcentaje de Fruta de exportación		100		90

Fuente: Elaboración propia, con datos de DROP-FEN (2019). FIRA, Dirección de Consultoría en Agronegocios, Residencia Estatal Michoacán.

Anexo 7. Distribución mensual de las actividades de temporal, aguacate

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Suma
LABORES D CULTIVO													
Desvare							33%	33%		33%			100%
Poda				100%									100%
Reposición de plantas					100%								100%
APLICACIÓN DE INSUMOS													
Abonado y/o encalado					100%								100%
Fertilizantes						50%			50%				100%
Fertilizantes Foliares	14%		12%			12%	14%		12%		12%	12%	100%
Insecticidas y fungicidas	14%		12%			12%	14%		12%		12%	12%	100%
Herbicidas						50%							100%
Cuotas (Sanidad Vegetal, etc.)						100%							100%
ADMINISTRACIÓN Y OTROS													
Gastos de vehículo	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	100%
Asesoría técnica	8.5%	8.5%	8.5%	8.5%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	9%	9%	100%
Análisis de suelos						100%							100%
Impuestos (tenencia, predial)			100%										100%
Depreciación	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	100%
Renta de tierra	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	100%

Fuente: Elaboración propia, con datos de DROP-FEN (2019). FIRA, Dirección de Consultoría en Agronegocios, Residencia Estatal Michoacán.

Anexo 8. Distribución mensual de las actividades de riego, aguacate

Distribución mensual de las actividades de Riego													
LABORES D CULTIVO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Suma
Desvare							33%	33%		33%			100%
Poda				100%									100%
Reposición de plantas					100%								100%

RIEGO														
Riego y supervisión del sistema de riego	15%	15%	15%	15%	15%	15%						5%	5%	100%
APLICACIÓN DE INSUMOS														
Abonado y/o encalado						100								100
Fertilizantes							50%			50%				100%
Fertilizantes Foliare	14%		12%		12	12%	14%		12%		12%	12%	12%	100%
Insecticidas y fungicidas	14%		12%		12	12%	14%		12%		12%	12%	12%	100%
Herbicidas				33%		33%			34%					100%
Cuotas (Sanidad Vegetal, etc.)						100%								100%
ADMINISTRACIÓN Y OTROS														
Gastos de vehículo	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	100%
Asesoría técnica	8.5%	8.5%	8.5%	8.5%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	8.0%	9%	9%	100%
Análisis de suelos						100%								
Impuestos (tenencia, predial)			100%											100%
Depreciación	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	100%
Renta de tierra	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	100%

Fuente: Elaboración propia, con datos de DROP-FEN (2019). FIRA, Dirección de Consultoría en Agronegocios, Residencia Estatal Michoacán.

Anexo 9. Rendimiento obtenido de aguacate t/ha

Rendimiento obtenido de aguacate t/ha						
Cosechas	Meses	Destino	Porcentaje	Precio \$/t	Ponderado	
1	jul-ago	Exportación	45%	19000	8550	
		Nacional	5%	12000	600	
2	sep-oct	Exportación	25%	15000	3750	
		Nacional	5%	8000	400	
3	nov	Exportación	10%	6000	600	
		Nacional	10%	4000	400	
					14300	

Fuente: Elaboración propia, con datos de DROP-FEN (2019). FIRA, Dirección de Consultoría en Agronegocios, Residencia Estatal Michoacán.

Anexo 10. Insumos Estratégicos Utilizados por Hectárea

Insumos Estratégicos Utilizados por Hectárea		I	J	K	L	M	N	O	Riego promedio	Temporal promedio
Nitrógeno	kg/ha	158	236	119	174	409	317	236	257	
Fósforo	kg/ha	317	472	238	246	591	263	354	283	
Potasio	kg/ha	158	236	119	174	230	418	223	189	
Calcio	kg/ha		1.3			242	633	292	474	
Estiércol	t/ha	7.5	13.2			10		10	18	
Composta	t/ha									
Energía total utilizada (eléctrica + tractor)	Kwh					4412	1649	3031	34	
Gasolina	L	478	748	674	112	327	60	400	379	
Diesel	L	100		54	34	152	96	87	177	
Mano de obra	jornales	63	69	92	75	96	73	78	61	
	hr	80		21	16	36	39	38	100	

Fuente: Elaboración propia, con datos de DROP-FEN (2019). FIRA, Dirección de Consultoría en Agronegocios, Residencia Estatal Michoacán.

Anexo 11. Costos de operación por hectárea de aguacate

CONCEPTO	PERIODO DE REALIZACIÓN	COSTO TOTAL	FUENTE DE RECURSOS	
			PRODUCTOR	CRÉDITO
RIEGO				
Energía eléctrica	Dic-May	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00	
Subtotal		\$ 1,000.00	\$ 1,000.00	\$ -
INSUMOS				
Plantas para reposición (2-3)	May	\$ 200.00		\$ 200.00

Fertilizantes, abonos y/o mejoradores (2)	may-jun y sept	\$	14,000.00	\$	14,000.00
Plaguicidas	cada 1.5 meses	\$	5,700.00	\$	5,700.00
Herbicidas (4 L Faena)	jun y sept	\$	400.00	\$	400.00
Subtotal		\$	20,300.00	\$	-
MANO DE OBRA					
Salarios por jornales permanentes y temporales	Todo el año	\$	11,200.00	\$	11,200.00
	Subtotal	\$	11,200.00	\$	11,200.00
		\$		\$	-
LABORES D CULTIVO					
Desvare (3)	jul-sept	\$	1,200.00	\$	1,200.00
Aspersiones foliares (8)	cada 1.5 meses	\$	4,800.00	\$	4,800.00
	Subtotal	\$	6,000.00	\$	6,000.00
DIVERSOS					
Combustibles	Todo el año	\$	3,000.00	\$	3,000.00
Asesoría técnica y análisis de suelo y foliar	Todo el año	\$	300.00	\$	300.00
Mantenimiento de Maq., Eq. Y Construcc.	Todo el año	\$	2,000.00	\$	2,000.00
Cuotas (sanidad vegetal, etc.)	jun-jul	\$	1,400.00	\$	1,400.00
	Subtotal	\$	6,700.00	\$	3,000.00
		\$		\$	3,700.00
ADMINISTRACIÓN Y OTROS					
Depreciación	Todo el año	\$	4,400.00	\$	4,400.00
Renta de Tierra	Todo el año	\$	60,000.00	\$	60,000.00
		\$	64,400.00	\$	64,400.00
		\$		\$	-
	TOTAL	\$	109,600.00	\$	79,600.00
		\$		\$	30,000.00

Fuente: Elaboración propia, con datos de DROP-FEN (2019). FIRA, Dirección de Consultoría en Agronegocios, Residencia Estatal Michoacán.

Anexo 12. Resultados de rentabilidad del cultivo

Resultados de rentabilidad

Comparativos de promedios de riego y temporal vs los más competitivos

	Cultivo de Temporal		Cultivo de Riego	
	Promedio	+ Competitiva	Promedio	+ Competitiva
1. Indicadores Productivos				
Rendimiento (t/ha)	10.4	15	13.6	15
Precio de venta (\$/ha)	12437	10810	11981	13800
2. Ingresos por Hectárea				
	127552	162150	165583	207000
3. Costos de Operación por Ha				
Total, costos variables	37390	31941	42750	45627
Total, costos fijos	46337	33092	65321	75020
4. Resultados por Ha				
Sin depreciación y sin renta de tierra	87825	128834	120573	159703
Con depreciación y sin renta de tierra	84449	127117	115845	156354
Sin depreciación y con renta de tierra	47200	98834	62239	89703
Con depreciación y con renta de tierra	43824	97117	57512	86354
5. Resultados por tonelada (\$/ha)				
Costo	8081	4336	7972	8043
Utilidad de operación	4356	6474	4009	5757

Fuente: Elaboración propia, con datos de DROP-FEN (2019). FIRA, Dirección de Consultoría en Agronegocios, Residencia Estatal Michoacán.

Anexo 13. Tabla de Z, de distribución normal

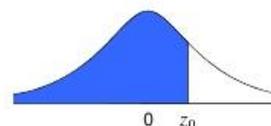
Tabla de la distribución normal N(0,1) para probabilidad acumulada inferior

μ = Media

σ = Desviación típica

Tipificación: $z_0 = \frac{x - \mu}{\sigma}$

$$P(z \leq z_0) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{z_0} e^{-\frac{z^2}{2}} dz$$



z_0	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	z_0
0,0	0,5000	0,5040	0,5080	0,5120	0,5160	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359	0,0
0,1	0,5398	0,5438	0,5478	0,5517	0,5557	0,5596	0,5636	0,5675	0,5714	0,5753	0,1
0,2	0,5793	0,5832	0,5871	0,5910	0,5948	0,5987	0,6026	0,6064	0,6103	0,6141	0,2
0,3	0,6179	0,6217	0,6255	0,6293	0,6331	0,6368	0,6406	0,6443	0,6480	0,6517	0,3
0,4	0,6554	0,6591	0,6628	0,6664	0,6700	0,6736	0,6772	0,6808	0,6844	0,6879	0,4
0,5	0,6915	0,6950	0,6985	0,7019	0,7054	0,7088	0,7123	0,7157	0,7190	0,7224	0,5
0,6	0,7257	0,7291	0,7324	0,7357	0,7389	0,7422	0,7454	0,7486	0,7517	0,7549	0,6
0,7	0,7580	0,7611	0,7642	0,7673	0,7704	0,7734	0,7764	0,7794	0,7823	0,7852	0,7
0,8	0,7881	0,7910	0,7939	0,7967	0,7995	0,8023	0,8051	0,8078	0,8106	0,8133	0,8
0,9	0,8159	0,8186	0,8212	0,8238	0,8264	0,8289	0,8315	0,8340	0,8365	0,8389	0,9
1,0	0,8413	0,8438	0,8461	0,8485	0,8508	0,8531	0,8554	0,8577	0,8599	0,8621	1,0
1,1	0,8643	0,8665	0,8686	0,8708	0,8729	0,8749	0,8770	0,8790	0,8810	0,8830	1,1
1,2	0,8849	0,8869	0,8888	0,8907	0,8925	0,8944	0,8962	0,8980	0,8997	0,9015	1,2
1,3	0,9032	0,9049	0,9066	0,9082	0,9099	0,9115	0,9131	0,9147	0,9162	0,9177	1,3
1,4	0,9192	0,9207	0,9222	0,9236	0,9251	0,9265	0,9279	0,9292	0,9306	0,9319	1,4
1,5	0,9332	0,9345	0,9357	0,9370	0,9382	0,9394	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441	1,5
1,6	0,9452	0,9463	0,9474	0,9484	0,9495	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545	1,6
1,7	0,9554	0,9564	0,9573	0,9582	0,9591	0,9599	0,9608	0,9616	0,9625	0,9633	1,7
1,8	0,9641	0,9649	0,9656	0,9664	0,9671	0,9678	0,9686	0,9693	0,9699	0,9706	1,8
1,9	0,9713	0,9719	0,9726	0,9732	0,9738	0,9744	0,9750	0,9756	0,9761	0,9767	1,9
2,0	0,9772	0,9778	0,9783	0,9788	0,9793	0,9798	0,9803	0,9808	0,9812	0,9817	2,0
2,1	0,9821	0,9826	0,9830	0,9834	0,9838	0,9842	0,9846	0,9850	0,9854	0,9857	2,1
2,2	0,9861	0,9864	0,9868	0,9871	0,9875	0,9878	0,9881	0,9884	0,9887	0,9890	2,2
2,3	0,9893	0,9896	0,9898	0,9901	0,9904	0,9906	0,9909	0,9911	0,9913	0,9916	2,3
2,4	0,9918	0,9920	0,9922	0,9925	0,9927	0,9929	0,9931	0,9932	0,9934	0,9936	2,4
2,5	0,9938	0,9940	0,9941	0,9943	0,9945	0,9946	0,9948	0,9949	0,9951	0,9952	2,5
2,6	0,9953	0,9955	0,9956	0,9957	0,9959	0,9960	0,9961	0,9962	0,9963	0,9964	2,6
2,7	0,9965	0,9966	0,9967	0,9968	0,9969	0,9970	0,9971	0,9972	0,9973	0,9974	2,7
2,8	0,9974	0,9975	0,9976	0,9977	0,9977	0,9978	0,9979	0,9979	0,9980	0,9981	2,8
2,9	0,9981	0,9982	0,9982	0,9983	0,9984	0,9984	0,9985	0,9985	0,9986	0,9986	2,9
3,0	0,99865	0,99869	0,99874	0,99878	0,99882	0,99886	0,99889	0,99893	0,99896	0,99900	3,0
3,1	0,99903	0,99906	0,99910	0,99913	0,99916	0,99918	0,99921	0,99924	0,99926	0,99929	3,1
3,2	0,99931	0,99934	0,99936	0,99938	0,99940	0,99942	0,99944	0,99946	0,99948	0,99950	3,2
3,3	0,99952	0,99953	0,99955	0,99957	0,99958	0,99960	0,99961	0,99962	0,99964	0,99965	3,3
3,4	0,99966	0,99968	0,99969	0,99970	0,99971	0,99972	0,99973	0,99974	0,99975	0,99976	3,4
3,5	0,99977	0,99978	0,99978	0,99979	0,99980	0,99981	0,99981	0,99982	0,99983	0,99983	3,5
3,6	0,99984	0,99985	0,99985	0,99986	0,99986	0,99987	0,99987	0,99988	0,99988	0,99989	3,6
3,7	0,99989	0,99990	0,99990	0,99990	0,99991	0,99991	0,99992	0,99992	0,99992	0,99992	3,7
3,8	0,99993	0,99993	0,99993	0,99994	0,99994	0,99994	0,99994	0,99995	0,99995	0,99995	3,8
3,9	0,99995	0,99995	0,99996	0,99996	0,99996	0,99996	0,99996	0,99996	0,99997	0,99997	3,9

$1-\alpha$	90%	92%	94%	95%	96%	97%	98%	99%
α	10%	8%	6%	5%	4%	3%	2%	1%
$z_{\alpha/2}$	1,645	1,751	1,881	1,960	2,054	2,170	2,326	2,576
z_{α}	1,282	1,405	1,555	1,645	1,751	1,881	2,054	2,326

Siendo:

$1-\alpha$ = Nivel de confianza
 α = Nivel de significación

www.vaxasoftware.com/indexes.html

Fuente: Vaxa Software, indexes.