

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

Laura Vera-Herrera, José de J. Brambila-Paz\*, J. Alberto García-Salazar, J. Alfredo Carrillo-Salazar

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados. Carretera Federal México-Texcoco, km 36.5 Montecillo, Texcoco, Estado de México. 56230.

\*Autor de correspondencia: jbrambilaa@colpos.mx

### RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue realizar un análisis financiero con el método de opciones reales del uso de la lluvia sólida (poliacrilato de potasio) para enfrentar la volatilidad de precios y la escasez de agua para la producción de aguacate (*Persea americana* Mill.) en el Estado de Michoacán; el análisis está basado en datos de campo para cultivos extensivos y una evaluación financiera para decidir la opción más conveniente, económica, social y ambientalmente sostenible para el proyecto. Los resultados de la investigación indican que la incorporación del polímero aumentó la eficiencia en el uso del agua en 50%, disminuyó costos en 65% y aumentó la productividad agrícola en 30%. El flujo de efectivo (FC) a valor presente del proyecto con la opción de invertir en esta tecnología es de \$3,261,608.13 y sin la opción es \$3,000,200.00. El valor Actual Neto (VAN) cambia a \$1,726,526.50, lo que eleva el valor del proyecto en \$57,326.50, por lo que se comprueba la hipótesis de 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 escasez de agua y a la volatilidad de precios en el periodo de estudio.

**Palabras clave:** eficiencia en el uso del agua, polímero, sostenible, viabilidad financiera y técnica.

### INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, ha sido muy visible cómo las sociedades han cambiado de forma radical gracias a los enormes pasos que ha dado la tecnología y a 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 alimentaria (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 (FAO), desde su fundación hace más de 70 años y es 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 garantizar una base sostenible de recursos naturales, ante el aumento de la competencia por éstos (FAO, 2017).

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).

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

**Citation:** Vera-Herrera L, Brambila-Paz JJ, García-Salazar JA, Carrillo-Salazar JA. 2022. Evaluación financiera con opciones reales para la aplicación de la lluvia sólida: el caso del aguacate en michoacán. Agricultura, Sociedad y Desarrollo <https://doi.org/10.22231/asyd.v19i1.995>

ASyD 19(1): 11-29

**Editor in Chief:**  
Dr. Benito Ramírez Valverde

Received: June 28, 2019.  
Approved: January 25, 2021.

**Estimated publication date:**  
September 14, 2022.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International license.



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).

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 disímiles (The World Bank, 2005).

Por otro lado, 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). 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).

El objetivo principal de este trabajo fue realizar un análisis financiero, 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 opción de riego sostenible en el cultivo de aguacate (*Persea americana* Mill.) 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.

La hipótesis general del estudio plantea que es viable desde el punto de vista financiero, la implementación de lluvia sólida (poliacrilato de potasio) como una alternativa de riego sostenible en el cultivo de aguacate (*Persea americana* Mill.) 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, el efficientizar 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. La Lluvia Sólida es un polímero a base de potasio (*acrilato de potasio*) biodegradable, no soluble, inocuo y no tóxico, polvo granulado, parecido al azúcar, que, al contacto con el agua, se expande, se convierte en gel y es capaz de absorber de 200 a 350 veces su peso en agua destilada, reteniendo la humedad en la raíz de la plantación para mantenerla hidratada sin necesidad de riego o lluvia, almacenando el líquido durante semanas y reduciendo las frecuencias de riego puesto que el agua es absorbida por las raíces de las plantas en 95%, a través de ósmosis, y con vida útil de 8 a 10 años, generando un ahorro en costos hasta en 65% (DROP-FEN SA DE CV, 2018).

Puede usarse para cualquier tipo de plantas, cultivos, árboles, jardines, macetas, hidropónicos, vegetales, etc.; la técnica también sirve para reforestar, para jardines, campos de golf o combatir incendios. Las plantas tomarán la humedad de acuerdo a sus necesidades, asegurando un crecimiento estable y saludable, reduciendo las frecuencias de riego hasta en 90%. Es un polímero que retiene el agua y que puede estar disponible en época de sequía; con su empleo, no se modifica el pH, las sales, ni los nutrientes en el suelo (DROP-FEN SA DE CV, 2019).

La Figura 1, ilustra el funcionamiento y forma de empleo del polímero.

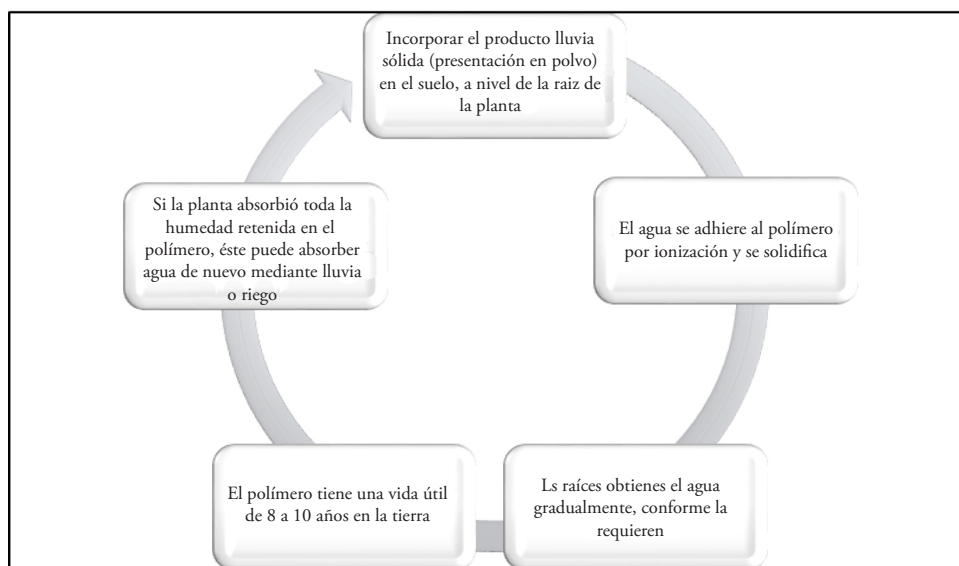
### **México, situación actual y rentabilidad del cultivo del aguacate**

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 45.95% de las exportaciones mundiales y participa con 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).

Como se puede ver en los Cuadros 1 y 2, México se sitúa como el primer productor de aguacate a nivel mundial con 2,029,886.00 t en 2017, siendo Michoacán, el Estado con la mayor participación con un volumen de 1,565,896.00 t que es más de 70% del total a nivel nacional, con una balanza comercial de más de 1 millón de t en volumen de producción y \$ 2,958 millones de dólares americanos (SIAP -SAGARPA, 2018).

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

Para lograr los objetivos planteados, la investigación se desarrolló en tres etapas básicas. Primero, la de compilación de información en campo, a cargo de la Empresa DROP-FEN SA DE CV desarrolladora de la tecnología llamada Lluvia Sólida® (poliacrilato de potasio) quien ha contribuido con esta investigación de manera oportuna, con una



Fuente: elaboración propia, con información proporcionada por DROP-FEN SA DE CV, 2019.

**Figura 1.** Funcionamiento de lluvia sólida\* (poliacrilato de potasio).

serie de datos acerca del 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 y corroborados con productores involucrados de manera directa en esta actividad.

Los datos, fueron compilados 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

**Cuadro 1.** Top 10 en volumen de producción de aguacate en México, años 2012 a 2017.

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.

**Cuadro 2.** Estimaciones para producción y exportación de aguacate en México, de 2012-2017.

	2012-2017 Comercio Exterior Aguacate		
	Importaciones	Exportaciones	Balanza comercial
Volumen (t)	1,099.0	1,003,002	1,001,903
Valor (millones de USD)	2.9	2,961	2,958

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

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 consistió 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, se consideró un precio medio rural de \$23,076.92 MXN/ton (SIAP; SAGARPA, 2018). La tasa de descuento, que se refiere al índice de rendimiento utilizado para descontar futuros flujos de efectivo a su valor actual, fue de 15%, considerando una tasa de interés real de 5% y un riesgo de 10%. La Banca de Desarrollo usa tasas de descuento que van de 12% a 16% (BANXICO, 2019).

Se utilizaron series de datos oficiales de los precios nominales de aguacate var. HASS PRIMERA (pesos (\$) M.N., 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).

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 el ejemplo se considera:

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

donde  $I$ : inversión inicial en el año 0 = - \$1,120,000.00;  $FC_i$ : flujo de efectivo para el momento  $i$ =\$3,000,200.00, 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)=15%;  $t$ : tiempo de duración del proyecto 4 años.

VAN= \$1,880,200.00.

R B/C = 3.6.

TIR = 42%.

Una vez teniendo estos valores, 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. 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 (Mascareñas, 2005).

En la tercera etapa de la aplicación de la metodología de opciones reales, se consideraron 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, se calcula la tasa de movimiento continua de los precios reales del proyecto (TMP), que se obtiene del logaritmo natural de 1 más la tasa discreta  $(1+r)$ .

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

donde  $\ln$ : logaritmo natural;  $P_{t+1}$ : periodo de tiempo + 1;  $P_t$ : periodo de tiempo.

Incorporamos el uso de algunos instrumentos estadísticos como son: Media aritmética ( $\bar{x}$ ), varianza ( $\Gamma^2$ ) y la distribución normal ( $Z$ ). El periodo de los datos es de los años 2000 a 2017. La media aritmética ( $\bar{x}$ ) es el promedio esperado de una serie de datos en un periodo, que se obtiene usando la siguiente fórmula cuando 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.

$$\frac{\text{Tendencia del crecimiento de la rentabilidad}}{\text{MEDIA } (\bar{x})} = 0.047595$$

La varianza ( $\Gamma^2$ ) es el segundo momento de la dispersión de un conjunto de datos (Fisher, 1925). Se interpreta como el indicador de la volatilidad de los precios.

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

donde  $\Gamma^2$ : varianza;  $x_i$ : valor de la variable en el periodo  $i$ ;  $\bar{x}$ : media;  $n$ : número total de periodos.

$$\frac{\text{Volatilidad}}{\text{VARIANZA } (\Gamma^2)} \\ 0.082124$$

La desviación estándar con logaritmos naturales ( $\Gamma$ ); se refiere a 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.

$$\frac{\text{Riesgo}}{\text{DESVIACIÓN ESTÁNDAR } (\Gamma)} \\ 0.286573$$

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  $\mu$  y varianza finita ( $\Gamma^2$ ), entonces la forma límite de la distribución será:

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

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 permitió obtener como resultado el comportamiento para el primer año del proyecto.

$$\begin{aligned} \text{Cuando los precios suben y nos va bien en el proyecto} &= \text{up} \quad (\mu) = \ell = \ell^{0.282563} = 1.33186 \\ \text{Cuando los precios bajan y nos va mal en el proyecto} &= \text{down} \quad (d) = \ell^{-} = \ell^{-0.282563} = 0.75083 \end{aligned}$$

donde  $\ell$ : número  $E$  o valor de Euler  $\approx 2.718281828$ . Una constante, base de los logaritmos naturales.

Como parte del análisis, hacemos hincapié en el cálculo del VAN, que consiste en traer todos los flujos de caja al momento presente descontándolos a un tipo de interés determinado. 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 vamos a conocer con cuál de ellas vamos a obtener una mayor ganancia, así que se utiliza para la valoración de distintas opciones de inversión.

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

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.

De esta forma, considerando una tasa de interés real libre de riesgo, como la tasa de rendimiento real de un bono gubernamental, con un 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 =  $\mu V_0$  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:

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

Probabilidad de subir  $p = 0.5149$ .

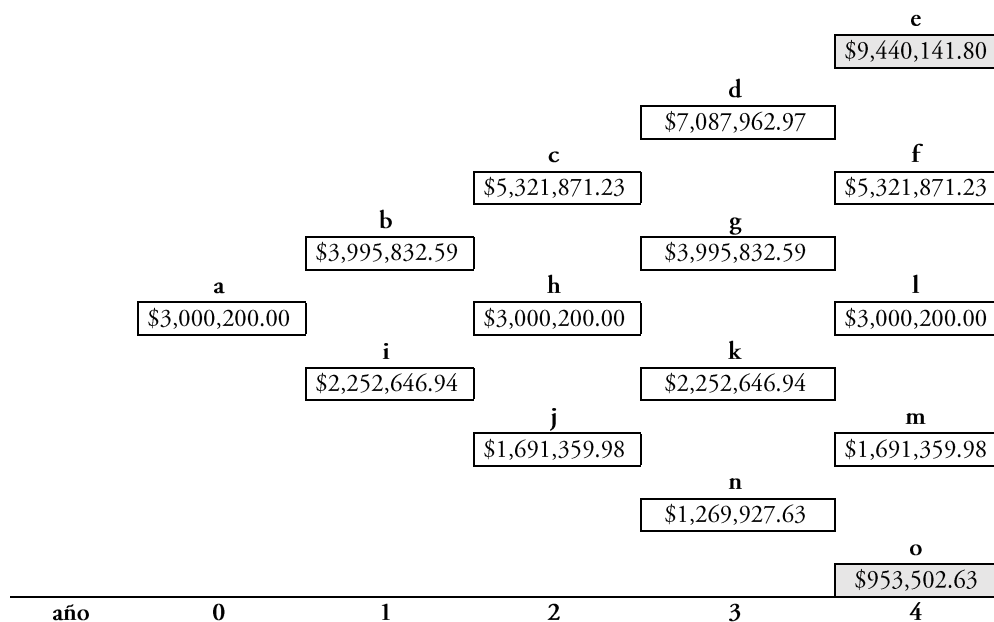
Probabilidad de bajar  $1-p = 0.4851$ .

Replicando 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  $\mu$  o por la  $d$ . 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 2.

Así, se calcula la probabilidad de llegar a cada nodo del año 4, permitiendo graficar estos valores y observando que la curva de distribución se aproxima a una normal; entre 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, para nuestro ejemplo los datos son  $n$ : número de nodos en el año en cuestión, contando de arriba para abajo para terminar en  $n=0$ , ejemplo para el año 4 hay 5 nodos ( $n=4, 3, 2, 1, 0$ );  $t$ : total de periodos 4 años (estadísticamente 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).



Fuente: elaboración propia.

**Figura 2.** Valor presente del proyecto con riesgo o volatilidad de precios.

Valor	Probabilidad
\$9,440,141.80	7.03%
\$5,321,871.23	26.49%
\$3,000,200.00	37.43%
\$1,691,359.98	23.51%
\$953,502.63	5.54%
	100%

Como se aprecia en el Cuadro 3, la suma de las probabilidades es 1, pues se tienen todas las posibilidades donde podemos estar en el año 4. La curva de distribución se aproxima a una normal (Copeland, 2003).

Hasta esta parte, 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.

Para el ejemplo, se supondrá que, en el año 2, si las cosas van mal, nos encontramos en el nodo (Vj) = \$1,691,359.98, así que, la opción real que se tendría para el proyecto, sería invertir en incorporar el *poliacrilato de potasio*, en el proceso productivo del aguacate, esto es, una diferenciación del producto a partir del segundo año, como se observa en la Figura 3.

**Cuadro 3.** Probabilidad de llegar a cada uno de los nodos.

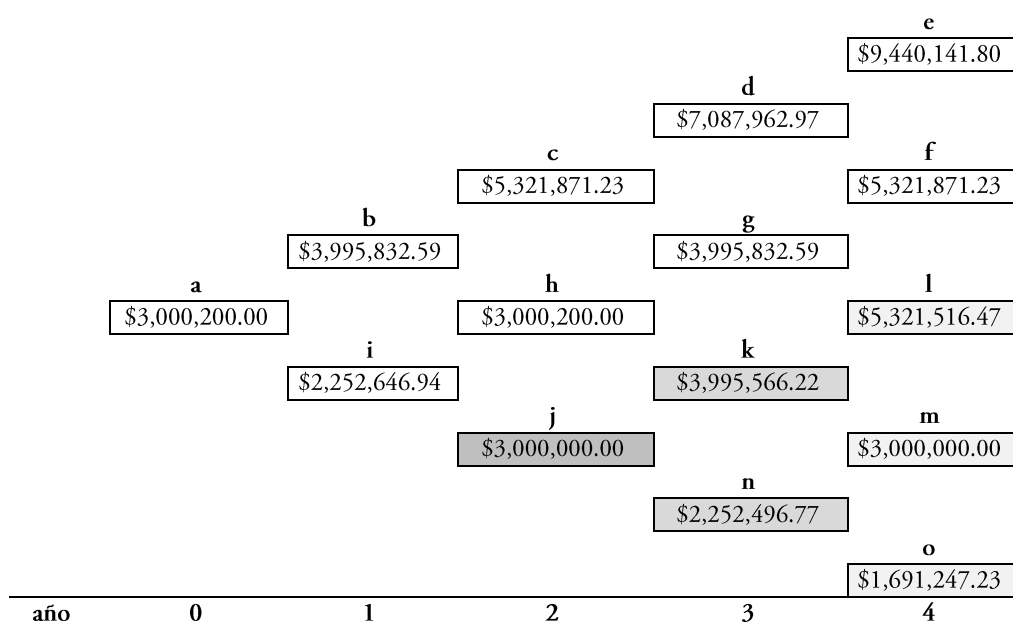
					Probabilidad	Valor	
$\beta(4/4, (0.5149)) =$	De a e, n= 4	$4*3*2*1/4*3*2*1$	$(0.5149)^4$	$(0.4851)^0$	0.0703	7.03%	\$9,440,141.80
$\beta(3/4, (0.5149)) =$	De a f, n= 3	$4*3*2*1/1*3*2*1$	$(0.5149)^3$	$(0.4851)^1$	0.2649	26.49%	\$5,321,871.23
$\beta(2/4, (0.5149)) =$	De a l, n= 2	$4*3*2*1/2*1*2*1$	$(0.5149)^2$	$(0.4851)^2$	0.3743	37.43%	\$3,000,200.00
$\beta(1/4, (0.5149)) =$	De a m, n= 1	$4*3*2*1/3*2*1*1$	$(0.5149)^1$	$(0.4851)^3$	0.2351	23.51%	\$1,691,359.98
$\beta(0/4, (0.5149)) =$	De a o, n= 0	$4*3*2*1/4*3*2*1$	$(0.5149)^0$	$(0.4851)^4$	0.0554	5.54%	\$953,502.63
Suma					1.0000	100.00%	

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con la ficha técnica de Lluvia Sólida® (poliacrilato de potasio) y con las pruebas realizadas en campo para diversos cultivos extensivos como árboles y pastos, se está dispuesto a realizar una inversión de \$225,000.00 M.N. (costo del insumo) para su aplicación en las 10 ha que son el objeto de este estudio. Con esta alternativa, se espera que el proyecto genere un flujo de efectivo de \$3,000,000.00 M.N. a partir de ese año, se forma el árbol binomial a partir del año 2. El foco de atención serán los nodos: j, k, l, m, n, o. La probabilidad de estar en el  $V_j$  en el segundo año es  $(0.4851)^2 = p = (0.4851)(0.4851) = 0.2353$ .

La decisión de SI diferenciar el producto tiene una probabilidad de 24% = 0.235, adoptar la tecnología.

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



Fuente: elaboración propia.

**Figura 3.** Árbol binomial con inversión a partir del año 2.

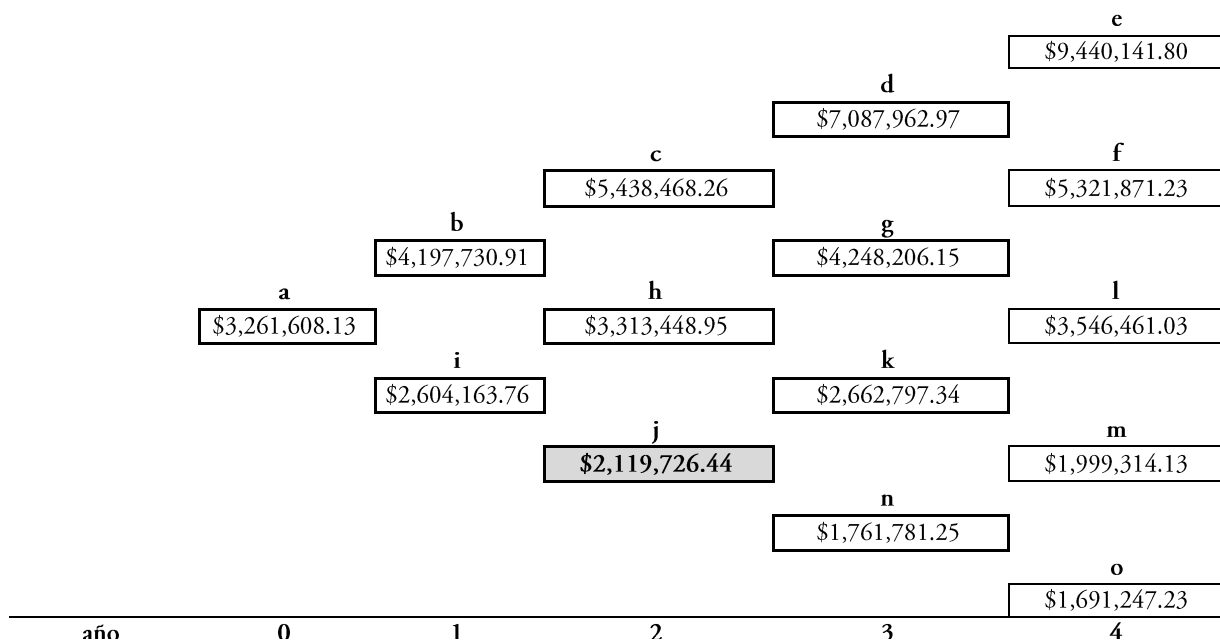
De esta forma, se vuelve a calcular el valor de cada nodo que se empalma, la regla general será escoger el mayor valor (sin o con diferenciación) y donde hay empalme se pondera por la probabilidad de ocurrencia de la diferenciación (Brambila, 2011).

Tomando en cuenta que, para nuestro ejemplo decidimos diferenciar en Vj. Esto es, para llegar al nodo Ve, no se escoge diferenciar, pero para Vo, si optamos por diferenciar puesto que MÁX (\$1,691,247.23, \$953,502.63). El cálculo de los otros nodos se aprecia en la Figura 4.

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

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). Considerando los siguientes valores para cada nodo:



Fuente: elaboración propia.

**Figura 4.** Nuevo árbol binomial, con la opción de inversión de \$225,000.00 M.N. del año 2.

$$\begin{aligned}V_d &= \$7,087,962.97 \\V_g &= \$4,248,206.15 \\V_k &= \$2,662,797.34 \\V_n &= \$1,761,781.25 \\V_c &= \$5,438,468.26 \\V_h &= \$3,313,448.95 \\V_j &= \$2,119,726.44 \\V_b &= \$4,197,730.91 \\V_i &= \$2,604,163.76 \\V_a &= \$3,261,608.13\end{aligned}$$

Así, el flujo de efectivo, a valor presente del proyecto con la opción de invertir es: \$3,261,608.13 y sin la opción es \$3,000,200.00. La opción de invertir en el año 2 vale hoy \$261,408.13. El valor Actual Neto es ahora de \$1,937,526.50, lo que eleva el valor del proyecto en \$57,326.50.

#### **Opción real de compra (call), de ampliación**

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 quienes 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 (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. Este modelo recibió el premio Nobel de economía en 1997.

Supuestos de partida que el modelo tiene en cuenta y que enumeraremos a continuación: No hay costes 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, 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, cambiar (Mun, 2002).

Si el proyecto ya en marcha resulta tener excelentes resultados, el gerente o productor puede decidir por ampliarse, adquirir empresas que competían con él, 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:

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

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

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

donde  $C = \$1,545,330.50$ , valor de la opción real de compra (call);  $S = \$3,000,200.00$ , (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);  $\Gamma = 0.2865730$ , desviación estándar de los datos de la tasa de movimiento continua de los precios o ingresos reales;  $N(d_1) = 0.9090$ . Probabilidad a buscar en la tabla de valores  $Z$ , ( $d_1 = 1.3346$ );  $N(d_2) = 0.7182$ . Probabilidad a buscar en la tabla de valores  $Z$ , ( $d_2 = 0.5777$ ).

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. Véase la Figura 5.

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

$$P = \$190,535.45.$$

$S = \$3,000,200.00$ . 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.

$N(-d_1) = 0.0910$ . Probabilidad de buscar la tabla de valores  $Z$ .

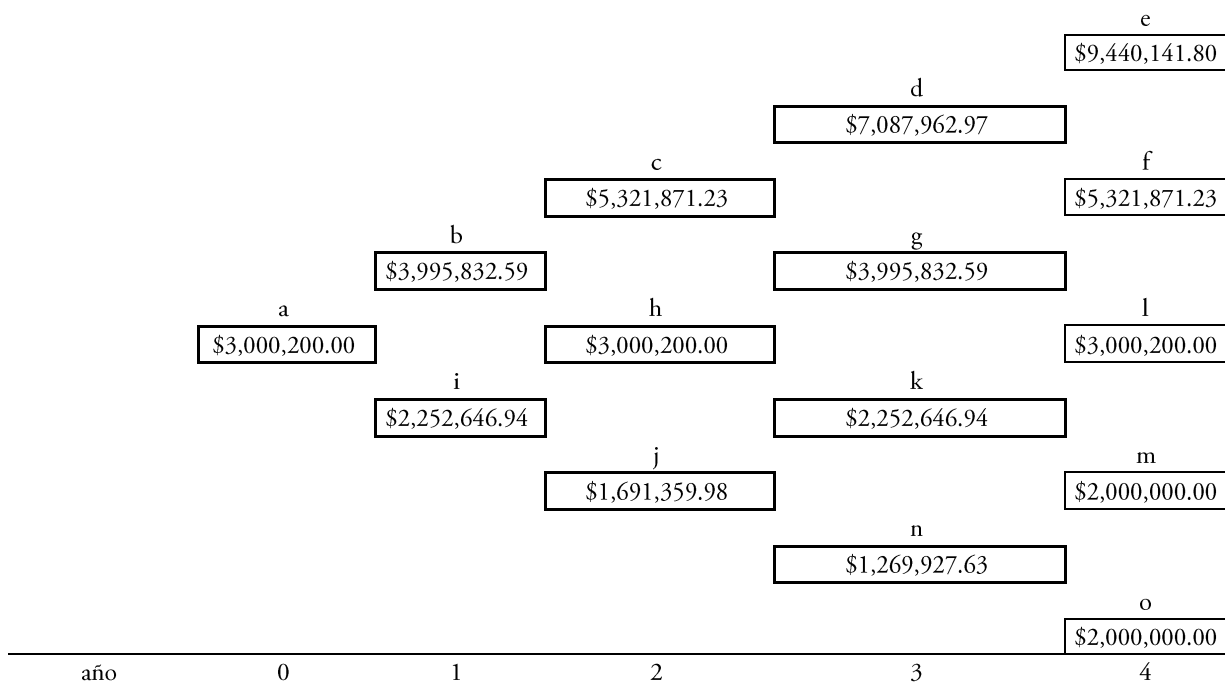
$N(-d_2) = 0.2818$ . Probabilidad de buscar en la tabla de valores  $Z$ .

Operación de comprobación, para verificar que los cálculos son correctos:  $C - P = S - Ke^{-rt}$

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

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

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



Fuente: elaboración propia.

**Figura 5.** Nuevo árbol binomial, con la opción de Compra (call), de ampliación, en el año 4.

el Estado de Michoacán, en un escenario inicial el rendimiento promedio en una huerta de aguacate de la zona fue determinado en 11 t/ha y de acuerdo con las pruebas realizadas, con la aplicación del polímero se obtuvo un incremento de cerca 30%, esto es, 14.3 t/ha, indicándose además que el peso del fruto incrementó de 315 g a 400 g.

En el Cuadro 4, se puede observar información relevante acerca del impacto que el uso de esta tecnología ha tenido en cuanto a litros de agua requeridos semanalmente en la plantación, tiempo de funcionamiento del sistema de riego, porcentaje de aborto en la flor, peso del fruto, ahorro en fertilizante y producción por árbol.

Estos resultados están en concordancia con otros estudios realizados, es el caso de Xun-Liu *et al.* (2015), que examinó el efecto del poliacrilato de potasio (K-PAM) sobre el contenido de agua del suelo y los cambios fisiológicos del pasto bermuda (*Cynodon dactylon*) en invernadero, los resultados que se obtuvieron mostraron que la incorporación de K-PAM aumentó el contenido de agua del suelo y la tasa de supervivencia del pasto. El análisis de parámetros fisiológicos mostró que el tratamiento con K-PAM resultó en una disminución del daño de la membrana celular a través de la modulación de los contenidos de fuga de electrolito (EL) y malondialdehído (MDA) en el pasto. Las plantas cultivadas con K-PAM acumularon una mayor cantidad de proteínas y prolina en condiciones de estrés, indicando que la aplicación de K-PAM aumentó efectivamente el contenido de agua del suelo y mejoró el crecimiento de bermuda en condiciones de estrés por sequía.

**Cuadro 4.** 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 g
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 y ahorros de 65%.
El estrés hídrico en la planta provocaba 60% del aborto de la flor.	80% de la flor permaneció en el árbol, y solo abortó 20%.
El peso por aguacate fue de aproximadamente 315 g.	El peso por aguacate fue de aproximadamente 400 g. Ahorro en el fertilizante de 30%.
La producción por árbol fue de 300 kg.	La producción por árbol fue de 550 kg.

Fuente: elaboración propia, con información proporcionada por DROP-FEN SA DE CV, 2019.

Un valor positivo VAN > 0 (\$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 Paz, 2011). Con un precio medio rural de \$ 23,076.00 MXN/t, que, en contraste con los costos, genera una ganancia de \$ 165,769.23 anual/ha; así, la inversión inicial en el año 0, es de \$1,120,000.00, con un flujo de efectivo de \$3,000,200.00, a una tasa de descuento de 15% y como un periodo de evaluación de proyecto de 4 años, se tiene un 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 \$3,261,608.13.

La opción de invertir en el año 2 vale hoy \$261,408.13. El valor Actual Neto (VAN) es ahora de \$1,937,526.50, lo que eleva el valor del proyecto en \$57,326.50.

Los resultados mostrados sobre esta evaluación financiera son compatibles con otras investigaciones realizadas, en el caso de 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 25 y 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 del modelo binomial) en la evaluación de 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 a pesar del resultado cuando el VAN se revela negativo en el inicio y al incorporar algunas opciones incluidas en el proyecto, el mismo se hizo viable.

Chávez O., (2004) concluye en su estudio sobre métodos alternativos de evaluación de proyectos, 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 que disminuirá la incertidumbre y riesgo del mismo.

De esta manera, la metodología de opciones reales, específicamente con el modelo de Black-Scholes y Merton (Nobel de economía, 1997) permite hacer un análisis económico-financiero de la implementación de un proyecto; esto bajo diferentes escenarios, por ejemplo, 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 en el flujo de efectivo que se genera a lo largo de un determinado horizonte y así se puedan definir diferentes alternativas (opciones) en relación al proyecto.

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En cuanto a los hallazgos más destacados de esta la investigación, se tiene que, habiendo realizado una evaluación del proyecto de forma tradicional, resulta mucho mayor el panorama mostrado con la metodología de opciones reales, ya que es donde se puede apreciar 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.

De entre las grandes ventajas del estudio financiero con opciones reales, se encuentran que es posible incorporar todos los escenarios en el análisis, como las probabilidades de éxito o de fracaso y regresar a la etapa en la que un productor o inversionista decide invertir o no en el proyecto, mostrando de manera más completa las diferentes opciones que se tendrían en las distintas fases para el proyecto, diferir o posponer la inversión, ampliar, reducir, abandonar, seguir o cambiar.

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 polímero a partir del 2do. año del proyecto.

Queda comprobada la hipótesis planteada al inicio, al demostrarse la viabilidad desde el punto de vista financiero, del uso de lluvia sólida (*poliacrilato de potasio*) y como una alternativa de riego sostenible en el cultivo de aguacate (*Persea americana* Mill.) en el Estado de Michoacán, ya que, de acuerdo con los datos presentados, el uso del polímero aumentó la eficiencia en el uso del agua en 50%, lo cual, se traduce en una disminución en costos de hasta 65% y aumento en la productividad agrícola en 30%, generando así mayores beneficios para el productor e inversionista.

En un escenario inicial el rendimiento promedio en una huerta de aguacate de la zona fue determinado en 11 t/ha. y de acuerdo con las pruebas realizadas, con la aplicación del polímero se obtuvo un incremento de cerca de 30%, esto es, 14.3 t/ha, indicándose además que el peso del fruto incrementó de 315 g a 400 g.

En cuanto a la reducción en los costos se tienen ahorros de hasta 65% en términos monetarios, derivado de un menor tiempo de funcionamiento del sistema de riego usando

bomba de diésel, una reducción en litros de agua requeridos de manera semanal, de 80 a 40, así como un ahorro en fertilizante de 30%; además de que el estrés hídrico en la planta provocaba 60% del aborto de la flor, en comparación con el uso del polímero, donde 80% de la flor permaneció en el árbol, esto significó 20% de aborto.

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.

Como futura extensión de este trabajo, podría plantearse como la base de estudios para una evaluación de impacto en organizaciones públicas como, por ejemplo, en la gestión de políticas públicas que hagan posible la adopción de esta tecnología por parte de pequeños y grandes productores agrícolas, incentivando que haya un incremento en la productividad, principalmente en zonas de temporal donde la escasez del agua causa gran estrago y abandono de tierras. 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.

## REFERENCIAS

### Fuentes Bibliográficas

- Black F, Scholes M. 1972. The valuation of Options Contracts and a Test of Marquet Efficiency. *Journal of finance*. p: 399-418.
- Black F, Scholes M. 1973. The pricing of options and corporate liabilities. *Journal of Political Economy*. p: 637-654.
- Brambila JJ. 2006. En el umbral de una agricultura nueva. (1ra. Edición). Universidad Autónoma Chapingo, México.
- Brambila JJ. 2011. Bioeconomía: Instrumentos para su análisis económico. (1ra. Edición). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, México. p: 183-296.
- Brambila JJ, Martínez MÁ, Rojas MM, Pérez V. 2013. La bioeconomía, las biorefinerías y las opciones reales: el caso del bioetanol y el azúcar. *Agrociencia*. Vol. 27, número 3. México.
- Cantú M, Garduño H. 2004. Administración de derechos del agua: de regularización a eje de la gestión de los recursos hidráulicos.
- Chávez JE. 2004. Evaluación de proyectos planificación estratégica. Universidad Francisco Marroquín, Guatemala.
- Copeland TE, Antikarov V. 2003. Real options: a practitioner's guide. New York: Thomson/Texere.
- Cortés AFI. 2004. El agua en México y su perspectiva científica y tecnológica, en *El agua en México: una vista desde la academia*, B. Jiménez Cisneros. Academia Mexicana de Ciencias. México.
- Fisher RA. 1970. *Statistical methods for research workers*. 14. Aufl., Oliver and Boyd. XIII, (362). Edinburgh, London.
- Garza LE. 2013. Fundamentos e Instrumentación de la Economía basada en el Conocimiento. (1ra. edición). Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, México.
- Hernández SR, Fernández CC, Baptista LP. 2003. Metodología de la investigación. (3ra. ed). México. Mc Graw-Hill.
- Jiménez B, J Alcocer. (coords). *El agua en México Vista Desde la Academia*. México: Academia Mexicana de

- Ciencias. pp: 271-288.
- Mascareñas J. 2005. La valoración de un proyecto de inversión biotecnológico como una opción real compuesta. Monografías de Juan Mascareñas sobre Finanzas Corporativas, número 34.
- Merton RC. 1973. Theory of rational option pricing. *Bell Journal of Economics and Management Science* (4). (p. 141-183).
- Mun J. 2002. Real options analysis: Tools and Techniques for valuing strategic investments and decisions. John Wiley and Sons. New York
- Norton GW, Davis JS. 1981. Evaluating returns to agricultural research: A review. *American Journal of Agricultural Economics* 63 (4). (685-699).
- Robinson LJ, Bary P J. 1987. The Competitive firm's response to risk. New York, Macmillan Publishing Company.
- Rubenstein M. 1998. Edgeworth Binomial Trees. *Journal of Derivatives* 5(3). p: 20-27.
- Stevenson W. 1981. Estadística para Administración y Economía. Ed. Harla S.A de C.V. México.
- Torero M. 2010. Agricultural Price Volatility: Prospects, Challenges and Possible Solutions. Presentación en Seminario Agricultural price volatility: prospects, challenges and possible solutions. España.
- Walpole RE, Myers RH. 1992. Probabilidad y estadística. (4ta. ed.). EUA. McGraw-Hill.

#### Fuentes de Sitios Web

- 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>
- CEPAL. 2014. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. **World Economic Situation and Prospects, 2014**. Recuperado de: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/74616/9\\_Perspectivasagosto2015.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/74616/9_Perspectivasagosto2015.pdf)
- CEPAL. 2015. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. 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](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](http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues_papers/Issues_papers_SP/La_agricultura_mundial.pdf)
- 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](http://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](http://www.inegi.gob.mx).
- INEGI. (2019). Inflación Anual. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/app/indicesdeprecios/Estructura.aspx?idEstructura=112001300030andT=%C3%8Dndices%20de%20Precios%20al%20ConsumidorandST=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](http://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. 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>
- 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\\_Nacional\\_2017-2030\\_-\\_parte\\_uno.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/255627/Planeaci_n_Agr cola_Nacional_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\\_Nacional\\_2017-2030\\_-\\_parte\\_dos.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/255625/Planeaci_n_Agr cola_Nacional_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\\_Nacional\\_2017-2030\\_-\\_parte\\_tres.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/255626/Planeaci_n_Agr cola_Nacional_2017-2030_-_parte_tres.pdf)
- 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](https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2018/Atlas-Agroalimentario-2018)
- SIACON. 2017. Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta. 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](http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenDelegacion.do)
- SIAMI. 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. 2017. Sistema Nacional de Información de Mercados. 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. Recuperado de: <https://www.worldbank.org>
- UNHCR ACNUR. 2019. La Agencia de la ONU para los refugiados, comité español. Escasez de agua en el mundo: causas y consecuencias. Recuperado de: <https://eacnur.org/blog/escasez-de-agua-en-el-mundo-causas-y-consecuencias/>