



# **COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE SOCIOECONOMÍA, ESTADÍSTICA E INFORMATICA ECONOMÍA

## **ENFOQUE DE OPCIONES REALES COMO ALTERNATIVA DE VALORACIÓN FINANCIERA PARA EMPRESAS INNOVADORAS (*STARTUP*) DEL SECTOR BIOECONOMÍA**

**LIZBETH COBIAN ROMERO**

**T E S I S**

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:

**DOCTORA EN CIENCIAS**

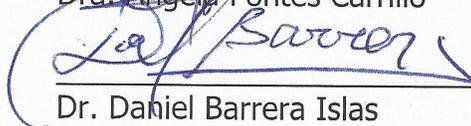
MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO

2017

La presente tesis titulada: **Enfoque de Opciones Reales como Alternativa de Valoración Financiera para Empresas Innovadoras (Startup) del Sector Bioeconomía**; realizada por la alumna: **Lizbeth Cobián Romero**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**DOCTORA EN CIENCIAS  
SOCIOECONOMÍA ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA  
ECONOMÍA**

**CONSEJO PARTICULAR**

CONSEJERA	 Dra. Graciela Margarita Bueno Aguilar
ASESOR	 Dr. José Jaime Arana Coronado
ASESORA	 Dra. Angela Fontes Carrillo
ASESOR	 Dr. Daniel Barrera Islas
ASESORA	 Dra. Mercedes Borja Bravo

Montecillo, Texcoco, Estado de México, marzo de 2017

# **ENFOQUE DE OPCIONES REALES COMO ALTERNATIVA DE VALORACIÓN FINANCIERA PARA EMPRESAS INNOVADORAS (*STARTUP*) DEL SECTOR BIOECONOMÍA.**

**Lizbeth Cobián Romero, D.C.  
Colegio de Postgraduados, 2017**

## **RESÚMEN**

En esta nueva economía caracterizada por el cambio y la incertidumbre, surgen empresas innovadoras denominadas startup que no cuentan con los datos necesarios para ser evaluadas correctamente a través de metodologías convencionales. El objetivo del presente estudio es determinar e integrar al análisis tradicional el valor de la flexibilidad técnica de una startup biotecnológica que produce suplementos alimenticios de alga spirulina (*Arthrospira platensis*) y el valor de la flexibilidad de diferenciación a otra empresa biotecnológica también que puede elegir entre producir stevia orgánica o fermentada con el fin de mejorar la viabilidad y economía de ambos proyectos. Para lograr lo anterior, se emplea la teoría de opciones reales (ROA) mediante el modelo binomial de Cox, Ross y Rubinstein y la hipótesis de "Market Asset Disclaimer" de Copeland y Antikarov. Los resultados muestran que la flexibilidad contenida, permitió un aumento de valor y por consiguiente la viabilidad económica de llevar a cabo la inversión en ambas compañías. Esta opcionalidad no hubiese podido ser considerada con el método de flujo de caja descontado. Adicionalmente se concluye que utilizar el ROA deriva en una estimación más certera de la apreciación real de las startups en el mercado.

Palabras claves: Opciones reales. Startup biotecnológica. Flexibilidad. Modelo Binomial.

# **REAL OPTION APPROACH AS A FINANCIAL VALUATION ALTERNATIVE FOR BIOTECH STARTUPS.**

**Lizbeth Cobián Romero, D.C.  
Colegio de Postgraduados, 2017**

## **ABSTRACT**

In the new economy, characterized by change and uncertainty, arise innovative companies called startups that do not have the necessary data to be properly valued by conventional methods. The aim of this study is to determine and integrate to the traditional analysis, the value of the technical flexibility of a biotech startup company that produces spirulina algae (*Arthrospira platensis*) food supplements and the value of the flexibility granted by products differentiation of another biotech company that can choose between producing organic or fermented stevia in order to improve the viability and economics of both projects. To do this, it is used real options theory by means of the binomial model of Cox, Ross and Rubinstein, and the hypothesis of "Market Asset Disclaimer" of Copeland and Antikarov. The results show that the flexibility, allowed an increase of value, and therefore, the economic feasibility of carrying out the investment in both companies. This optionality would not have been captured by the discounted cash flow method. Additionally, it is concluded that to use real options theory results in a more accurate estimate of the real appreciation of the biotech startups in the market.

Keywords: Real options. Biotechnology startup. Flexibility. Binomial model.

## AGRADECIMIENTOS

**Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)**, por proporcionarme el soporte financiero que me permitió realizar los estudios de Doctorado en Ciencias.

**Al Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo**, por haberme aceptado en su plantilla de estudiantes y ser el espacio en el que pude llevar a cabo mi proyecto de investigación. Por la excelencia de sus académicos y el apoyo del personal administrativo, gracias.

**A los integrantes de mi Consejo Particular:** Dra. Graciela, Dr. Arana, Dra. Ángela, Dr. Daniel, Dra. Mercedes y Dr. Arjona. Mi formación y mi investigación, estarían incompletas sin ustedes. Gracias por compartir su tiempo y ser mis guías durante este largo camino del aprendizaje.

**A Ponchito**, por ser mi motivación, mi fortaleza y mi felicidad. Gracias por todo el apoyo, por compartir tu vida conmigo y por ser mi compañero en esta gran aventura del doctorado. ♥



## CONTENIDO

RESÚMEN.....	iii
ABSTRACT .....	iv
LISTA DE IMÁGENES.....	viii
LISTA DE TABLAS.....	viii
<b>CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>1</b>
1.1 INTRODUCCIÓN.....	2
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	4
1.3 OBJETIVOS .....	5
1.4 HIPÓTESIS .....	6
1.5 METODOLOGÍA.....	6
1.5 REVISIÓN DE LITERATURA .....	6
<b>CAPÍTULO 2 .....</b>	<b>10</b>
2.1 EMPRESAS EMERGENTES/STARTUP .....	11
2.1.1 Definición.....	11
2.1.2 Importancia de las empresas startup para el desarrollo económico .....	12
2.2 BIOECONOMÍA.....	15
2.2.1 Definición.....	15
2.2.2 Importancia.....	17
2.2.3 Retos .....	17
<b>CAPÍTULO 3 .....</b>	<b>19</b>
3.1 LA VALORACIÓN DE LOS PROYECTOS DE INVERSIÓN .....	20
3.1.1 Conceptos generales.....	20
3.1.2 Los proyectos bioeconómicos .....	21
3.1.3 Incertidumbre y riesgo en los proyectos de inversión .....	22
3.1.4 La flexibilidad operativa .....	22
3.2 EL MÉTODO DE FLUJOS DE CAJA DESCONTADOS (DFC) .....	23
3.2.1 Valor Presente y Valor Actual Neto del Proyecto. ....	23
3.3 TEORÍA DE LAS OPCIONES .....	25
3.3.1 Las opciones financieras.....	25
3.3.1.1 Definición.....	26
3.3.1.2. Tipos de Opciones.....	27
3.3.2 Las opciones reales .....	28
3.3.2.1 Definición.....	29
3.4 TIPOS DE OPCIONES REALES.....	29
3.3.2.1 Opciones de crecimiento .....	30

3.3.2.2 Opciones de diferir/aprender .....	30
3.3.2.3 Opciones de abandono .....	31
3.5 EL CÁLCULO DE LAS OPCIONES .....	33
3.5.1 Ecuación Black Scholes. ....	33
3.5.1.1 Origen y Supuestos del Modelo .....	33
3.5.1.2 Cálculo de la Ecuación .....	34
3.5.2 Árboles binomiales. ....	35
3.5.2.1 Antecedentes y Supuestos .....	35
3.5.2.2 Cálculo del modelo .....	36
3.5.2.3 Árbol Binomial con Opción de Flexibilidad Técnica.....	38
3.5.2.3 Árbol Binomial con Flexibilidad de Diferenciación.....	39
3.6 VALOR ACTUAL NETO TOTAL.....	40
3.7 CRÍTICAS AL MÉTODO DE OPCIONES REALES.....	41
3.8 DETERMINACIÓN DE LA VOLATILIDAD.....	42
3.8.1 Concepto de volatilidad .....	42
3.8.2 Distribución estadística en las opciones .....	43
3.8.3 Estimación de la volatilidad .....	44
3.8.3.1 Volatilidad histórica.....	44
3.8.3.2 Volatilidad implícita.....	49
3.8.3.3 Volatilidad futura.....	50
3.8.4 Volatilidad en el caso de las opciones reales.....	50
<b>CAPÍTULO 4 .....</b>	<b>52</b>
4.1 VALORACIÓN FINANCIERA EMPRESA 1: ALGA SPIRULINA .....	53
4.1.1 Descripción de la empresa .....	53
4.1.2 Metodología.....	54
4.1.2.1 El Valor Actual Neto .....	55
4.1.2.2 Análisis Con Opciones Reales del Proyecto .....	57
Tipos de Opciones Reales en el Proyecto Analizado.....	57
4.1.2.3 Cálculo de la Volatilidad .....	57
4.1.2.4 Método Binomial de Valoración de Opciones.....	59
4.1.2.5 Resultados y VAN Total .....	63
4.2 VALORACIÓN FINANCIERA EMPRESA 2: STEVIA .....	64
4.2.1 Descripción de la empresa .....	64
4.2.2 Metodología.....	66
4.2.3 Análisis con Opciones Reales del Proyecto .....	68
Tipos de Opciones Reales en el Proyecto Analizado.....	68
4.2.2.3 Cálculo de la Volatilidad .....	68

4.2.2.4 Método Binomial de Valoración de Opciones.....	70
4.2.2.5 Resultados y VAN total.....	77
<b>CAPÍTULO 5 .....</b>	<b>78</b>
5.1 CONCLUSIONES.....	79
5.2 RECOMENDACIONES.....	79
<b>LITERATURA CITADA .....</b>	<b>80</b>

## LISTA DE IMÁGENES

	Título	Pág.
<b>Imagen 1.</b>	Tipos de opciones reales.....	32
<b>Imagen 2.</b>	Árbol binomial del activo subyacente.....	37
<b>Imagen 3.</b>	Árbol binomial del subyacente a 4 años.....	39
<b>Imagen 4.</b>	Árbol del subyacente con probabilidad de fracaso a partir del año 2.....	39
<b>Imagen 5.</b>	Árbol binomial con opción de diferenciación.....	40
<b>Imagen 6.</b>	Comparativo entre distribución normal y lognormal.....	44
<b>Imagen 7.</b>	Previsión de Z, proyecto alga spirulina.....	59
<b>Imagen 8.</b>	Árbol del activo subyacente, proyecto alga spirulina.....	60
<b>Imagen 9.</b>	Árbol binomial del subyacente con opción técnica.....	61
<b>Imagen 10.</b>	Árbol de valoración binomial con opción técnica.....	62
<b>Imagen 11.</b>	Desviación estándar de la distribución de los rendimientos, proyecto stevia.....	70
<b>Imagen 12.</b>	Árbol binomial del activo subyacente, proyecto stevia.....	72
<b>Imagen 13.</b>	Árbol del subyacente con diferenciación a partir del año 2.....	73
<b>Imagen 14.</b>	Árbol del subyacente completo con diferenciación.....	75
<b>Imagen 15.</b>	Árbol de valoración binomial con opción de diferenciación de producto.....	76

## LISTA DE TABLAS

	Título	Pág.
<b>Tabla 1.</b>	Cálculo de la volatilidad anual a partir de los datos de las acciones de la empresa "X".....	48
<b>Tabla 2.</b>	Flujo de caja con estimación del rendimiento, alga spirulina.....	56
<b>Tabla 3.</b>	Proporción de aumento en el valor del proyecto, alga spirulina.....	57
<b>Tabla 4.</b>	Parámetros del cálculo del ROA, proyecto alga spirulina.....	59
<b>Tabla 5.</b>	Flujo de caja con estimación del rendimiento, stevia.....	67
<b>Tabla 6.</b>	Parámetros del cálculo del ROA, proyecto stevia.....	71

# CAPÍTULO 1

## 1.1 INTRODUCCIÓN

Hasta hace algunos años, los modelos que se desarrollaban para la valoración de proyectos de inversión consideraban un entorno lo suficientemente estable como para proyectar con cierta certeza lo que podría suceder durante el tiempo que durara un proyecto (Calle y Tamayo, 2009). Ahora, en esta nueva economía, el desarrollo tecnológico, la investigación y la innovación constante han propiciado un mercado más dinámico y competitivo, pero también más inestable, de manera que los modelos tradicionales no pueden operar correctamente frente a esta nueva realidad.

En este escenario de incertidumbre, surge un nuevo tipo de empresas, las denominadas “startups” que, a diferencia de las compañías convencionales, se basan en la innovación. Las startups apoyan el cambio estructural en la economía al introducir nuevos productos y servicios intensivos en conocimiento. Al mismo tiempo, proveen soluciones a problemas emergentes, aportan dinamismo a la productividad del sistema económico y generan oportunidades de empleo de calidad (OCDE, 2013).

A pesar de su importancia, estas compañías presentan ciertas propiedades que dificultan su financiamiento. Son muy inciertas, no hay empresas establecidas con las que se puedan comparar y muchas de ellas tienen un historial de operaciones tan corto que les es imposible demostrar los beneficios que pueden generar.

De entre los diferentes tipos de startups, surge un caso particular cuando el producto proviene del sector biotecnológico. Estos proyectos tienen su base en la tecnología y el uso de ésta para la transformación de los productos genéricos. Ejemplos son biocarburantes, biofibras, nutraceúticos, entre otros, que pueden derivar de maíz, sorgo, algas, etc.

Estas empresas, dadas sus características, presentan un problema de valoración más complejo pues los precios relativos entre productos genéricos y diferenciados son más volátiles (Brambila-Paz y Martínez, 2013). Además, su incertidumbre recae no solamente sobre el valor final del activo una vez terminado el proyecto (como ocurre en las startups de internet, por ejemplo) sino también sobre los altos costos de la inversión. Poseen entonces tanto incertidumbre técnica como de mercado.

García (2014) plantea que, en ese contexto, los financieros “más tradicionales”, tienen grandes reticencias a valorar estos modelos de negocio ya que “No cumplen con requisitos necesarios de información, además son empresas muy inciertas y por lo tanto no se pueden valorar”. Otro tipo de analistas, al darse cuenta de que no son capaces de manejar la incertidumbre en sus valoraciones, se ven tentados a abandonar las herramientas y los criterios de valoración básicos, para recurrir a reglas empíricas o métricas con un rigor muy dudoso (Damoradan, 2009).

Pero los directivos, en su mayoría, se deciden finalmente por aplicar la metodología del Valor Actual Neto (VAN), cuyo origen se deriva de la comparación de proyectos de inversión real con carteras de bonos sin riesgo (Mascareñas, 1999). La premisa de este análisis es simple: cuando el VAN de los flujos de caja futuros es positivo, la inversión se acepta.

Si los flujos de caja se proyectan a partir de un contexto histórico y se conocen las tendencias futuras, este análisis funciona bien, pero en empresas donde no se cumplen los supuestos, la posibilidad de pronosticar con precisión los flujos es escasa. Este enfoque además requiere que proyectos inciertos sean descontados a una tasa alta para reflejar las remotas probabilidades de conseguir la rentabilidad proyectada.

El resultado, según Van Putten y MacMillan (2004) es que, todos los riesgos de la incertidumbre son capturados en la valoración, pero no así ninguna de sus recompensas. Este sesgo inherente puede llevar a los ejecutivos a rechazar oportunidades de negocio inciertas, pero a la vez prometedoras. El desafío, por lo tanto, es calcular ese valor potencial perdido sin dejar de protegerse contra los riesgos de emprender proyectos altamente inciertos.

En este sentido, toma fuerza la teoría de las opciones reales (ROA) ya que es un método de valoración que considera y calcula los beneficios potenciales que aportan el dinamismo y las flexibilidades en los procesos de toma de decisiones. Por tanto, para realizar valoraciones que reflejen la realidad y complejidad de los mercados, se hace necesario complementar el VAN tradicional con el valor del crecimiento potencial determinado por el ROA.

Esta metodología, sin embargo, no ha sido completamente aceptada por los analistas debido a la complejidad de su aplicación. También el resultado depende mucho las habilidades que tenga el analista para la creación de estrategias.

En el presente estudio se plantea el objetivo de evaluar si la adquisición de flexibilidad en proyectos biotecnológicos desestimados, crea el valor suficiente para que se acepte su inversión. Con objeto de llevar a cabo la investigación se realiza la valoración de dos empresas mexicanas. La primera desarrolla tecnología innovadora para el procesamiento de diferentes tipos de algas y produce además un suplemento alimenticio en polvo de alto contenido proteico. La segunda empresa se dedica a la producción de stevia orgánica en invernadero, pero desea incursionar en el mercado de los productos nutraceuticos a través de un fermentado de stevia dirigido a personas que padecen diabetes. La aplicación de la técnica ROA muestra ser ventajosa para la valoración de ambos proyectos.

## 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Es muy distinto valorar y diseñar una empresa con una gran trayectoria, buenos balances y cuenta de pérdidas y ganancias –y que además operan en mercados maduros y conocidos- que empresas con modelos de negocio disruptivos (difíciles de comparar, donde las normas de juego del mercado no están aún claras), globales, inciertas, difíciles de medir y, por lo tanto, “fuera de balance” (García *et al.*, 2015).

Al afrontar la valoración de una empresa, los economistas, parten principalmente de una técnica básica, el valor actual neto (VAN), donde se asume un escenario de flujos de efectivo que se actualiza con una tasa de descuento ajustada al riesgo de la compañía hasta el momento actual.

$$\text{Valor de la compañía} = \text{Valor de los activos utilizados (VAN)}$$

Cuando se trata de valorar una compañía startup, con pérdidas en lugar de ganancias, con poca o ninguna historia y con pocas o ninguna compañía similar que publique datos que puedan utilizarse como comparables, no puede resultar sorprendente que el VAN sea negativo o casi negativo y, por lo tanto, un proyecto potencialmente viable, se rechace. Cuando además la empresa startup se encuentra en un sector también startup, como es el de la bioeconomía, el problema se complica más aún.

Las metodologías tradicionales, al ser aplicadas en este tipo de empresas tan inciertas, o bien no funcionan o dan cifras irreales, debido a que sólo consideran situaciones ideales en las

que el mercado permanece sin cambios; es decir, no toman en cuenta volatilidades ni riesgos, creando una fotografía estática de las oportunidades existentes en ese preciso momento.

El problema en términos estratégicos, es que el análisis tradicional no toma en cuenta la dinámica de que los gerentes pueden tomar decisiones que cambien el rumbo y la forma del proyecto otorgándole a éste, un valor de crecimiento potencial, que a su vez forme parte del VAN (Mascareñas *et al.*, 2004).

Valor de la compañía = Valor de los activos utilizados + Valor de crecimiento potencial

Este valor, sumado al VAN, puede hacer la diferencia entre un proyecto que se acepta y uno que se rechaza.

Para cuantificarlo, se propone en este trabajo de investigación, el uso de metodologías financieras dinámicas que permitan evaluar los riesgos y las oportunidades futuras con objeto de tomar decisiones de inversión lo más fundamentadas posibles dentro de los nuevos escenarios de complejidad e incertidumbre. Éstas son: Opciones Reales y la Simulación Montecarlo.

### 1.3 OBJETIVOS

#### **Objetivo General**

Verificar si la adquisición de flexibilidad en procesos y/o productos, agrega valor a empresas startup bioeconómicas que presentan un VAN negativo.

#### **Objetivos específicos**

- I. Cuantificar el valor de las Opciones de Flexibilidad que poseen dos compañías startup biotecnológicas a través del ROA.
- II. Integrar al análisis tradicional del VAN, el valor de la opción real con el fin de tomar mejores decisiones de inversión y mejorar la factibilidad del proyecto.
- III. Evaluar si el uso de la flexibilidad técnica en los dos proyectos biotecnológicos desestimados, crea el valor suficiente para que se acepte su inversión.

## 1.4 HIPÓTESIS

Startups bioeconómicas con inversiones asociadas a incertidumbres técnicas y de mercado, pueden hacer uso de opciones de flexibilidad en procesos y productos con el fin de incrementar la viabilidad y economía de sus proyectos.

## 1.5 METODOLOGÍA

Esta investigación se basa en la obtención del VAN total, que es la suma del valor de los activos utilizados más el valor del potencial futuro generado mediante la flexibilidad operativa.

El valor de los activos utilizados, se obtiene mediante del VAN tradicional mientras que el potencial de crecimiento, se calcula a través de la metodología opciones reales empleada por Copeland y Antikarov (2001), Brach (2003) y Mascareñas *et al.* (2004) quienes señalan que éstas son el derecho, pero no la obligación de ejercer una acción durante la vida del proyecto.

El modelo Binomial de Cox, Ross y Rubinstein (Cox *et al.*, 1974), es utilizado para la valoración de opciones dado que permite observar el valor estimado de la compañía según se asuma una u otra decisión.

Los cálculos de la volatilidad necesarios para replicar los árboles binomiales, están basados en la hipótesis de "Market Asset Disclaimer o MAD assumption" de Copeland y Antikarov (2001). Ésta sugiere que, para empresas únicas y sin reflejo de mercado, el valor presente de los flujos de caja sin flexibilidad (VP), resulta en la mejor estimación no tendenciosa del valor del proyecto.

En el presente estudio, se asume la hipótesis y se llevan a cabo simulaciones montecarlo para resumir en una todas las incertidumbres de mercado.

## 1.5 REVISIÓN DE LITERATURA

Uno de los métodos comúnmente empleado para evaluar proyectos de inversión es el del Valor Actual Neto, el cual afirma que el proyecto puede aceptarse si su valor es positivo. Sin embargo, este método presenta algunos problemas que hacen que en muchas situaciones las decisiones que se toman no sean las más acertadas.

John y Campbell (2001) llevaron a cabo un estudio que permite ver cuáles son los métodos de valoración utilizados por las empresas norteamericanas. Con una muestra de 392 directivos, se pudo constatar que el 76% de los analistas se decantan por el uso de las técnicas tradicionales tasa interna de retorno (TIR) y valor actual neto.

Dixit (1994) plantea que la utilización de todos estos métodos puede ser efectiva y práctica siempre y cuando la decisión de inversión se haga en un momento dado, es decir, ahora o nunca. Sin embargo, existen proyectos que permiten, dada la incertidumbre, tomar decisiones en varios momentos.

Con relación al uso de técnicas convencionales, Mascareñas (1999), afirma que existe un desacuerdo basado en el argumento de que éstas entorpecen la innovación, productividad y competitividad de algunas empresas. Ross (2000) afirma que dichas técnicas se basan exclusivamente en los flujos de caja como fuente de valor, dejando de lado aspectos que pueden en un momento dado adicionar valor al proyecto. Trigeorgis y Mason (1987), Pindyck (1988) y Dixit (1989) presentan que el método del valor actual neto está incompleto y en consecuencia falla para la valoración de inversiones en presencia de incertidumbre y flexibilidad empresarial. Copeland y Keenan (1998) concluyen que la incertidumbre es un elemento de vital importancia en la evaluación de proyectos.

Los anteriores argumentos dan entrada al desarrollo de las opciones reales, las cuales muestran flexibilidad en las decisiones de inversión futuras. Valga mencionar que la expresión "opciones reales" se conoció por primera vez en 1984 (Myers, 1984) cuando se hizo referencia a opciones cuyo activo subyacente era un activo real.

Dixit (1994) plantea las opciones reales como un método de valorar proyectos de inversión semejante a las opciones financieras y no a una cartera de bonos sin riesgo como el descuento de flujos de caja (DFC). 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 con el cálculo por medio del VAN y el obtenido incluyendo las opciones reales.

Támara Ayús y Aristizábal (2012) buscan con su trabajo, ampliar la aplicabilidad de la metodología de valoración de proyectos de inversión por medio de opciones reales como un elemento fundamental al momento de tomar decisiones de inversión, agregando valor a

proyectos donde la incertidumbre es la principal característica; puntualizan también que el aportar al VAN valores del mundo real, se crea una visión más estratégica sobre el momento en el que se deben tomar las decisiones.

Con base en los estudios anteriores y a partir del siglo XXI, se ha dado un auge en el desarrollo de diversas investigaciones sobre las opciones reales. Copeland y Antikarov (2001) señalan que dicha metodología puede ser aplicadas casi a cualquier situación donde sea posible estimar el Valor Presente Neto de un proyecto como en proyectos de investigación y desarrollo e inversiones privadas públicas y privadas. (Bailey *et al.*, 2004; Quigg, 1995; Calle y Tamayo, 2009; Hinojosa, 2008).

Bailey *et al.* (2004) presentan varios ejemplos utilizando un campo petrolero ficticio y modelos sintéticos simples para demostrar que, por medio de opciones reales, los directivos de las empresas, pueden generar mayor flexibilidad respecto de la ejecución de proyectos, capitalizar nueva información y aprovechar las cambiantes condiciones del mercado a fin de mejorar la economía de los proyectos.

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.

Calle y Tamayo (2009) presentan una aplicación al sector de la construcción, en el cual se plantea la opción de edificar por etapas, así demostraron que, con dicha metodología, el proyecto aumentaba su valor.

Hinojosa (2008) declaró que es posible y necesaria la aplicación de opciones reales a la evaluación de proyectos públicos como complemento del tradicional análisis costo-beneficio. Así se podrían desarrollar proyectos que no serían realizados tomando solamente en consideración las metodologías tradicionales.

Existe también evidencia de estudios que han analizado el potencial futuro que poseen algunas empresas de recursos naturales mediante el enfoque de las opciones reales. (Brambila-Paz y Martínez, 2013; Mascareñas, 2005)

Brambila-Paz y Martínez (2013) determinaron si un proyecto polivalente que produce azúcar y bioetanol tenía la probabilidad de que en el tiempo el valor del capital fuera mayor al valor del dinero depositado en el banco. Concluyeron mediante el uso de opciones reales que una biorefinería debe ser técnicamente capaz de adecuarse a los cambios.

Mascareñas (2005) valoró un proyecto biotecnológico como una opción real compuesta, donde destacó la opcionalidad del decisor, algo que no considera el método del flujo de caja descontado y que puede ser capital a la hora de ver la viabilidad futura del proyecto.

# CAPÍTULO 2

## 2.1 EMPRESAS EMERGENTES/STARTUP

Es cada vez más común que las personas implicadas en el mundo de los negocios, se encuentren con el término “startup”. Esta palabra puede ser traducida como “arranque” o “puesta en marcha”, pero cuando se habla de “compañías startup”, el significado cambia casi por completo.

### 2.1.1 Definición

Startup es un concepto tan nuevo y complejo, que actualmente no se cuenta con una definición única para identificar a este tipo de empresas, sin embargo, una de las definiciones más aceptadas por diversos académicos, es la de Ries (2011) quien en su libro *The Lean Startup* precisa: Las startups son “Instituciones humanas diseñadas para crear nuevos productos y servicios en condiciones de incertidumbre extrema”.

En esta definición, se puede observar que innovación e incertidumbre, son la clave para el diseño de cualquier startup y también, lo que diferencia a este tipo de empresas con respecto a las tradicionales.

Nuevos descubrimientos científicos, reutilización de tecnología existente para nuevos usos, o llevar un producto o servicio a algún lugar inédito o a un grupo de consumidores que no habían sido atendidos, son los tipos de innovación en los que basan su éxito las compañías startup.

Es precisamente esta condición de originalidad lo que las hace enfrentarse a situaciones de incertidumbre extrema. Establecer un nuevo negocio que sea un clon exacto de otro existente, puede ser una inversión atractiva, pero no es una startup porque su éxito sólo depende de la ejecución.

Un ejemplo de startup es la plataforma de transporte UBER. Esta compañía decidió cambiar el paradigma del servicio de traslado ofreciendo a sus clientes una red de transporte a través de su software de aplicación móvil (app), que conecta los pasajeros con los conductores de vehículos registrados en su servicio. Esa idea sencilla, pero novedosa, está valuada en 50 mil millones de dólares. Puesto de otra manera, GBMhomebroker indicó que esta compañía, tiene más valor que Bimbo, Cemex, Genoma Lab, Lala y Televisa juntas.

Aunque UBER y la mayor parte de empresas innovadoras tienen su base en el internet, es importante hacer notar que no todas las startups provienen del sector de las Tecnologías de la Información y Comunicación; el auge de estas compañías se ha presentado también en materias energéticas y biotecnológicas entre otras.

En realidad, en ninguna definición de startup se hace mención sobre el tipo de industria, el sector económico o el tamaño de la compañía que se requiere para pertenecer a dicho grupo empresarial. Esto es porque, en general, las startups se definen en función de su potencial de crecimiento, su orientación innovadora y contenido tecnológico; no importando si se es una agencia gubernamental, una empresa con capital de riesgo, una empresa sin ánimo de lucro o una empresa con inversores financieros y orientada a la obtención de beneficios.

### 2.1.2 Importancia de las empresas startup para el desarrollo económico

Recientemente, los gobiernos en el mundo han puesto un gran interés por lograr ventajas competitivas en sus economías que les permitan alcanzar un crecimiento económico sustentable, equiparable o mayor que el de sus pares. Una de las formas a que se recurre con más frecuencia para lograr estas ventajas competitivas es el de “generar nuevos productos, diseños, procesos, servicios, métodos u organizaciones o de incrementar valor a los existentes” (Ley de Ciencia y Tecnología, 2013).

Es así que el fenómeno de las startups ha tomado gran importancia. Estas empresas, apoyan el cambio estructural en la economía al introducir nuevos productos y servicios intensivos en conocimiento. Al mismo tiempo, proveen soluciones a problemas emergentes, aportan dinamismo a la productividad del sistema económico y generan oportunidades de empleo de calidad (OCDE, 2013).

Aunque las empresas startup son pequeñas en sus inicios, tienden a tener un gran impacto en la economía por diversas razones, las más destacables son las siguientes:

- 1.- Innovación.** Señala la Ley de Ciencia y Tecnología (2013) que, en una sociedad basada en el conocimiento, la innovación es el motor de la economía y la productividad en todos los niveles y en todo tipo de organizaciones.

Para los consumidores, la innovación se traduce en mejores productos y servicios, en términos de calidad, diseño, precio y eficiencia.

Para las empresas, la innovación trae como resultado una mayor rentabilidad derivada de la posibilidad de diseñar y producir nuevos o mejores bienes y servicios o de utilizar técnicas productivas más eficientes que las de sus competidores.

Para la sociedad, la innovación genera nuevo conocimiento y soluciones a problemas relacionados con la salud, el medio ambiente, la pobreza, la seguridad, entre otros, además de lograr un crecimiento económico sostenido al estar sustentado en mejoras en productividad (Programa nacional de innovación).

Para las naciones, de acuerdo con cálculos de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), la innovación explica entre dos terceras y tres cuartas partes las tasas de crecimiento del PIB observadas entre 1995 y 2006 en los países más desarrollados (OCDE, 2013). Asimismo, en investigaciones realizadas por Cameron (1998) y Gerosky (1989) se ha observado una relación positiva entre el gasto en investigación y desarrollo (I+D) y el crecimiento en la producción.

**2.- Generación de empleos.** Debido al crecimiento exponencial que tienen las startups, es necesario para estas compañías el crear constantemente nuevos puestos de trabajo, esto se ve reflejado a nivel macroeconómico en el largo plazo.

Un estudio realizado por Kauffman Foundation (2010) reveló que el crecimiento neto del empleo en la economía de Estados Unidos (US), se ha conseguido en gran parte a través de empresas startup. Según sus datos, estas compañías representaron el 3% del empleo total de 1977 hasta 2005, lo que parece un número modesto. Pero dado que el crecimiento medio del empleo neto anual en el mismo período fue de 1.8%, se puede observar que sin los puestos de trabajo que crean las startups, la tasa de crecimiento hubiese sido negativa.

Se destaca también que durante los años de recesión la creación de empleo en nuevas empresas se mantiene estable, mientras que las pérdidas netas de empleo en empresas existentes son muy sensibles al ciclo económico.

A pesar de que en México no se han realizado estudios similares por carencias de información, si se sabe que, de acuerdo a los resultados del más reciente Censo Económico llevado a cabo por el INEGI, (2012), existen aproximadamente 4.015 millones de unidades económicas (empresas), de las cuales el 99.8% son PYMES que generan el 52% del Producto Interno Bruto (PIB) y el 72% del empleo en el país y por lo tanto, se han convertido en un factor importante para impulsar la economía. Con el propósito de alcanzar un verdadero crecimiento exponencial, es necesario orientarlas a que desarrollen una base tecnológica que soporte sus operaciones y una visión innovadora que les permita obtener beneficios para sus negocios en términos de eficiencia, sustentabilidad y ventaja competitiva.

**3.-Aumento de la competitividad de mercado.** Con la innovación de las empresas tanto en sus técnicas y procesos de producción como en la creación de nuevos productos y/o servicios, se producen cambios estructurales en la economía y además se promueve la competitividad.

La competencia es una importante herramienta de crecimiento económico debido a que mejora la eficiencia de los mercados y beneficia, principalmente, a los consumidores. (Comisión Federal de Competencia, 2009). Se alcanza la eficiencia productiva en un mercado competitivo, porque el número de empresas por industria es el más eficiente.

De acuerdo a cifras del Fondo Monetario Internacional (2016), México registra un rezago en términos económicos. Su crecimiento anual en términos del PIB real fue de 2.5% en 2015 y se espera un 2.4% para 2016. Estos porcentajes se encuentran además por debajo del crecimiento promedio mundial, 3.1% y 3.2% respectivamente. El bajo crecimiento de México contrasta también con el de las economías emergentes y en desarrollo, cuyo promedio es 4.1% y 4.6%; los países asiáticos registran cifras de 6.5% y 6.6% y los países en desarrollo de bajo ingreso muestran un crecimiento del 4.5% al 4.7%, por citar algunos ejemplos.

Con dichas estadísticas, vale la pena considerar que los países que promueven prácticas a favor de la competencia son los que han logrado un importante crecimiento económico y promovido la expansión de diversos sectores de su economía. Menciona la Comisión Federal de Competencia (2009), que, en Japón, por ejemplo, los sectores más productivos son aquellos que están más expuestos a la competencia exterior.

Con base en lo anterior, se observa que tanto la innovación como la creación de empleos y la competitividad, son fortalezas que generan un crecimiento económico sostenible y, lo más importante, un bienestar social generalizado.

Las empresas startup, en general, contribuyen a fomentar ese bienestar social, no obstante, existen sectores más importantes que otros para el desarrollo humano. Por ejemplo, las compañías emergentes que pertenecen al sector de la bioeconomía, pueden permitir a las personas vivir vidas más largas y más saludables, disminuir la dependencia del petróleo, enfrentar los desafíos ambientales y disminuir la crisis de alimentación actual entre otros.

La clave aquí para alcanzar ese desarrollo, es la de motivar e impulsar la creación de empresas innovadoras en las áreas de conocimiento que se consideran estratégicas para el progreso de la sociedad.

## 2.2 BIOECONOMÍA

Durante el siglo XX se produjeron avances científicos que transformaron los procesos productivos en sectores claves como el farmacéutico, el agropecuario y el energético entre otros. Durante este siglo se logró la codificación del genoma humano, se desarrollaron terapias médicas por medio del uso de equipos altamente tecnificados, se construyeron biofábricas, se desarrollaron medicamentos nuevos para enfermedades anteriormente no tratables y se crearon tecnologías que potenciaron el rendimiento de las cosechas de muchos alimentos (Segura, 2012).

Pero es también durante este siglo que se han presentado crecientes demandas poblacionales, menor disponibilidad de recursos fósiles y un sinnúmero de consecuencias negativas debido al cambio climático. Ante estas problemáticas comienzan a evidenciarse marcadas tendencias hacia patrones productivos más sostenibles desde el punto de vista económico, social y ambiental. Es así que el concepto de bioeconomía está adquiriendo vital importancia a nivel global pues promete ser la respuesta a muchas de éstas contrariedades.

### 2.2.1 Definición

Para entender el significado de la palabra bioeconomía, algunos investigadores llevan sus orígenes hasta Alfred Marshall (1924), ya que fue él quien en repetidos lugares habló de la

economía como “una rama de la biología ampliamente interpretada” y precisó además que “La Meca del economista descansa en la biología más que en la dinámica económica”.

Sin embargo, el primer documento que unió el prefijo “bio” con la palabra “economía” fue un informe estadounidense de la Biomass Research and Development Board, que presentó la bioeconomía como una revolución, una vuelta tecnológica a un pasado sostenible a través de la implementación de un modelo de economía basado en energías y recursos naturales renovables (AISPP, 2001).

Pero la primera y hoy en día más utilizada definición de bioeconomía fue elaborada por la OCDE (2006), que definió la bioeconomía como “el conjunto de operaciones económicas de una sociedad que utiliza el valor latente en los productos y procesos biológicos para conseguir nuevo crecimiento y beneficios para ciudadanos y naciones”.

Técnicamente hablando, esta economía basada en la biología se refiere a toda la actividad económica derivada de la actividad científica y de investigación centrada en la biotecnología. La Biotecnología comprende y desarrolla procesos y mecanismos a niveles genéticos y/o moleculares para crear o mejorar los procesos industriales. Un ejemplo es la industria energética, que ha presentado grandes avances en los procesos productivos de captura eficiente tanto de energía solar como eólica para su transformación en otras formas de energía y otros tipos de productos.

Los productos de la bioeconomía como biocombustibles, bioplásticos, materiales bioquímicos, biomateriales, se pueden derivar de un producto genérico convencional –como maíz, caña de azúcar, papa, soya, nopal–al que se le conoce como materia prima de primera generación (1g). También se pueden derivar de otros productos de menor uso –como cassava, pitahaya– ó de productos marginales –como jatrofa, algas marinas, desperdicios orgánicos–, estos productos de menor uso se conocen como materia prima de segunda generación (2g) (Brambila-Paz y Martínez, 2013).

Por todo lo anterior, se podrá notar que la bioeconomía no es una rama de la teoría económica, sino un campo de estudio transdisciplinar, en el que participan además de economistas, científicos de otras áreas (física, biotecnología, termodinámica). Esta interdisciplinariedad, señala Mohammadian (2000), tiene como objetivo lograr la síntesis entre

la ciencia empírica de la Biología y la ciencia literaria de la Economía para terminar con la desunión y separación de “las dos culturas”.

### 2.2.2 Importancia

De acuerdo a la opinión de múltiples analistas, después de la tecnología de la información, es cada vez más probable que la biotecnología sea el segundo mayor sector económico en importancia cuyo insumo principal sea el conocimiento.

La bioeconomía, economía biológica o economía biotecnológica es particularmente importante por su contribución a la calidad de vida y a la minoración del consumo de recursos no renovables.

Se puede ver la importancia de la bioeconomía en diversas áreas, por ejemplo, en el sector salud, las pruebas genéticas de bajo costo podrían determinar de manera más óptima los factores de riesgo a enfermedades crónicas como la artritis, la diabetes y algunos tipos de cáncer; en el área agropecuaria, se pueden desarrollar mejores diagnósticos de enfermedades genéticas de ganado, pescado, marisco, etc., al atacarlas, se aumentaría la producción de estas especies previniendo la escasez; en la industria, la producción de biomateriales, gradualmente sería capaz de disminuir el modelo de industrialización actual para sustituir aquellos productos convencionales que dañan el ambiente.

Todo esto constituye una gran oportunidad de implementar una economía global realmente sostenible basada en recursos biológicos que, gracias a la tecnología, se convierten en renovables. La bioeconomía, dice Pavone (2012), se presenta como la nueva revolución industrial; una vuelta tecnológica hacia la economía sostenible del medioambiente que puede finalmente relevar a la civilización de los combustibles fósiles.

### 2.2.3 Retos

Este nuevo paradigma de la ciencia económica, surge como consecuencia de la alerta ecológica de los años setenta, por tanto, los desafíos medioambientales son inherentes a sus orígenes y a la biotecnología.

La biotecnología tiene como retos, la necesidad de proporcionar comida, agua, energía, asistencia sanitaria y otros recursos y servicios a una población mundial que aumentará en un

tercio durante los próximos 20 años (Sawaya y Arundel, 2010). La economía basada en la biología, debe entonces insertar las actividades económicas en los ecosistemas naturales y humanos sin alterar las funciones que permiten su reproducción en el tiempo (Passet, 2005).

El problema es que no todo es así de sencillo. Por ejemplo, los productos de bioeconomía de primera generación, compiten con los alimentos y, por lo tanto, se enfrentan al dilema ético de qué producir y para quién; existe también el conflicto económico, ya que si el precio del producto genérico sube, puede ser más rentable seguir produciéndolo en lugar de procesar uno o varios productos procedentes de la bioeconomía y viceversa. Esto provoca inestabilidad en el mercado.

Por otra parte, menciona Mohammadian (2000) que los avances científicos como transgénicos, trasplante de órganos de animales en seres humanos o la nanotecnología entre otros, están causando conflictos totalmente nuevos y fuera de la experiencia humana. No hay datos previos disponibles y por ende sus consecuencias están cubiertas por incertidumbre y subjetividad.

La nueva economía se enfrenta entonces a un gran reto, el reto de determinar el umbral de la actividad socioeconómica para la cual podrían utilizarse los sistemas biotecnológicos sin destruir las condiciones necesarias para su regeneración y por ende su sostenibilidad.

# CAPÍTULO 3

## 3.1 LA VALORACIÓN DE LOS PROYECTOS DE INVERSIÓN

### 3.1.1 Conceptos generales

El valor de todo proyecto de inversión depende del número y tamaño de los flujos de caja que se espera genere en el futuro, por ello el proyecto pasa a ser interesante cuando el valor actual de la suma de dichos flujos de caja es superior al desembolso necesario -la inversión- para poder obtenerlos. (Mascareñas, 2005).

Para la elaboración de los flujos de caja, Damoradan (2009) explica que el analista se basa generalmente en tres fuentes de información.

La primera es con respecto a los estados financieros actuales de la empresa; estos se usan para determinar qué tan rentable es o ha sido la empresa, qué tanto esta inversión regresa para generar crecimiento futuro, y en general, proporciona los datos que son requeridos en cualquier evaluación.

La segunda fuente, es el pasado de la compañía; este análisis permite interpretar qué tan cíclicos han sido tanto los precios del mercado como las ganancias y qué tanto crecimiento han mostrado a través del tiempo. La historia de los precios, permite además, calcular el riesgo.

Finalmente, se pueden observar a los competidores para tener una referencia acerca de qué tan bien o mal se encuentra la empresa con respecto a compañías similares. Este estudio proporciona también datos para estimar riesgo, crecimiento y flujos de efectivo.

Si la empresa tiene un largo período de funcionamiento, genera flujos positivos, y existen varias empresas compitiendo con ella en el sector de las que se puede obtener información, la tarea de valorar la compañía es relativamente sencilla (el valor de la compañía depende mayoritariamente del valor de los activos utilizados, se centra en el pasado).

Pero en el caso de las compañías startup, los tres factores juegan en contra y se potencian entre sí: el flujo de caja es negativo, el período de vida es muy corto y no existe la información de firmas comparables.

Cuando además la startup en cuestión se encuentra en un sector que también es startup, – como lo es el de la bioeconomía–, el problema se complica más aún, debido a que la compañía analizada requiere de una investigación de supuestos solamente aplicables a sí misma y a su sector.

### 3.1.2 Los proyectos bioeconómicos

¿Por qué valorar una compañía bioeconómica tendría que ser diferente a valorar cualquier otra startup? Esto suelen decir los analistas más conservadores y -en buena medida- tienen razón ya que en general los fundamentos del concepto de valoración no deberían cambiar. No obstante, hay muchas cosas que sí cambian. Por ejemplo, la volatilidad del sector, la incertidumbre técnica con respecto de la posibilidad de terminación del proyecto, la dinámica de las constantes innovaciones y el riesgo de que no se tenga el éxito comercial esperado.

Adicionalmente, estos proyectos cuentan con una característica que hace la valoración aún más compleja: la inversión. Una empresa bioeconómica necesita más desarrollo en investigación, más equipo y personal especializado, mayor infraestructura, mayores estudios de mercado y más tiempo para su establecimiento. Este pago inicial es por tanto, significativo e irreversible.

Si la empresa quisiera retirarse porque la demanda por el producto es menor que la prevista o porque requiere reorientar esos fondos a otras actividades, no podrá desinvertir y recobrar el dinero que haya gastado en el proyecto (Segura, 2012). Esta financiación es de una naturaleza diferente a la existente en otros sectores innovadores. En las startups de internet, por ejemplo, la inversión es menor y casi siempre puede canalizarse a otros proyectos en caso de que el primero haya fracasado.

En proyectos bioeconómicos, tampoco se tiene certeza sobre los recursos que podría demandar el proyecto ni del precio futuro de los mismos pues al ofertar nuevos productos (bioplásticos, biodiesel) obtenidos con insumos genéricos (maíz, caña de azúcar) se puede provocar inestabilidad en los precios de mercado.

Para estos proyectos de inversión, el financiero deberá tener presente el riesgo y la incertidumbre que todas las premisas anteriores generan.

### 3.1.3 Incertidumbre y riesgo en los proyectos de inversión

No es lo mismo incertidumbre que riesgo. La incertidumbre existe cuando una acción lleva asociada diversos resultados. El riesgo es la probabilidad de incumplimiento -con un impacto negativo- de una de los resultados concretos.

Puede haber por ejemplo riesgo e incertidumbre debido a variables ajenas a una empresa, tales como: el costo de los factores productivos, la demanda del mercado, las actuaciones de la competencia, los avances en la tecnología y las decisiones gubernamentales entre otras, pero a diferencia del riesgo donde se conoce la probabilidad de que suceda cada posible resultado, en la incertidumbre se desconoce la probabilidad de ese resultado futuro (Orellana, 2011).

Para la visión tradicional de evaluación, el atractivo de un negocio disminuye a medida que crece el grado de incertidumbre; En contraste, metodologías más recientes plantean que al considerar el mismo negocio como una opción, el resultado es inverso.

La incertidumbre está siempre presente en el mercado para todos los negocios, sin embargo, hay empresas en las que el método de evaluación tradicional funciona perfectamente, por ejemplo, en “Alpura”, la evaluación sería precisa porque la compañía cuenta con una larga historia de funcionamiento estable y además el entorno es relativamente estático.

En las empresas con alta capacidad de innovación esto no funciona, porque como dice Damodaran (2009), “si se espera a que la incertidumbre se resuelva antes de valorar una empresa, entonces será demasiado tarde”, tarde en el sentido de que se puede haber perdido una gran oportunidad de inversión. En estos casos, el analista debe interpretar la incertidumbre tomando en cuenta cada alternativa existente y simulando los posibles riesgos para estimar el futuro.

### 3.1.4 La flexibilidad operativa

Los métodos tradicionales, establecen un modelo de negocio con una sola alternativa y lo congelan. La dirección se mantiene pasiva y no altera ni cuestiona el plan original, independientemente de que se modifiquen las circunstancias. Sin embargo, como mencionan Bailey *et al.* (2004), la tendencia actual de los directivos es la de modificar los planes a medida que cambian las circunstancias y se resuelven las incertidumbres.

Los analistas deben tomar decisiones acertadas basadas en la dinámica y hacerlas realidad.

El gestor de un proyecto se anticipa y responde a la incertidumbre cuando observa la precisión de sus pronósticos y hace correcciones en los mismos a mitad de camino, cuando abandona el proyecto o cuando lo expande, cuando lo revisa y lo rediseña en sus diferentes etapas.

Esta posibilidad de intervención ante un desarrollo concreto de acontecimientos futuros es lo que se denomina flexibilidad operativa (Mascareñas *et al.*, 2004). En este capítulo, se presentarán y explicarán las metodologías necesarias para calcular su valor.

### 3.2 EL MÉTODO DE FLUJOS DE CAJA DESCONTADOS (DFC)

Los métodos de descuento de flujos de caja (DFC) están basados en la analogía existente entre un proyecto de inversión y un activo financiero. En concreto, presuponen que existe un activo financiero tipo bono u obligación, que tiene unos flujos de caja esperados y un riesgo similar al del proyecto objeto de estudio (Pajares *et al.*, 2002).

En las finanzas, el modelo de flujo de caja descontado funciona como el marco básico para la mayoría de los estudios. Su análisis es relativamente simple ya que predice una corriente de flujos de fondos, que entran y salen durante la vida probable de un proyecto, y luego los descuenta a una tasa determinada –generalmente el costo del capital del proyecto- que refleja tanto el valor del dinero en términos de tiempo como el grado de riesgo de esos flujos de fondos.

El valor temporal del dinero indica que el dinero que se tenga en el futuro vale menos que el dinero que se tiene hoy porque, a diferencia del dinero futuro, el que se tiene en mano puede ser invertido para que devengue intereses (Oxford Dictionary of Accounting).

#### 3.2.1 Valor Presente y Valor Actual Neto del Proyecto.

El elemento crucial de cualquier cálculo de descuento de flujo de caja es el Valor Actual Neto, es decir, el valor actual de los ingresos de efectivo menos el valor actual de los egresos de efectivo, o inversiones.

$\text{Valor de la compañía (VAN)} = \text{Valor de los activos utilizados}$
--

El VAN es, además, el criterio más acorde al objetivo general de todo directivo: la maximización del valor de la empresa; puesto que indica exactamente cuánto aumentará de valor la compañía si realiza el proyecto que se está valorando (Mascareñas, 1999).

Su fórmula general es la siguiente:

$$VAN = -I + \sum_{j=1}^{j=n} \frac{FC_j}{(1+r)^j} \quad (1)$$

En la cual,  $I$  corresponde a la inversión,  $FC_t$  son los diversos flujos netos de caja esperados,  $n$  es el horizonte temporal del proyecto y  $r$  es la tasa de descuento (costo de capital) adecuado al riesgo del proyecto.

El Valor Presente ( $VP$ ) del Proyecto, se obtiene con (1), al omitir el valor descontado de la inversión. Este dato es importante ya que se utiliza para el cálculo de valor de la empresa con la técnica de opciones reales.

Un valor actual neto de cero significa que los flujos de efectivo son exactamente los necesarios para pagar el capital invertido y para conseguir la tasa requerida de rendimiento por él. Si un proyecto tiene un valor actual positivo, estará generando más efectivo del que exigen el servicio de la deuda y el rendimiento requerido por los accionistas. Un valor presente negativo indica que el proyecto, como está planificado, destruye valor (Brigham y Houston, 2006). Por tanto, una inversión debería ser financiada si el VAN es positivo.

Esta metodología fue desarrollada en los años 50's en Estados Unidos para estimar el valor presente de bonos -sin riesgo- (emitidos por el tesoro americano) que ofrecían un flujo de efectivo mensual por varios años. Tiempo después, se realizó una analogía entre dichos instrumentos financieros y los proyectos reales.

En un proyecto real, esta analogía implica que las inversiones son estables, no pueden demorarse (son ahora o nunca), son reversibles (la empresa puede recuperar sus gastos en cualquier momento) y no tienen asociado ningún tipo de flexibilidad de gestión, como lo es en los bonos.

Si el proyecto a evaluar posee baja incertidumbre y no admite demora, el VAN funciona bien; pero si el proyecto cuenta con un margen para cambiar de rumbo cuando se adquiere mayor información, (se puede hacer ahora, o más adelante, o no hacerlo) puede ser infravalorado y rechazado por esta metodología, aunque posea la oportunidad de generar valor a mediano y largo plazo.

El método falla porque no toma en cuenta que, a lo largo de la vida del proyecto, el gerente tiene la posibilidad de tomar decisiones según se presenten las circunstancias. Además, el VAN se basa en precios promedios, sin examinar la volatilidad de los mismos. Esto es, la evaluación tradicional no considera el riesgo, salvo en los puntos que le agrega a la tasa de descuento (Brambila, 2011).

La inversión de alto riesgo no puede entonces ser asimilada a la adquisición de un bono u obligación (Pajares *et al.*, 2002); así en el caso de los recursos naturales, proyectos riesgosos o de I+D, las opciones financieras resultan ser una mejor analogía para la estimación de su valor.

### 3.3 TEORÍA DE LAS OPCIONES

La palabra opción implica valor agregado. Cuando se habla de mantener abiertas las opciones, tener más de una opción, o no excluir las opciones, la implicancia subyacente es que el simple hecho de poseer la opción en general tiene valor, independientemente de que se la ejerza o no (Bailey *et al.*, 2003). Lo mismo es aplicable tanto a las opciones financieras (derivadas de activos financieros) como a las reales (derivadas de proyectos de inversión).

#### 3.3.1 Las opciones financieras

El entorno estable sobre el que se cimentaba el método DFC, comenzó a presentar un incremento de volatilidad en los mercados financieros a partir de la década de los 70's; en consecuencia, se hizo necesaria la creación de nuevas técnicas que permitieran manejar la cobertura de riesgos.

La solución desarrollada por Fischer Black, Robert Merton y Myron Scholes –que les valió el premio nobel de economía- se separó radicalmente del método de flujo de fondos descontados. El trabajo original fue realizado para valuar contratos muy complejos que les dan a sus tenedores la “opción” (el derecho, pero no la obligación) de comprar o vender

acciones. La dinámica de la relación que existe entre el valor de la opción y el valor del precio de la acción, se materializa en una ecuación única de derivadas parciales, que refleja las variaciones simultáneas de numerosas variables para encontrar el valor de una opción (Amran y Kulatilaka, 1999).

### 3.3.1.1 Definición

Las opciones son instrumentos de derivados, es decir, derivan su valor de otros activos subyacentes. Se denominan opciones financieras a aquéllas cuyo activo subyacente es un activo financiero como, por ejemplo, una acción, un índice bursátil, una obligación, una divisa, etc. (Mascareñas, 2004). Típicamente se negocian en alguna bolsa de valores, como la Casa de Bolsa en Chicago (Chicago Board Options), la Casa de Bolsa Americana, la Bolsa de derivados MexDer<sup>1</sup>, entre otras, y su objetivo primordial es el de cubrir/eliminar riesgos financieros y disminuir la incertidumbre o inseguridad económica que prevalece en épocas donde la economía de un país no es estable.

Una opción financiera, da a su poseedor el derecho, pero no la obligación, de comprar o vender un activo subyacente a un precio preestablecido en una fecha determinada (o a veces antes) a cambio de un pago por la opción, llamado prima. El precio al cual se puede comprar o vender una acción, si el tomador de opciones opta por ejercer su derecho, se conoce como precio de ejercicio (Bailey *et al.*, 2004).

La prima que paga el poseedor de los derechos arriba mencionados, tiene un comportamiento similar a los seguros, ya que su función es la de blindar el precio frente a los diferentes comportamientos del mercado, garantizando seguridad al poseedor de éstos frente a los cambios de precios observados (Duarte y Jiménez, 2006).

El valor de una opción (prima o premium en inglés) está determinado básicamente por seis factores: el precio del activo subyacente (S), el precio del ejercicio (X), el tiempo hasta el vencimiento (t), el riesgo de volatilidad ( $\sigma$ ) el tipo de interés sin riesgo ( $r_f$ ) y los dividendos (D).

---

<sup>1</sup>El MexDer es la Bolsa de Futuros y de Opciones -diferente e independiente a la Bolsa Mexicana de Valores (BMV)- la cual provee los servicios necesarios para cotizar y negociar contratos de futuros y opciones. La única relación existente entre ambas bolsas es que el MexDer celebra Contratos de Futuros sobre indicadores de la BMV como por ejemplo el índice de Precios y Cotizaciones y sobre paquetes de acciones de empresas que cotizan en bolsa.

### 3.3.1.2. Tipos de Opciones

Las opciones básicas están constituidas por derechos de compra (calls) y de venta (puts). La opción de compra es el derecho, pero no la obligación, de comprar acciones al precio de ejercicio de la opción dentro de un determinado período; La opción de venta es el derecho, pero no la obligación, de vender acciones al precio de ejercicio dentro del período. En ambos casos, para adquirir este derecho se debe pagar una prima.

Estos instrumentos actúan como seguros, ya que proporcionan cobertura a su poseedor frente a subidas o caídas en el precio de los activos objeto de la transacción (Orellana, 2011).

La ventaja de una opción financiera según Paredes (2009), es que se le otorga al comprador o vendedor una posición asimétrica ante el riesgo, considerando que, si el activo subyacente varía su precio sustancialmente, el vendedor (que se vería afectado por un precio bajo) o comprador (que se vería afectado por un precio alto) no estaría en la obligación de ejercitar su opción. Si se diera el caso contrario (si el valor del activo subyacente varía en beneficio del vendedor o comprador), el comprador ejecutaría su opción y compraría a un precio menor que el de mercado, mientras que el vendedor ejecutaría su opción y vendería a un precio mayor que el precio real.

El valor de los calls como de los puts aumenta cuando la desviación típica del subyacente y el tiempo que falta para el vencimiento son mayores. Se está, por tanto, ante un activo financiero cuyo valor crece cuando el riesgo es mayor (Pajares *et al.*, 2002).

Si el precio de la acción supera al precio de ejercicio, se utiliza la expresión dentro del dinero (in the money) en relación con una opción de compra, el tenedor podrá ejercer su derecho obteniendo una ganancia. Si el precio de la acción no llega a alcanzar el precio de ejercicio de la opción, se utiliza la expresión fuera del dinero (out of the money) en relación con la opción.

Un inversionista no ejercería una opción del tipo out of the money ya que hacerlo costaría más que el precio de mercado para la acción, en otras palabras, podría comprar directamente el subyacente más barato en el mercado. Como señalan Bailey *et al.* (2004), el inversionista deja que la opción caduque si el ejercicio de su derecho no le resulta beneficioso.

Wilmott (2000) señala que las opciones financieras a su vez pueden subdividirse en varias clases, pero dos de las más comunes son las opciones europeas y las opciones americanas. Esta terminología no se refiere al mercado de comercialización, ya que ambas se comercian tanto en Estados Unidos como en Europa.

La única diferencia es que una opción europea puede ejercerse sólo en la fecha de vencimiento especificada en el contrato de opciones y una opción americana puede ejecutarse en cualquier momento, incluso en la fecha de vencimiento. La posibilidad de ejercer el derecho a la opción en cualquier momento, hace que las opciones americanas sean más valiosas –y más complicadas- que las europeas.

Las opciones debido a su flexibilidad, tienen características importantes que las diferencian de otros instrumentos financieros. Brindan al tomador de opciones la posibilidad de obtener una gran ganancia en alza, protegiéndose al mismo tiempo del riesgo de una baja y además presentan más valor cuando la incertidumbre y el riesgo son mayores (Bailey *et al.*, 2004).

### 3.3.2 Las opciones reales

El enfoque de las opciones reales, (ROA, por sus siglas en inglés) aplica el pensamiento que subyace a las opciones financieras para evaluar activos físicos o reales, como inmuebles, proyectos de inversión, patentes, etc. Parte de la premisa de que los proyectos reales se asemejan más a las opciones financieras que a una cartera de bonos sin riesgo como el VAN.

Su origen se remonta a un artículo publicado en 1977, por Stewart Myers. En este trabajo, el Myers (1977), propone la utilización de las fórmulas matemáticas de opciones financieras para valorar todo aquello que represente un derecho de decisión disponible en la empresa (desarrollar o lanzar un nuevo producto, utilizar la capacidad productiva ociosa, reemplazar los productos ofertados, etc.).

Se trata de derechos de decisión, oportunidades –en definitiva, opciones–, por los que la empresa ha pagado un precio. Es decir, estos derechos de decisión exhiben propiedades análogas a los derechos de compra y de venta en las opciones financieras. Una similitud que posibilita conectar los fundamentos de valoración de los derivados financieros a las opciones reales de la empresa (Orellana, 2011).

### 3.3.2.1 Definición

Por analogía con una opción financiera, una opción real, da a su poseedor (quien también paga una prima<sup>2</sup>) el derecho, pero no la obligación, de ejercer una acción (crecer, diferir, abandonar) durante la vida de un proyecto.

A diferencia de los métodos tradicionales, la técnica de análisis de opciones reales asume que el mundo se caracteriza por el cambio, la incertidumbre y la competitividad. También asume que los directivos de las compañías tienen la flexibilidad para adaptar sus decisiones futuras en respuesta a las circunstancias cambiantes del mercado. (Trigeorgis, 1999). Si las condiciones futuras son favorables, un proyecto puede ser expandido. Por otra parte, si el futuro no es optimista, un proyecto puede ser reducido, paralizado temporalmente, o inclusive abandonado. El ROA, permite determinar el valor de dichas decisiones.

El valor de una opción real, dicen Mascareñas *et al.* (2004) está determinado por:

- i. El precio del activo subyacente (S): Es el valor presente de los flujos de caja que se espera genere dicho activo a lo largo de su vida futura.
- ii. El precio del ejercicio (X): Indica el precio a pagar por la adquisición del proyecto (inversión); o en el precio al que el propietario del activo subyacente tiene derecho a venderlo, si la opción es de venta.
- iii. El tiempo hasta el vencimiento (t): Tiempo de que se dispone para poder ejercer la opción.
- iv. El riesgo o volatilidad ( $\sigma$ ): Desviación estándar de los rendimientos del activo subyacente.
- v. El tipo de interés sin riesgo ( $r_f$ ): Tasa de descuento.

### 3.4 TIPOS DE OPCIONES REALES

Los analistas generalmente clasifican las opciones reales por el tipo de flexibilidad que dan al tomador. La dirección de la compañía puede posponer la inversión, expandir o contraer un proyecto, abandonar el proyecto para la recuperación o cambiarlo por otro plan. También se pueden crear opciones compuestas. En este sentido Mascareñas (1999) hace las siguientes distinciones:

---

<sup>2</sup> La prima, en este caso, es el precio que se paga por tener la oportunidad de inversión

### 3.3.2.1 Opciones de crecimiento

Las opciones de crecimiento, permiten la posibilidad de ejecutar proyectos posteriores basados en el inicial. Recogen la posibilidad de incluir oportunidades de inversión adicionales si el estado de la primera inversión fue favorable. Estas oportunidades son entre otras, aumentar la capacidad, introducir nuevos productos o adquirir otras empresas e incrementar los presupuestos en publicidad, investigación y programas de desarrollo comercial etc. Ésta a su vez se subdivide en las siguientes opciones:

- i. Ampliar (Scale up): Las empresas bien posicionadas pueden crecer después mediante una inversión secuencial mientras el mercado crece, p.e.: Alta tecnología, I+D intensivo, Multinacionales, Adquisiciones estratégicas, etc.
- ii. Intercambio (switch up): Una opción flexible para cambiar de productos o procesos tomando en cuenta un cambio del precio del subyacente o de las entradas o salidas positivo, p.e.: Fabricantes de bienes de producción limitada, Agricultura, Caldera mixta, Sistemas de fabricación flexible.
- iii. Ampliación de alcance (scope up): Permite a la dirección reaccionar ante los cambios positivos de mercado. Se puede ejercer la opción de expandir, si la demanda es mayor que la esperada, este tipo de opciones son muy importantes en el lanzamiento de nuevos productos en mercados inciertos, ya que la consideración de su valor puede alterar la decisión de invertir.

### 3.3.2.2 Opciones de diferir/aprender

En este tipo de opciones, se refleja la flexibilidad que puede tener el gerente de esperar para tomar una decisión de inversión o asignación de recursos hasta que la circunstancia lo haga aconsejable. Si se puede esperar, es preferible mantener la opción de inversión abierta para evaluar cómo evolucionan las variables aleatorias. Esta categoría, es equivalente a tener una opción de compra en el proyecto y en general sólo se divide en:

- i. Estudio/arranque (study/start): Retrasar la inversión hasta que se tenga más información, p.e.: Compañías de recursos naturales, Desarrollo inmobiliario.

### 3.3.2.3 Opciones de abandono

La razón económica del abandono es la misma que la de la inversión. Se debe desinvertir cuando el proyecto no se justifica económicamente. Una vez que el proyecto ya no es rentable, la empresa recortará sus pérdidas y ejercerá esta opción de abandonar el proyecto. Consiste en liquidar la inversión obteniendo a cambio el valor residual de los activos involucrados. Esta categoría debe ser tratada como una opción de venta y se divide en:

- i. Reducir (scale down): Disminuir o anular parte del desarrollo del proyecto si una nueva información está cambiando las expectativas de rentabilidad, p.e.: Industrias de capital intensivo, Servicios financieros, Introducción de nuevos productos, Cancelación de pedidos del sector aéreo.
- ii. Intercambio (switch down): Cambiar las alternativas de mayor costo efectivo y de flexibilidad de los activos a la vista de la nueva información obtenida. Este cambio se da por cuestiones adversas, p.e.: Fabricantes de bienes de producción limitada.
- iii. Reducción de alcance (scope down): Limitar las actuaciones o abandonar las operaciones en una industria relacionada cuando no existan otras oportunidades potenciales de negocio, p.e.: Conglomerados.

En la Imagen 1 se presenta un resumen de las categorías de opciones reales con sus respectivos tipos.

Al tener en cuenta las diversas formas en que las opciones reales pueden aparecer en un proyecto de inversión, es fundamental identificar que, para su analogía con sus similares financieras, las opciones de crecimiento y aprendizaje se consideran de compra mientras que las de abandono, de venta.

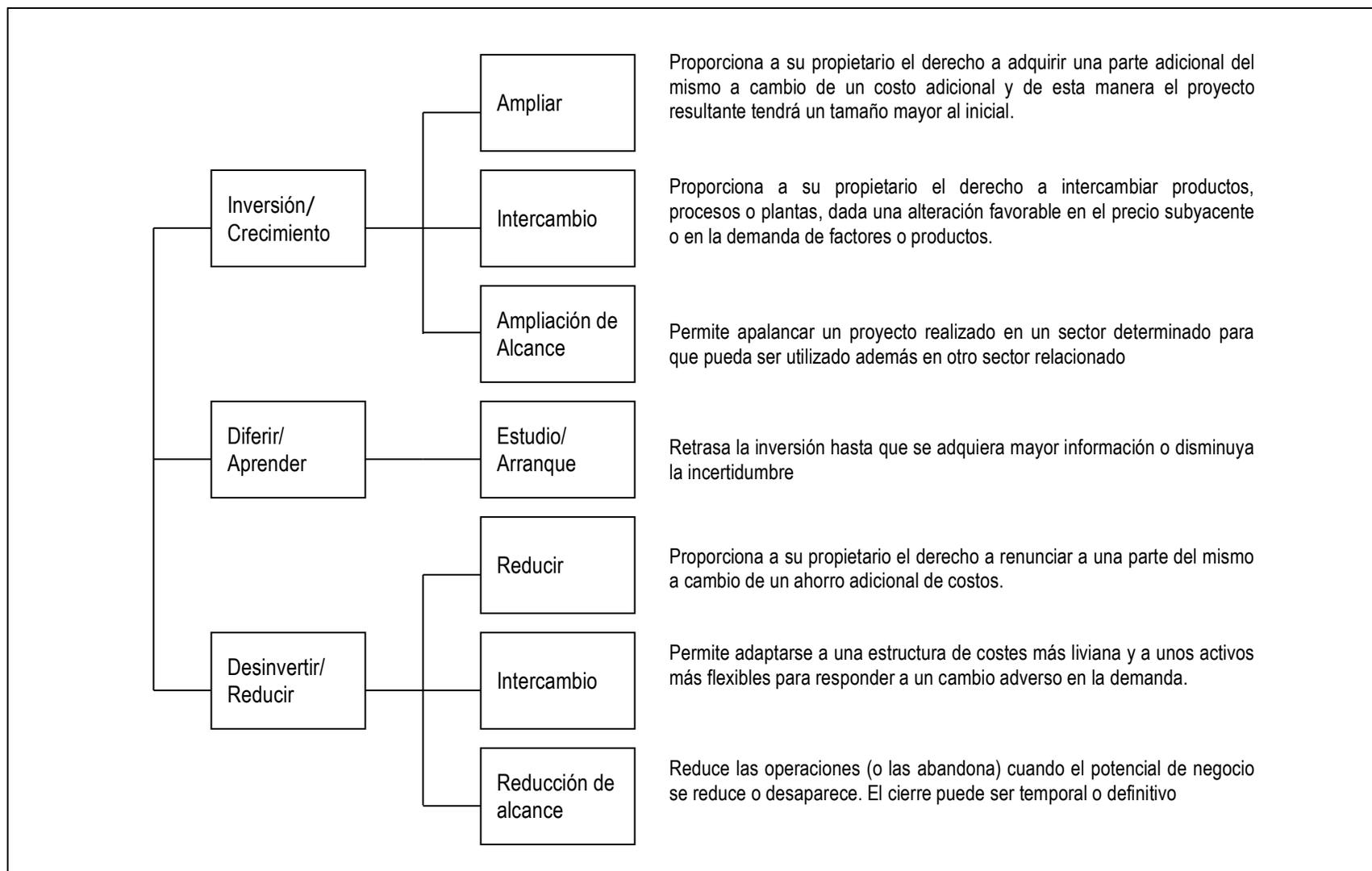


Imagen 1. Tipos de opciones reales. Recuperado de Copeland y Antinakarov (2001).

## 3.5 EL CÁLCULO DE LAS OPCIONES

La valoración de las opciones reales puede ser extremadamente compleja, de modo que cualquier técnica de opciones financieras que se adopte, sólo proporcionará una valoración aproximada. En esta sección se analizan dos enfoques: la fórmula de Black-Scholes (una solución cerrada para opciones del tipo europeas) y los árboles binomiales (para opciones europeas y americanas).

### 3.5.1 Ecuación Black Scholes.

#### 3.5.1.1 Origen y Supuestos del Modelo

Los primeros intentos de aplicación del método DCF para valorar opciones se fundaron en la tasa de descuento adecuada a utilizar y en el cálculo de la distribución de probabilidades de los retornos de una opción. Una opción es generalmente más riesgosa que el capital accionario subyacente, pero nadie sabe en qué grado (Orellana, 2011).

La fórmula conocida como fórmula Black-Scholes (1973) fue creada por Fischer Black, Myron Scholes y Robert Merton. En ella, se podía fijar el precio de las opciones utilizando el principio de arbitraje con una cartera construida para carecer de riesgos, superando absolutamente la necesidad de tener que estimar las distribuciones de retornos.

Estos autores demostraron que era posible establecer el valor de una opción construyendo una cartera réplica, consistente en una cierta cantidad de acciones en el activo subyacente y una cierta cantidad de bonos libres de riesgo. La cartera se construye de forma tal que sus flujos de fondos reproducen exactamente a los flujos de fondos de la opción. Los precios de los bonos y de las acciones subyacentes se observan directamente en el mercado financiero, de modo que se conoce el valor de la cartera réplica.

Si la opción se vendiera a un precio diferente al de la cartera réplica, habría dos activos idénticos—la opción y la cartera réplica—vendiéndose a precios diferentes en el mismo momento. Cualquier inversionista en este caso utilizaría la estrategia de arbitraje, comprando el activo más barato de los dos y vendiendo el más caro para extraer ventajas de la desigualdad de precios.

El modelo desarrollado por Black-Scholes-Merton es importante, no sólo por tener en cuenta la valoración del arbitraje, sino por proporcionar una solución analítica en un solo paso. Los supuestos de los que parte según Mascareñas *et al.* (2004) son los siguientes:

- i. El precio del activo sigue una distribución normal logarítmica, por lo que los rendimientos se distribuyen normalmente.
- ii. El valor de los rendimientos es conocido y es directamente proporcional al paso del tiempo.
- iii. No hay costos de transacción (p.e. impuestos), así que se puede establecer una cobertura sin riesgos entre el activo y la opción sin ningún costo.
- iv. Los tipos de interés son conocidos y constantes.
- v. Durante el periodo de ejercicio, la acción subyacente no pagará dividendos.
- vi. Las opciones son de tipo europeo.

#### 3.5.1.2 Cálculo de la Ecuación

El poder de la ecuación Black-Scholes radica en ser una manera simple y objetiva de caracterizar la relación entre riesgo y valor. Consiste en que dados el tiempo de vencimiento (T), la tasa libre de riesgo (r), el precio de ejercicio de la opción (X) y la varianza de la tasa de rentabilidad instantánea ( $\sigma^2$ ), habrá que determinar la relación existente entre el costo de la opción de compra europea (C) y el precio de la acción sobre la que recae (S). Siguiendo a Brambila (2011), el desarrollo de su fórmula es el siguiente:

$$C = SN(d_1) - Xe^{-r(T)}N(d_2) \quad (2)$$

donde:

C: Precio actual de una opción de compra.

S: Precio actual del activo subyacente.

X: Precio al ejercer la opción.

r: Tasa de interés libre de riesgo en tiempo continuo.

T: Tiempo para la expiración.

$\sigma$ : Volatilidad del activo subyacente.

$N(d_1)$  y  $N(d_2)$  son los valores de distribución lognormal en  $(d_1)$  y  $(d_2)$ .

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{X}\right) + \left(r + \frac{1}{2}\sigma^2\right)(T)}{\sigma(\sqrt{T})} \quad d_2 = d_1 - \sigma(\sqrt{T})$$

La ecuación anterior, puede ser dividida en tres partes que son:

$N(d_1)$  = Valor esperado de  $S$  si  $S > X$  en el momento de expiración de las expectativas.

$N(d_2)$  = Probabilidad de neutralidad frente al riesgo de  $S > X$  en la fecha de expiración.

$Xe^{-r(T)}$  = Precio del activo para comprar en el tiempo  $t$ .

La aplicación tan sencilla del modelo Black-Scholes, contrasta con su aplicación limitada, pues éste sólo se puede utilizar en opciones reales que contengan una sola fuente de incertidumbre y una única fecha de decisión de tipo europea.

No obstante, para Black y Scholes (1973), un inversor racional nunca ejercería una opción de compra antes de su caducidad y, por lo tanto, el valor de la opción de compra americana coincidirá con la europea. Por otra parte, dado que la opción de venta americana incorpora sobre la europea la ventaja de poder ser ejercida en cualquier momento del periodo, su valor superará a la correspondiente europea, proporcionando la valoración de esta última un límite mínimo para la opción americana.

Pero, si se cuenta con un amplio rango de opciones (americanas, europeas, compuestas, etc.) y se tiene más de una fuente de incertidumbre, los árboles binomiales proporcionan un método más flexible y adecuado para la valoración.

### 3.5.2 Árboles binomiales.

#### 3.5.2.1 Antecedentes y Supuestos

Cuando Black and Scholes publicaron su histórico artículo en el que propusieron un modelo para valorar opciones europeas protegidas de dividendos, usaron una cartera compuesta por el activo subyacente y un activo libre de riesgo, que tenía los mismos flujos de efectivo que la opción que se estaba evaluando para arribar a su fórmula final. La derivación matemática de esta fórmula es compleja, pero puede razonarse simplemente con el llamado modelo binomial para valorar opciones.

Este método, propuesto por Cox *et al.* (1974), consiste en un diagrama discreto que permite visualizar las posibles trayectorias que adoptará el valor de un activo subyacente en el tiempo, dada su volatilidad. Los árboles binomiales, posibilitan la valoración de opciones tanto europeas como americanas.

En los activos reales, este enfoque representa una forma muy eficaz para analizar en qué momento se estima que una compañía pueda valer más ó valer menos si adopta ciertas decisiones. Los supuestos básicos del método binomial los señalan Mascareñas *et al.* (2004), como sigue:

- I. Mercado financiero perfecto (competitivo y eficiente).
- II. Ausencia de costos de transacción (costos de información e impuestos).
- III. Posibilidad de comprar o vender sin limitación alguna.
- IV. Existencia de una tasa de interés sin riesgo a corto plazo, conocida, positiva y constante para el período considerado.
- V. Todas las transacciones se pueden realizar de manera simultánea y los activos son perfectamente divisibles.
- VI. La acción o activo subyacente no paga dividendos.
- VII. Se utilizarán las probabilidades que prevalecería en un mundo en el que los inversionistas fueran indiferentes o neutrales al riesgo.
- VIII. El precio del activo subyacente evoluciona según un proceso binomial multiplicativo a lo largo de períodos discretos de tiempo.

### 3.5.2.2 Cálculo del modelo

La versión descrita por Lamothe y Méndez (2007) del modelo binomial, parte de la idea de que a lo largo del tiempo el valor de un activo puede evolucionar con un aumento de valor o una disminución. La intuición es que el riesgo de mercado está implícito en la volatilidad del activo.

Los parámetros de aumento y bajada del proyecto se denominan  $u$  y  $d$ , siendo su formulación:  $u = e^{\sigma}$ ;  $d = e^{-\sigma}$  (3 y 4), donde  $\sigma$  es la desviación estándar -ó volatilidad- esperada del rendimiento del proyecto, (Brach, 2003).

El valor del proyecto puede aumentar o disminuir y la probabilidad de ocurrencia es: Probabilidad de aumento  $(1 + r_f) - d / (u - d) = p$  (5) y la probabilidad de disminución  $1 - p = q$  (6), donde  $r_f$  es la tasa de interés libre de riesgo.

El valor del proyecto al aumentar o disminuir en el tiempo, forma un árbol de decisiones conocido como “árbol del activo subyacente”. Éste se elabora mediante un proceso de difusión del valor del activo basándose en los movimientos de subida y bajada del VP del proyecto y actualizándolos a la tasa libre de riesgo  $r_f$ .

Una vez que se tienen todos los nodos de proyecto, se procede a realizar el árbol de valoración. Para su desarrollo, se crea una regla de maximización dependiendo de la opción real que tenga el analista. Se compara el valor reciente con el anterior que se tenía en el árbol del subyacente y se elige el máximo entre el obtenido y 0 para obtener el valor de ese nodo. Se recalculan éstos de derecha a izquierda a partir de los nodos terminales. Después se ajusta recursivamente desde el momento final al inicial por las probabilidades de subida y bajada para obtener el valor de la opción en el nodo izquierdo extremo del modelo.

La fórmula para calcular, por ejemplo, el nodo  $S_0u^4$  presentado en la Imagen 2, sería:

$$S_0u^4 = \frac{p(S_0u^5) + (1 - p)(S_0u^4d^1)}{1 + r_f} \quad (7)$$

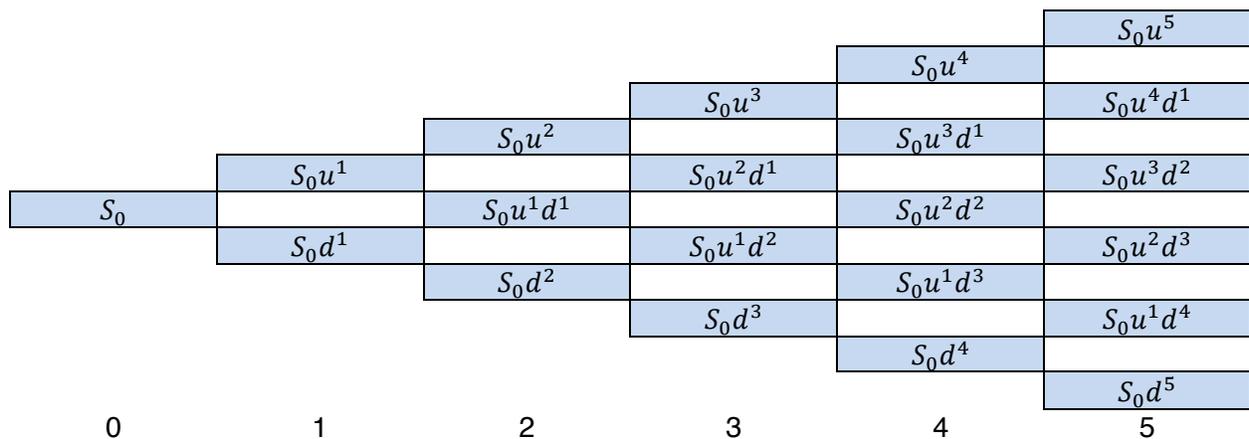


Imagen 2. Árbol binomial del activo subyacente. Recuperado de Brach (2003).

Es importante hacer notar que:

- I. Mientras que el intervalo de tiempo entre los cambios de valor se haga más corto, la distribución final de resultados se hará más uniforme. Lo mismo ocurre si se proyecta a un gran número de años.
- II. El valor de la opción se incrementa a medida que: se extiende el tiempo de expiración; se hace más grande la diferencia entre los precios mayores y menores; crece la tasa libre de riesgo.

### 3.5.2.3 Árbol Binomial con Opción de Flexibilidad Técnica

Estas opciones en su mayoría se toman para aumentar el valor de un proyecto a partir de un año determinado y se basa en la posibilidad de utilizar o mejorar una nueva tecnología con objeto de aumentar el rendimiento en una cantidad establecida. Para el uso de esta opción, es necesario que la empresa establezca tanto las probabilidades que tiene de implementar tecnología como los incrementos de rendimiento que ésta generaría. Una vez que define las cantidades, se sustituyen en:

$$\text{Probabilidades: } (1 - \lambda) = p \quad (8) \text{ y rendimientos: } (1 + h) \quad (9)$$

Esta tecnología iniciaría en el modelo a partir del año de ejercicio que los analistas consideren pueda entrar en funcionamiento. Por ejemplo, si una empresa sabe que dentro de 4 años puede tener acceso a un novedoso sistema de producción que aumentaría su rentabilidad, entonces los 3 primeros años, transcurrirán normalmente, pero en el año 4, habría un salto en el rendimiento por la probabilidad de ocurrencia en:

$$(1 + h)(1 - \lambda) \quad (10)$$

En el año 5, la probabilidad aumentaría en:  $(1 + h)(1 - \lambda^2)$ , en el 6,  $(1 + h)(1 - \lambda^3)$  y así sucesivamente hasta completar el horizonte de tiempo proyectado para el modelo DFC.

El analista debe tener presente que desarrollar o adquirir tecnología, tiene un costo el cual es necesario considerar en el VAN total de la empresa.

Finalmente, para determinar cuál es el valor de esta flexibilidad, las cantidades obtenidas con (10), se agregarán al proyecto, a partir del año en el que iniciaría el cambio técnico, a través del modelo binomial.

### 3.5.2.3 Árbol Binomial con Flexibilidad de Diferenciación

Con los avances en la investigación que hay en el genoma de las plantas y de los animales es muy posible que se puedan diferenciar ciertos productos genéricos para darles otro giro comercial. Esto abre la posibilidad de tomar opciones reales de inversión para los nuevos artículos. Para ejemplificar, supóngase que se tiene un producto que presenta el árbol subyacente de la Imagen 3.

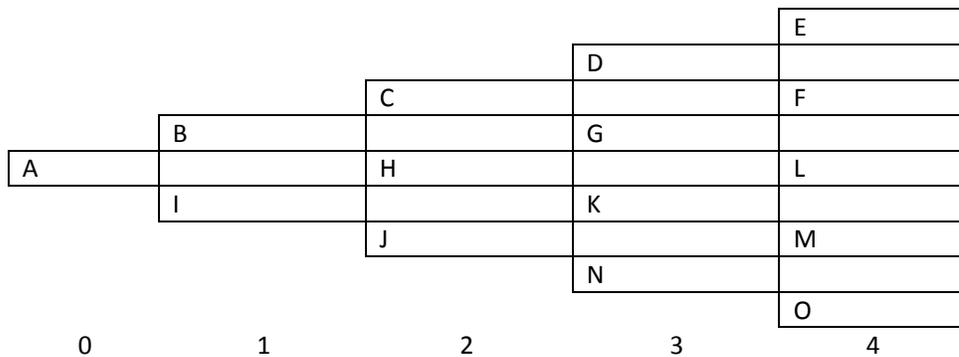


Imagen 3. Árbol binomial del subyacente a 4 años.

Supóngase también que si en el año 2, las cosas salen mal y el proyecto se encuentra en el nodo J, el gerente decide diferenciar el producto; los nodos a estimar serían: J, K, L, M, N, O. Para esto, se recalcularían las probabilidades de diferenciar y de no diferenciar multiplicandolas por datos de up y down. En la Imagen 4 se pueden observar la parte del árbol a modificar.

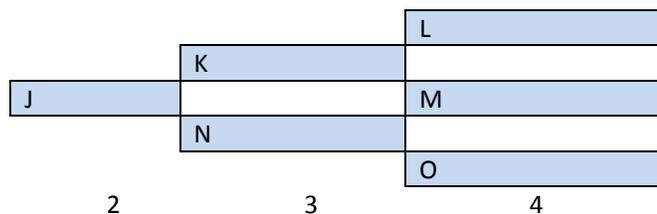


Imagen 4. Árbol del subyacente con probabilidad de fracaso a partir del año 2.

Posteriormente, se vuelve a calcular el valor de cada nodo que se empalma, ponderando cada valor por la probabilidad de diferenciar o no. Imagen 5.

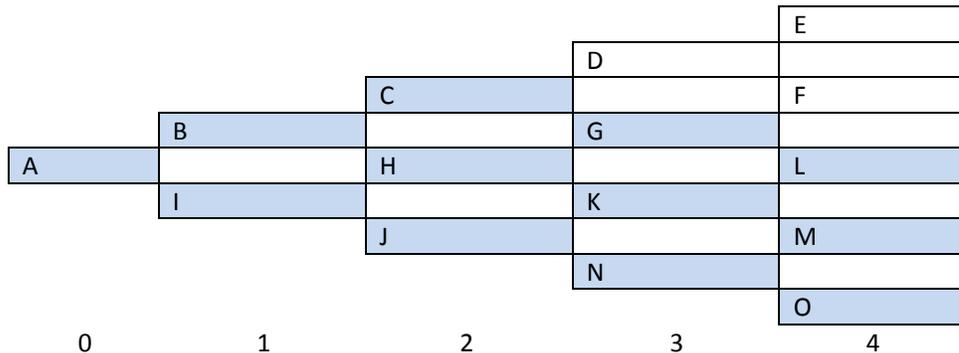


Imagen 5. Árbol binomial con opción de diferenciación.

Los valores de E y F no cambian por que no es necesario diferenciar. Los nodos L y M, se calculan usando ponderadores de las probabilidades de diferenciar y de no hacerlo. El caso del nodo O sólo se llegó por diferenciación.

Finalmente, para obtener el árbol de valoración, se recalculan los nodos de atrás hacia delante utilizando probabilidades y descontando por  $(1 + r)$  hasta llegar al nodo inicial A.

Además de las posibilidades anteriores, existen más ejemplos para evaluar proyectos por medio de árboles binomiales. Es por eso que este enfoque es posiblemente el más completo, pues no sólo permite considerar el riesgo en cada una de las etapas sino que ayuda a diseñar la mejor respuesta, dado un resultado determinado (si ocurre x, habría que hacer z).

### 3.6 VALOR ACTUAL NETO TOTAL

Mascareñas *et al.* (2004) establecen que el valor actual total del proyecto será igual al valor actual neto tradicional más el valor de la opción real.

$$\text{VAN Total} = \text{VP} + \text{Valor de la Opción Real (VOR)} - \text{Inversión} - \text{Costo de Opción} \quad (11)$$

Este enfoque plantea que el análisis de flujo de caja descontado y las opciones reales son complementarios y que el valor total de un proyecto es la suma de sus valores. Una vez que se acepta la noción de que el valor de un proyecto tiene tanto un componente de flujo de caja descontado como un componente de crecimiento potencial, también se hace evidente que la

proporción del valor total de un proyecto aportada por cada componente variará según el grado de incertidumbre asociado al proyecto.

En las primeras etapas de un proyecto innovador, el valor del VAN será bajo, debido a la necesidad de usar una tasa alta de descuento para ajustar la naturaleza incierta de los flujos de caja futuros. Al mismo tiempo, lo más probable es que el valor de las opciones reales sea alto, debido a esa misma incertidumbre. La decisión final de aceptación o rechazo dependerá de si el VAN total es positivo o negativo.

Nótese que puede darse el caso en que el VAN tradicional sea menor que cero (y por tanto querer rechazar el proyecto), pero se cuente con un valor de crecimiento lo suficientemente grande y positivo como para contrarrestar el valor negativo. El resultado sería un proyecto aprobado gracias a la suma de efectos en el VAN total. Este podría ser el caso de proyectos prometedores que van iniciando en la nueva economía.

### 3.7 CRÍTICAS AL MÉTODO DE OPCIONES REALES

Pese a todo su atractivo teórico como forma de valorar proyectos de crecimiento, las opciones reales han tenido dificultad para ganar popularidad entre los analistas financieros o gerentes. Algunos directores financieros opinan que el ROA sobreestima el valor de proyectos inciertos empujando a las empresas a invertir demasiado en ellos.

Es riesgoso –dicen los académicos- aplicar herramientas de valoración que han sido desarrolladas para opciones financieras bien definidas a complejos proyectos de negocios. Las herramientas obligan a los ejecutivos a adoptar muchos supuestos simplificadores y, por ende, según esta creencia, no pueden capturar plenamente los multifacéticos riesgos y oportunidades de una propuesta (Abreu y Paredes, 2014).

Orellana (2011) también señala que el ROA, tiende a reflejar la "perfección" en lugar de la realidad económica. Es decir que los modelos asumen que se tienen los parámetros adecuados, que no se encuentran afectados por otros proyectos de la empresa o por las acciones de otras firmas que puedan invertir y ejercer opciones similares.

Además, diversos analistas consideran al método de opciones reales, demasiado complicado de usar y más aún, de explicar a una Junta Directiva. La teoría de las opciones ha

desarrollado una gran variedad de modelos de valoración, que se basan en una serie de hipótesis implícitas y puede conducir a resultados diferentes. Son pocos los que poseen las habilidades matemáticas necesarias para el uso y aplicación de estos modelos en sus proyectos de inversión.

Estas inquietudes son legítimas, pero descartar las opciones reales como modelo de valoración es igualmente erróneo. Las críticas recurrentes hacia las ROAs, desafían a académicos e investigadores a reenfocar sus estudios, con el objeto de proporcionar una orientación más sólida que mejore la práctica de la toma de decisiones.

### 3.8 DETERMINACIÓN DE LA VOLATILIDAD

#### 3.8.1 Concepto de volatilidad

Los precios de los productos o activos presentan grandes oscilaciones durante periodos de incertidumbre económica o financiera. Analistas y operadores de mercado están interesados en conocer la dirección (aumento o disminución) de los precios del activo subyacente y la “velocidad<sup>3</sup>” (porcentaje de cambio) de los movimientos de dicho activo (Natenberg, 1994). Esta velocidad es precisamente la volatilidad y su cálculo permite cuantificar el riesgo en los modelos de valoración.

En economía y finanzas se analiza el riesgo partiendo del supuesto de que el precio de un bien o servicio resume toda la información que hay en el mercado. Por ello, la variable que se usa frecuentemente para medir el riesgo de un bien, bono, acción o servicio es el comportamiento del precio real. Más precisamente, el riesgo se mide por los cambios del precio (Brambila, 2011).

En el caso concreto de las opciones reales, la volatilidad se refiere al posible rango de precios que puede llegar a tener el precio del activo durante la vida de contrato de la opción, y la variabilidad de los mismos (Delgado, 1999). Este parámetro entonces, se medirá a través de la dispersión del rendimiento del activo subyacente. Identificando al rendimiento como la ventaja obtenida por variaciones en los precios.

---

<sup>3</sup> Los mercados, cuyos precios se mueven lentamente, son mercados de baja volatilidad; los mercados cuyo precio se mueven a gran velocidad, son mercados de alta volatilidad.

A menudo, la volatilidad es vista como algo negativo porque representa incertidumbre, pero como indica Natemberg (1994), si los precios de un activo no se mueven con la suficiente rapidez (alta volatilidad), las opciones valdrán poco dinero ya que disminuyen las posibilidades de que el mercado cruce los precios de ejercicio. La volatilidad será entonces la herramienta que permita analizar el comportamiento del mercado.

### 3.8.2 Distribución estadística en las opciones

Mascareñas *et al.* (2004) mencionan que, si el mercado es eficiente, la variación de los precios será totalmente aleatoria ya que se producirá sólo cuando aparezca nueva información (también aleatoria) en el mercado. Por esto, se dice que en un mercado eficiente los precios siguen un paseo aleatorio (random walk). Si los precios siguen un paseo aleatorio, es fácilmente demostrable que la distribución estadística de los mismos se aproximará a una distribución normal y, por tanto, las variaciones se distribuirán del siguiente modo:

$$\bar{x} \pm 1\sigma = 68.3 \%$$

$$\bar{x} \pm 2\sigma = 95.4 \%$$

$$\bar{x} \pm 3\sigma = 99.7 \%$$

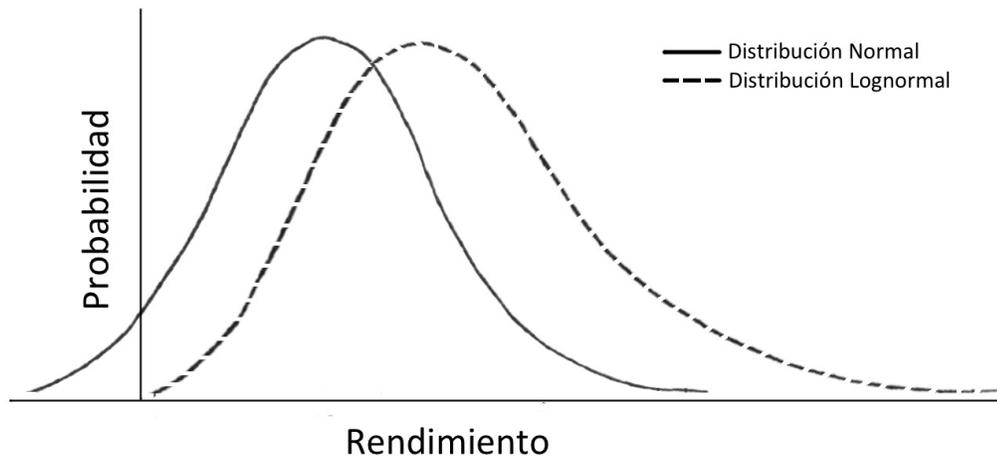
Donde  $\bar{x}$ , es la media de las variaciones y  $\sigma$  la desviación estándar de dichas variaciones, es decir, la volatilidad.

En todos estos casos se supondrá que el valor medio esperado de las variaciones del precio ( $\bar{x}$ ) es cero. La razón es simple, si el mercado es eficiente, la mejor estimación del precio futuro es el precio de hoy, ya que incorpora toda la información disponible hasta el momento. Todas estas hipótesis están implícitas en los modelos de valoración.

La evidencia empírica disponible para diferentes subyacentes dice que las variaciones en los precios de los mismos no se comportan exactamente como una distribución normal. Si las variaciones en los precios fueran distribuidas normalmente, la implicación sería que puede haber precios negativos. Esto es imposible. Lo más bajo que los precios pueden bajar es a cero, no obstante, los precios pueden subir infinitamente.

Realmente, la hipótesis que se realiza sobre las variaciones del activo subyacente en el modelo Black-Scholes y derivados es que las variaciones se comportan según una

distribución lognormal, es decir, el logaritmo de las variaciones o rendimientos sigue una distribución normal. Esta asunción, permite limitar los movimientos descendentes a cero, por tanto, es una representación más realista de cómo los precios se distribuyen en la práctica (Lamothe y Méndez, 2013). Véase Imagen 6.



*Imagen 6.* Comparativo entre distribución normal y lognormal. Elaboración Propia.

A pesar de la evidencia, en lo general, los mercados han asumido el supuesto de la distribución normal en la valoración de opciones. Esta decisión, en realidad, no ha sido causante de sesgos significativos. El verdadero problema para calcular -lo más acertado posible- la volatilidad, no depende tanto del tipo de distribución (normal o lognormal), sino de hallar un método de estimación que se adecue a la información disponible y al tipo de proyecto.

### 3.8.3 Estimación de la volatilidad

El tema más difícil para la construcción del modelo ROA, es la estimación de la volatilidad. Su valor debe reflejar las incertidumbres, tanto económicas como técnicas, asociadas con el valor del activo subyacente y la forma en que estas incertidumbres evolucionarán a través del tiempo.

#### 3.8.3.1 Volatilidad histórica

Si un operador pretende utilizar un modelo teórico de precios, deberá realizar la estimación más acertada sobre la volatilidad futura. Un punto de partida para ello es calcularla sobre la

base de la información pasada. Esta última, dependiendo del proyecto, puede provenir de 3 fuentes principalmente: del activo subyacente, de empresas comparables y del factor predominante.

#### 3.8.3.1.1 Volatilidad histórica del activo subyacente

Una primera aproximación a la estimación de la volatilidad del activo subyacente es analizar cuál ha sido su volatilidad en el pasado. A la volatilidad de un subyacente calculada según series históricas de precios se le denomina volatilidad histórica (Mascareñas *et al.*, 2004). Es una medida estadística del movimiento pasado de los precios, a partir de los cuales se puede inferir la volatilidad futura.

Evidentemente si un determinado activo subyacente ha tenido una volatilidad en el pasado entre un 15 y un 20%, será más probable que su volatilidad en el futuro se encuentre dentro de ese intervalo a que alcance un 30%. La explicación es que la volatilidad tiende a mostrar una correlación serial, es decir, la volatilidad de un período estará influenciada por la volatilidad observada en el periodo anterior.

Para que este enfoque sea válido, se deben examinar una gran variedad de datos históricos en diversos periodos de tiempo. Si se toman períodos muy largos, se podrá analizar con mayor acertividad la volatilidad característica ya que estos presentarán una curva de volatilidad más suave y constante. Se debe ser muy cuidadoso en el caso de opciones sobre commodities ya que éstos presentan un comportamiento estacional.

La estimación de la volatilidad es muy sencilla siempre y cuando se tengan las series históricas de los precios del subyacente, esto es, que la empresa en cuestión tenga una larga historia cotizando en la bolsa u operando. En caso de que se trate de una compañía de reciente creación, le quedan dos opciones, obtener la volatilidad histórica de un factor predominante o de alguna empresa comparable.

#### 3.8.3.1.2 Volatilidad histórica de empresas comparables

Frecuentemente se utiliza esta metodología para estimar la volatilidad de un proyecto cuando hay información histórica -series de datos relativas a los precios- de un proyecto similar o de firmas comparables en el mercado. Black y Scholes (1972) también le da el nombre de

“Benchmark forecast”, y ésta tiene que ver con calcular la desviación estándar de los rendimientos dado por los precios.

Este tipo de estimación asume que los riesgos de otro proyecto o de otras firmas son iguales a los riesgos del proyecto, de allí que la elección de los elementos para la comparación requiera contemplar posiciones de mercados, localización geográfica, tecnología, demanda, entre otras, lo cual hace muy complicado encontrar una empresa similar.

Mascareñas *et al.* (2004), señalan que la elección de la empresa o empresas comparable se deben basar en la proximidad de:

- a) El tamaño de la empresa/empresas con relación al proyecto.
- b) Las características de los productos o servicios producidos por la empresa/empresas y el proyecto
- c) El nivel de apalancamiento financiero y operativo del proyecto, y el de las empresas comparables.

De existir una gran discrepancia en los parámetros anteriores, debe buscarse otro método de estimación.

#### 3.8.3.1.3 Volatilidad histórica del factor predominante

Esta metodología se enfoca en estimar la volatilidad del proyecto según la volatilidad del factor predominante del mismo, es decir, del factor que genera el flujo de caja del proyecto (Lamothe y Méndez, 2007). Según esto, se utilizaría de referencia la volatilidad del precio del petróleo para evaluar un proyecto de extracción de una empresa petrolera, asumiendo, por facilidad, una correlación perfecta entre uno y otro. Otro ejemplo sería un proyecto de energía eléctrica, donde el factor predominante sería el precio de la energía ya que éste define el nivel de rentabilidad (Osorio, 2002).

Normalmente los insumos de este método son índices históricos de factores representativos para el proyecto, los cuales se asumen como determinantes de los flujos de caja futuros, y a los que se les calcula la desviación estándar sirviéndose del cálculo de las variaciones de rendimientos a base de logaritmo natural (Pareja, 2012).

Este enfoque es simple de utilizar, matemáticamente es válido y resulta ser práctico e intuitivo para los administradores, sin embargo, sus fuentes son de difícil consecución, o por lo menos en lo que respecta a los índices de los factores predominantes en el contexto de las opciones reales, además, con la utilización de este método se tiende a sobrevalorar la volatilidad al no contar con otros factores que se correlacionan con el proyecto y pudieran atenuar el riesgo. Aparte, no es aplicable para variaciones de rendimiento que resulten negativas porque no existe su logaritmo natural, este factor es crucial porque los activos reales fácilmente pueden tomar dichos valores y se puede incurrir en errores de cálculo (Mun, 2006).

#### 3.8.3.1.4 Cálculo de la volatilidad histórica

La volatilidad histórica como su nombre lo indica, muestra el riesgo histórico de un periodo de tiempo de hoy hacia atrás. Brambila (2011) explica que ésta se calcula midiendo las variaciones que han tenido los rendimientos del activo en cierto periodo de tiempo. El rendimiento periódico del subyacente se calcula según la siguiente expresión:

$$r_t = \ln\left(\frac{S_t}{S_{t-1}}\right) \quad (12)$$

donde:

$r_t$  = Rendimiento del subyacente de t-1 a t

$S_t$  = Precio de cierre del subyacente en la fecha t

$S_{t-1}$  = Precio de cierre del subyacente en la fecha t-1

La utilización de los logaritmos convierte la variación de los precios ( $S_t/S_{t-1}$ ) en una tasa de rentabilidad continua que como ya se ha visto es la más apropiada para los modelos de valoración de opciones; ésta permite además un análisis dinámico.

A partir de la serie  $r_t$  se calculan la media y la varianza de los rendimientos mediante las expresiones:

$$\bar{r} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n r_t; \sigma^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{t=1}^n (r_t - \bar{r})^2 \quad (13 \text{ y } 14)$$

donde  $n$ , es el número de datos utilizados en los cálculos,  $\bar{r}$  la media y  $\sigma^2$  la varianza. Nótese que en el cálculo de la varianza se divide por  $(n-1)$  y no por  $n$ , para corregir la estimación

por el número de “grados de libertad”. En la Tabla 1 se muestra un ejemplo de volatilidad histórica.

Tabla 1

*Cálculo de la volatilidad anual a partir de los datos de las acciones de la empresa “X”*

Año	Precio Real	Tasa continua de precios( $r_t$ )	$(r_t - \bar{r})^2$
2001	130		
2002	135	0.038	0.0001
2003	175	0.260	0.0540
2004	143	-0.202	0.0525
2005	169	0.167	0.0196
2006	192	0.128	0.0101
2007	211	0.094	0.0045
2008	204	-0.034	0.0037
2009	226	0.102	0.0057
2010	225	-0.004	0.0010
2011	210	-0.069	0.0092
2012	150	-0.336	0.1322
2013	180	0.182	0.0241
2014	171	-0.051	0.0062
		Suma 0.407	Suma 0.328

Media

$$\bar{r} = \frac{1}{14} \sum_{t=1}^{14} r_t = \frac{0.407}{14} = 0.0290 \therefore \text{La rentabilidad tiene una tendencia de crecimiento de 2.9\%}$$

Varianza

$$\sigma^2 = \frac{1}{13} \sum_{t=1}^{14} (r_t - \bar{r})^2 = \frac{0.3287}{13} = 0.0253$$

Desviación Estándar

$$\sigma = 0.159 \approx 16\% \text{ de riesgo}$$

La desviación estándar  $\sigma$  brindará una estimación de la volatilidad histórica en términos del periodo elegido para calcular  $r_t$ . Es decir, si  $r_t$  se calcula en base semanal,  $\sigma$ , será la volatilidad histórica en términos semanales, etc. Normalmente la volatilidad se presenta anualizada, es decir, cual podría ser el riesgo de cierto activo en un año, por lo que, si se tiene

información del riesgo en periodos menores de tiempo, por decir un mes, se debe hacer la conversión de esa tasa a una anual (Mascareñas *et al.*, 2004).

### 3.8.3.2 Volatilidad implícita

Ante la falta de una estimación que se ajuste a un proyecto en particular, y no sólo al mercado en general, se requiere del uso de un estimador que recoja elementos tanto del mercado, como de las variables internas (Pareja, 2012). La volatilidad implícita mide la volatilidad real que se encuentra contenida en los precios de los activos y además utiliza variables propias como fuente de información. Recientemente ha cobrado mayor importancia frente a otras técnicas, pues muestra la volatilidad esperada y se puede aplicar, aunque con metodologías diferentes, tanto a opciones financieras como a las reales. Al contrario de la volatilidad histórica, ésta es una volatilidad futura.

#### 3.8.3.2.1 Volatilidad Implícita Para Las Opciones Reales

El proceso obtener la volatilidad implícita de los proyectos reales, consiste en obtener la desviación estándar de las rentabilidades futuras proyectadas a partir de la construcción de un modelo de valoración tradicional. Para esta metodología es indispensable identificar aquellas variables que más inciden en los flujos de caja del proyecto y su comportamiento estocástico, simular los flujos de caja con base en el método de Monte Carlo, para finalmente calcular la rentabilidad del proyecto y su volatilidad (Maya, 2008).

La estimación de la volatilidad implícita reúne todos los flujos de caja futuros estimados del proyecto en dos tiempos, asumiendo una tasa de descuento constante y sin descontar la inversión (Mun, 2006). Así, se transforma el valor de mercado en un valor completo, puesto que se parte del supuesto de que el valor actual del proyecto es equivalente a su valor de mercado, y se estima la volatilidad simulando los rendimientos esperados desde la serie de flujos de caja esperada en el valor presente de un periodo 0 hasta otra serie evaluada en el periodo 1, y que a su vez, que permite agrupar varias fuentes generadoras de incertidumbre en el mercado en una sola variable, la volatilidad implícita.

Una vez establecidas las variables de entrada de la simulación, aquellas cuya posible fluctuación en el futuro van a afectar en mayor medida el VA del proyecto, se busca modelar dichas variables como fuentes de incertidumbre para la determinación del valor de la opción, es decir, bajo qué tipo de distribución se comportan los datos y generar una función particular

para cada variable. Después de tener todas las variables claves del proyecto analizadas, se involucran en el modelo de flujo de fondos y a partir de la fórmula que resulte de la modelación de las variables, se procede a estimar la desviación estándar de la serie de valores producto de las iteraciones de la Simulación Montecarlo (Maya, 2008).

Esta metodología, proporciona estimaciones más certeras ya que muestra la volatilidad real que se encuentra “contenida” de los precios de los activos. De esta forma, se podría utilizar como metodología más confiable, para tratar de capturar el valor que deviene de la incertidumbre.

### 3.8.3.3 Volatilidad futura

Idealmente, lo que cualquier inversionista quisiera saber es cuál va a ser la volatilidad en el futuro, es decir, la volatilidad que va a tener el activo subyacente durante la vida de la opción. Es la más importante de entre todos los tipos de volatilidades y es la que se utiliza en cualquier modelo de valoración; pero, como es un hecho futuro, no se puede conocer ni observar en la actualidad y, por lo tanto, se debe calcular a partir de los precios de las opciones que se contratan sobre el activo (volatilidad implícita).

### 3.8.4 Volatilidad en el caso de las opciones reales

Como en las empresas startups no se dispone de información histórica financiera ni existen empresas semejantes para comparar, algunos autores como Brambila (2011) y Domínguez (2009) se deciden por utilizar la volatilidad del factor predominante, es decir, del factor principal que genera el flujo de caja. Por ejemplo, en el caso de la empresa de este estudio, se utilizarían los índices de precios históricos del alga spirulina, se calcularían las tasas de crecimiento continuas y con base en ellas, la desviación estándar.

Cuando no se cuenta con los datos históricos idóneos para evaluar la volatilidad, se puede aplicar la hipótesis derivada del "Market Asset Disclaimer, MAD assumption" (Copeland y Antikarov, 2001 y Brandao *et al.*, 2005) que establece que en el caso de un proyecto que no es un activo que se negocie en el mercado, la mejor forma de calcular su volatilidad es partiendo del mismo proyecto, sin flexibilidad.

Por tanto, se puede utilizar la volatilidad implícita del proyecto. Para ello, se siguen los siguientes pasos presentados por Lamothe y Méndez (2007) basados en Copeland y Antikarov (2001).

- a) Se contruye la hoja de cálculo para obtener el valor presente del periodo 0, éste es simplemente el valor presente de la empresa tradicionalmente obtenido.
- b) Se modelizan las incertidumbres del proyecto, esto es, su distribución probabilística, su media y volatilidad.
- c) Se obtienen cada uno de los flujos de caja al periodo 1 mediante la fórmula:

$$VP_1 = \sum_{t=2}^n \frac{FC_1}{(1+r)^{t-1}} \quad (15)$$

En donde,  $VP_1$  es el valor presente en el periodo 1,  $t$  es el año del periodo,  $FC_1$  es el flujo de caja al periodo 1 y  $r$  es la tasa de descuento. Nótese que el resultado es el mismo si se multiplica el el flujo de caja al tiempo  $t$  por el factor de actualización:  $\frac{1}{(1+d)^{t-1}}$

- d) Se utiliza un programa de Simulación de Montecarlo para generar la distribución de los valores presentes en el momento 0 y en el momento 1. Por lo que la volatilidad a usar en el proyecto viene dada por la siguiente ecuación:

$$Z = \ln\left(\frac{VP_1 + FC_1}{VP_0}\right) \quad (16)$$

En la cual,  $Z$  es el rendimiento o rentabilidad,  $\ln$  es el logaritmo natural,  $VP_1$  es el valor presente al tiempo 1,  $FC_1$  son los flujos de caja del periodo 1 y  $VP_0$  es el valor presente al tiempo 0.

Es importante resaltar que para el cálculo se debe dejar el valor presente en el año cero constante, ya que de lo contrario convergería en la tasa de descuento.

De la distribución del rendimiento ( $Z$ ) del período 0 al 1, se calcula la desviación estándar y se utiliza esta volatilidad como la volatilidad del proyecto.

# CAPÍTULO 4

En este capítulo, se expondrán la metodología y el análisis financiero de dos empresas startup bioeconómicas. En cada uno de los casos, se iniciará con una descripción general de la empresa, seguida de una breve descripción de la metodología que se usará para su análisis financiero que incluye: el cálculo del VAN, el análisis con opciones reales, el cálculo de la volatilidad, la valoración de las opciones con el método binomial, para concluir con el cálculo del VAN total.

## 4.1 VALORACIÓN FINANCIERA EMPRESA 1: ALGA SPIRULINA

### 4.1.1 Descripción de la empresa

El primer caso de estudio corresponde al de una empresa mexicana que desarrolla tecnología innovadora de fotobiorreactores para el procesamiento de diferentes tipos de algas. También produce un suplemento alimenticio en polvo de alto contenido proteico.

El suplemento está enfocado a deportistas que deseen aumentar su masa muscular, pero también lo pueden consumir personas que quieran combatir el sobrepeso y pacientes diagnosticados con anemia. Todos estos segmentos de mercado, se encuentran actualmente en un auge de crecimiento exponencial.

Esta empresa fabrica su propia maquinaria, por tanto, la puede ir modificando con objeto de controlar la producción y obtener la calidad que el cliente solicita; otro beneficio es, que su artículo contiene vitaminas y proteína pura. Para el proceso de cultivo del alga, desarrollaron un sistema de fotobiorreactores de última generación similares a los empleados en Estados Unidos de América y Japón para la generación de biodiesel. Este sistema permite que el producto obtenido sea inocuo, insaboro e inoloro, pero el costo de esa calidad se resume en una menor producción.

Esta compañía, se enfrenta a la decisión de invertir o no, una gran cantidad de dinero (para investigación, patentes, activos fijos, etc.) en un entorno de incertidumbre técnica y de mercado.

Estudios previos realizados en el 2015 a través de la metodología DFC, valoraron de manera negativa a la empresa, debido a los altos costos irreversibles y a la elevada tasa de

descuento, por tanto, esta empresa no pudo ser candidata al apoyo de capital semilla que otorga el Instituto Nacional del Emprendedor.

A pesar de eso, los miembros de la compañía, intuían que su producto tenía la capacidad de generar valor a largo plazo, pues en un par de años, podrían mejorar su sistema de fotobiorreactores para aumentar la producción incrementando así sus ventas y ganancias.

Por lo anterior, se puede observar que el caso de estudio no es tradicional y no debe ser evaluado como tal. En realidad, se trata de una startup biotecnológica que posee flexibilidad tecnológica, esta opcionalidad tiene un valor el cual, debe ser calculado para presentar un análisis más completo de la realidad de la compañía.

Para su valoración, se decide realizar un VAN total.

#### 4.1.2 Metodología

Para calcular el valor intrínseco de la empresa, se utiliza el VAN tradicional. Para capturar el valor de la opción contenida se propone el uso de la metodología de opciones reales. Ambos enfoques se integran y complementan para llegar al VAN total.

El ROA consiste en cuatro incrementos de tiempo: identificación y cálculo del activo subyacente, determinación de su volatilidad, cálculo de la opción (modelo binomial, ecuación Black- Scholes, simulación montecarlo) e interpretación del valor de la opción.

La técnica seleccionada para calcular el ROA de la empresa, es el modelo binomial de Cox *et al.* (1979). Teóricamente, el resultado final del valor de la opción, es similar al obtenido mediante la ecuación Black-Scholes (1973), sin embargo, este último no permite trazar un plan de acción intuitivo según las circunstancias.

Los cálculos de la volatilidad necesarios para replicar el proceso de difusión del valor del proyecto están basados en la hipótesis de "Market Asset Disclaimer o MAD assumption" de Copeland y Antikarov (2001). En ésta, los autores indican que la volatilidad futura implícita del proyecto será la de su indicador de rentabilidad.

#### 4.1.2.1 El Valor Actual Neto

El análisis del VAN, se realizó con la información proporcionada por la empresa. Los supuestos del modelo se presentan a continuación. El flujo de fondos y los indicadores financieros se pueden ver en la Tabla 2.

- I. Tiempo: 6 meses para acondicionamiento de la planta sin producción y funcionamiento formal a 9 años.
- II. Capacidad: El primer año, dadas las condiciones técnicas, se operaría únicamente al 60% de la capacidad instalada, aumentando un 20% en años subsecuentes hasta alcanzar el 100%.
- III. Financiamiento: De la inversión total, \$2,879,469.00 pesos, se considera un aporte de 47% por parte de los socios y un crédito del 53%. Se considera un crédito pre-operativo a 6 meses y uno refaccionario a 5 años.
- IV. Ventas: Se vende todo lo que se produce; al 100% de la capacidad. Se producen 135kg mensuales y el precio de venta por kilogramo de producto es de \$2,183.00 pesos
- V. Tasa de actualización: La tasa de rendimiento mínima aceptable (TREMA) que incluye el costo de capital, la utilidad y el riesgo, es de 24.08%

Los resultados del análisis tradicional son:

- I. La tasa interna de retorno (TIR) que genera la empresa, 19.19%, es menor que la TREMA, 24.08, eso quiere decir que no se pueden cubrir totalmente los costos de capital y/o de riesgo y/o de utilidad.
- II. La relación beneficio costo (RB/C), de 0.95, indica que por cada peso invertido, se pierden 5 centavos.
- III. El VP resultante fue de 2,302,670 mientras que el VAN, (valor presente 2,302,670 – inversión 2,879,469) generó una cantidad negativa por -\$576,799.

Con los resultados dados únicamente por parte de la valoración tradicional, sin tomar en cuenta las opciones, se tendría que, la empresa destruye valor y por tanto se aconsejaría no invertir en el proyecto.

Tabla 2

*Flujo de caja con estimación del rendimiento, alga spirulina*

<b>VARIABLES PARA FLUJO DE CAJA</b>										
AÑO	6 meses	1	2	3	4	5	6	7	8	9
CAPACIDAD INSTALADA (%)	Inversión	60	80	100	100	100	100	100	100	100
Beneficios del proyecto		2,130,276	2,840,368	3,550,460	3,550,460	3,550,460	3,550,460	3,550,460	3,550,460	4,443,61
Costos del proyecto	2,879,469	2,492,778	2,266,648	2,644,474	2,567,037	2,532,595	2,498,15	2,498,153	2,498,153	2,498,153
Flujo de fondos	-2,879,469	-362,502	573,720	905,986	983,423	1,017,865	1,052,30	1,052,30	1,052,30	1,945,45
Factor de actualización	1.00	0.81	0.65	0.52	0.42	0.34	0.27	0.22	0.18	0.14
Flujo de fondos actualizados	-2,879,469	-292,148	372,636	474,240	414,868	346,060	288,334	232,374	187,275	279,031

<b>VARIABLES PARA SIMULACIÓN MONTECARLO</b>										
VP0	2,302,670									
VP1		462,373	588,445	514,775	429,397	357,770	288,334	232,374	346,226	
Z	0.22									

La tasa de actualización (TA) = 24.08%

<b>INDICADORES DE RENTABILIDAD FINANCIERA</b>	
VP =	2,302,670
VAN =	-\$576,798.80
TIR =	19.19%
RB/C=	0.95

<b>CÁLCULO TASA DE DESCUENTO</b>	
Costo de Capital	10.08%
Utilidad	10%
Riesgo	4.0%
Tasa de descuento (r)	24.08%

*Nota. Elaboración propia con información de la empresa en el año 2016*

#### 4.1.2.2 Análisis Con Opciones Reales del Proyecto

##### Tipos de Opciones Reales en el Proyecto Analizado.

En el caso de estudio, la opción real que se analiza es la flexibilidad técnica de la empresa, esto es, la posibilidad de que se pueda diseñar un fotobioreactor que permita aumentar las utilidades. Se encontró que existía una probabilidad del 80% de mejorar la tecnología, con objeto de incrementar el rendimiento de sus productos en un 68%. Este nuevo sistema tardaría al menos 3 años en ser desarrollado y la posibilidad de aplicar la nueva tecnología, aumentaría multiplicativamente conforme avancen los periodos hasta llegar al año 9 que es el tiempo de duración del proyecto. Cabe mencionar que el desarrollar esta tecnología generaría un costo de 178, 000 pesos según cálculos proporcionados por la empresa.

Las probabilidades de desarrollar mejoras en el caso de estudio se pueden observar en la Tabla 3. Nótese que para el año nueve, es casi seguro que se esté utilizando la nueva tecnología, pero como siempre, es una probabilidad. En la columna 4 de la misma tabla, se aplicó la fórmula 10 para conocer la proporción en que aumentará el valor del proyecto a partir del año 3.

Tabla 3

*Proporción de aumento en el valor del proyecto, alga spirulina*

Año	Probabilidades	Rendimientos	Aumento de Valor
3	$(1 - .2) = .80000$	(1+.68)	1.544
4	$(1 - .2^2) = .96000$	(1+.68)	1.6528
5	$(1 - .2^3) = .99200$	(1+.68)	1.67456
6	$(1 - .2^4) = .99840$	(1+.68)	1.678912
7	$(1 - .2^5) = .99960$	(1+.68)	1.6797824
8	$(1 - .2^6) = .99993$	(1+.68)	1.67995648
9	$(1 - .2^7) = .99999$	(1+.68)	1.679991296

Los valores anteriores serán utilizados en el modelo binomial.

#### 4.1.2.3 Cálculo de la Volatilidad

Para calcular los parámetros del modelo binomial, se debe conocer la volatilidad del proyecto. El problema es que éste no está negociado en ningún mercado y tampoco se dispone de información histórica. Se podría utilizar la volatilidad del rendimiento de mercado de alguna

empresa similar, pero, en este caso, dada la innovación, se estaría haciendo una aproximación errónea. Se tendría que encontrar una empresa con el mismo producto (spirulina), dirigido al mismo segmento de mercado (deportistas que busquen incrementar su masa muscular), establecida en México y que utilice una tecnología parecida.

Al no contar con los datos anteriores, se pensó en utilizar la volatilidad del factor predominante como referente para valorar el proyecto tal y como lo presentan Brambila (2011) y Domínguez (2009); sin embargo, al ser el alga spirulina un producto de poco uso en el mercado, los registros de sus precios no fueron suficientes para realizar el cálculo. Por ello para evaluar la volatilidad se decidió aplicar el “MAD assumption”.

Siguiendo los pasos descritos en 3.8.4 se obtuvieron los siguientes parámetros:

- I. Se estableció el VP0 como el valor presente tradicional de la empresa.
- II. Se determinó que la startup al poseer un producto único en su tipo, la fuente de incertidumbre más importante, era la referente al pronóstico de ventas. Para poder modelar su comportamiento, se utilizó una distribución lognormal. Esta asunción, permite limitar los movimientos descendentes a cero, por tanto, es una representación más realista de precios de venta que jamás serán negativos. La media para cada año se fijó como el valor de las ventas en kilogramos. Dado que la volatilidad del mercado general de suplementos proteicos es del 10% y este proyecto es más riesgoso, se utilizó un valor de 15% como desviación estándar.
- III. Se calcularon los VP1 de cada año mediante la ecuación (15). Los resultados se ven en la parte media de la Tabla 2.
- IV. Para la simulación Montecarlo se utilizó el paquete estadístico de Excel Crystal Ball (Oracle Crystal Ball Copyright © 2014 versión 11.1.2.3.500 para Excel) y la ecuación (16).

De la distribución del rendimiento ( $Z$ ) del período 0 al 1, se calculó la desviación estándar y se utilizó esta volatilidad como la volatilidad del proyecto. Cabe mencionar que se corrieron diversas simulaciones para conocer el rango en el que se movía la volatilidad del proyecto y después obtener un promedio. En éste caso, la media fue de 38%. Uno de los resultados que permitieron la obtención de la media, se presenta en la imagen 7.

1.000 pruebas		Vista de estadísticas
Estadística	Valores de previsión	
Pruebas	1.000	
Caso base	0,22	
Media	0,14	
Mediana	0,19	
Modo	---	
Desviación estándar	0,39	
Varianza	0,15	
Sesgo	-1,52	
Curtosis	11,98	
Coeficiente de variación	2,86	
Mínimo	-3,62	
Máximo	0,94	
Error estándar medio	0,01	

Imagen 7. Previsión de Z, proyecto alga spirulina

#### 4.1.2.4 Método Binomial de Valoración de Opciones.

Materiales y métodos descritos en el apartado 3, permitieron la obtención de los parámetros necesarios para su desarrollo. Éstos se presentan a modo de resumen en la Tabla 4.

Tabla 4.

*Parámetros para el cálculo del ROA, proyecto alga spirulina*

Variable	Valor
Valor presente de los flujos de caja (VP) ó activo subyacente (S)	$S = \$2,302,670$
Tasa de interés libre de riesgo (r)	$r = 0.072$
Desviación estándar del riesgo ( $\sigma$ )	$\sigma = 0.38$
Up (u)	$u = e^{\sigma} = 1.4622$
Down (d)	$d = e^{-\sigma} = 0.6838$
Probabilidad up (p)	$p = 0.4986$
Probabilidad down (1-p)	$1 - p = 0.5013$

En la Imagen 8, se muestra el árbol binomial del subyacente todavía sin opciones y elaborado con los datos anteriores.

Para considerar la posibilidad de que se pueda mejorar el aspecto tecnológico en la empresa, se multiplican los resultados de la Tabla 3 por los valores de los nodos presentados en la Imagen 8 a partir del año 3. Entonces los valores de los nodos involucrados varían como se muestra en la parte sombreada de la Imagen 9. Con la fórmula 7 y partiendo del último año, se recalculan los nodos de derecha a izquierda para obtener el valor presente del árbol binomial, los resultados se presentan en la Imagen 10.

									70391274.9
								48137876.4	
						32919636.0			32919636.0
					22512468.7			22512468.7	
				15395408.6		15395408.6			15395408.6
			10528325.8		10528325.8		10528325.8		
		7199915.7		7199915.7		7199915.7			7199915.7
	4923744.5		4923744.5		4923744.5		4923744.5		
3367158.9		3367158.9		3367158.9		3367158.9			3367158.9
2302670	2302670.0		2302670.0		2302670.0		2302670.0		
	1574707.2		1574707.2		1574707.2		1574707.2		1574707.2
		1076881.5		1076881.5		1076881.5		1076881.5	
			736437.7		736437.7		736437.7		736437.7
				503621.3		503621.3		503621.3	
					344407.2		344407.2		344407.2
						235526.8		235526.8	
							161067.7		161067.7
								110148.0	
									75325.9
	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Imagen 8. Árbol del activo subyacente, proyecto alga spirulina.

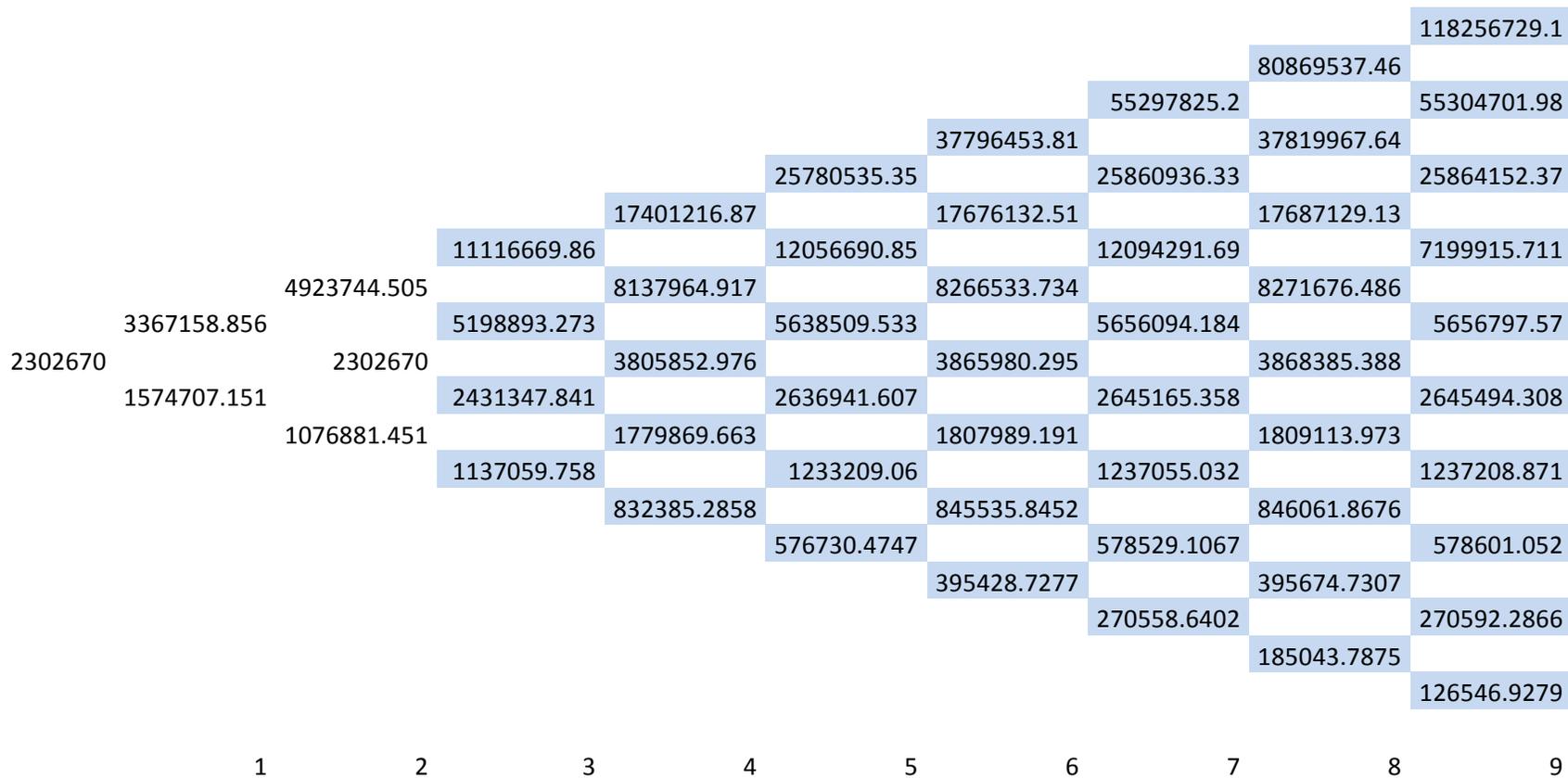


Imagen 9. Árbol binomial del subyacente con opción técnica.

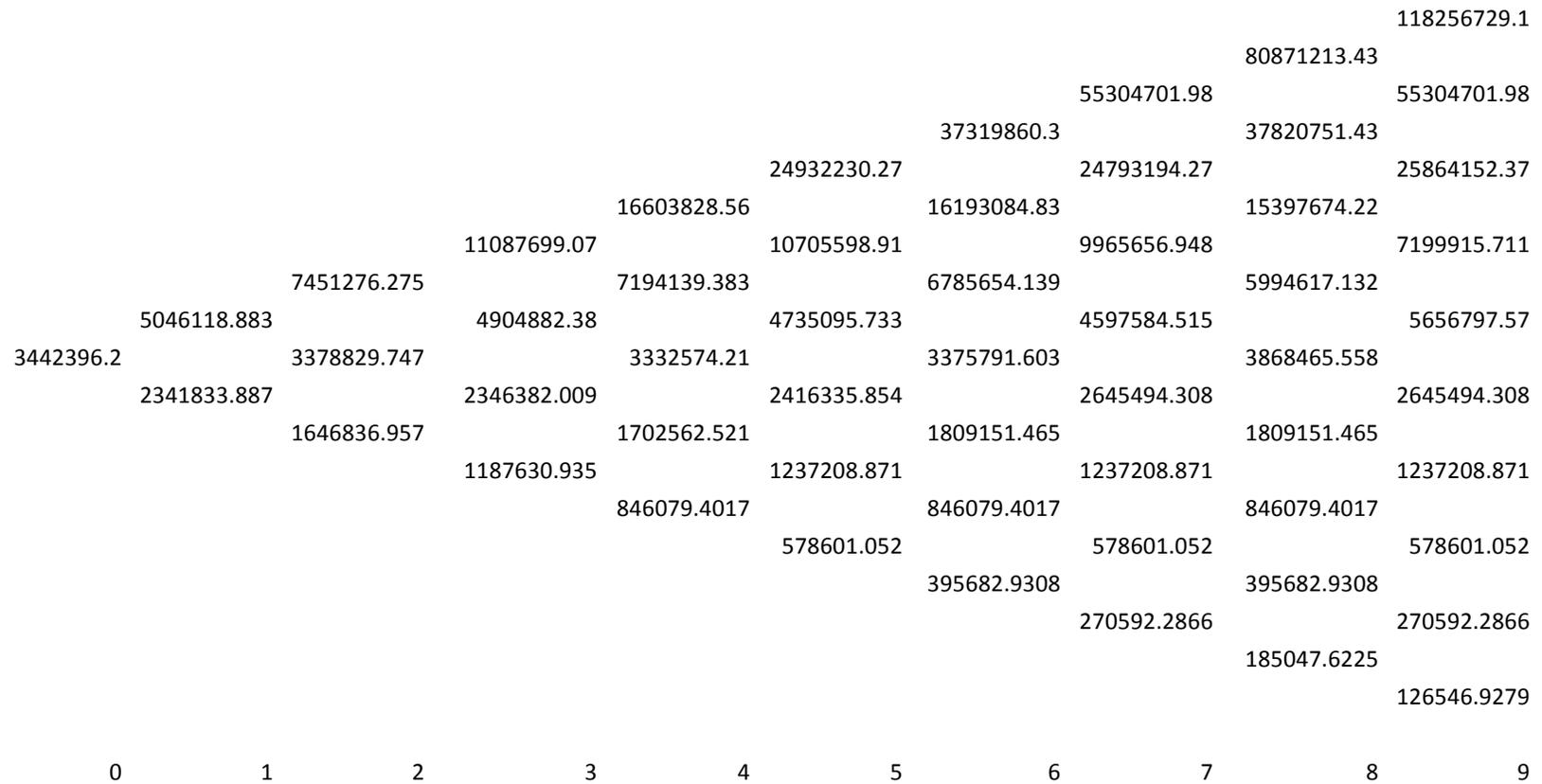


Imagen 10. Árbol de valoración binomial con opción técnica.

#### 4.1.2.5 Resultados y VAN Total

El flujo de fondos obtenido de manera tradicional fue de \$2,302,670, mientras que el flujo de fondos con la opción, resultó en \$3,442,396.2. La diferencia entre ambos, es el valor de la opción real: 1,139,726.2. Esto significa que la flexibilidad técnica que tiene la empresa de desarrollar y aplicar nueva tecnología en el futuro, tiene valor al día de hoy. Para obtener ahora el VAN total de la empresa, se utiliza la ecuación (12) que resulta:

$$\text{VAN Total} = 2,302,670 + 1,139,726.2 - 2,879,469 - 178,000 = \$384,927.2$$

El VAN tradicional (valor presente 2,302,670 – inversión 2,879,469) generaba un valor negativo de -\$576,799 por lo cual, el proyecto era desestimado según las reglas convencionales.

Como se esperaba, la valoración del flujo de caja descontado captura una estimación base del valor; la valoración de las opciones agrega el impacto de la potencial incertidumbre positiva. Al complementar ambos enfoques, el valor potencial de la opción, contrarrestó el efecto negativo del VAN, mejorando la viabilidad del proyecto que ahora vale \$384,927.2 para los inversionistas.

## 4.2 VALORACIÓN FINANCIERA EMPRESA 2: STEVIA

### 4.2.1 Descripción de la empresa

La segunda empresa a valorar, y que en adelante se definirá simplemente como “stevia”, es una startup biotecnológica que opera en el estado de México. Fue creada en diciembre de 2014, como una empresa dedicada a la producción y comercialización de edulcorantes orgánicos sin calorías extraídos de la planta llamada Stevia Rebaudiana Bertoni.

Sus productos son aptos para personas que padecen diabetes y pueden también ser consumidos por personas de cualquier edad y condición física. Su línea de productos consiste en: hojas secas para su uso en infusión, stevia granulada como endulzante, y sobres de té que se pueden combinar con otras infusiones.

Antes de iniciar operaciones en el 2013, los ejecutivos de la empresa realizaron un plan de negocios. Según los resultados obtenidos se tendrían ganancias desde el primer año pues este endulzante era nuevo en el mercado; se había permitido su uso en México hacía apenas 3 años y eran demasiadas las personas que lo deseaban consumir.

A pesar de que la inversión era significativamente elevada, los integrantes de la empresa veían en esta planta una gran oportunidad de crecimiento, así que adquirieron un invernadero, plantulas, fertilizantes y todo el equipo necesario para iniciar la operación de la empresa.

Las ventas fueron buenas durante los primeros meses, y todo parecía indicar que al final del año tendrían sus primeras ganancias. Pero, con el tiempo, el precio de venta de la stevia en todas sus presentaciones, comenzó a disminuir en el mercado, pues además de ellos, cientos de agricultores decidieron dedicarse al cultivo de stevia.

Con tanta competencia, inició el descenso de los precios. Según Infanciales (2016), éstos han disminuido a razón de 1.5% anual, lo anterior repercute en las utilidades. Las ventas se han mantenido porque la demanda también se ha incrementado, pero hay una gran incertidumbre acerca del futuro, y al día de hoy, la empresa se encuentra estancada.

El problema es que la empresa invirtió demasiado capital en infraestructura (invernadero) y no está recuperando el dinero que tenía contemplado en su plan de negocios.

Conscientes de la gran incertidumbre en los precios de sus productos, se considera como una opción, continuar sembrando stevia pero para un nuevo propósito, el fermentado de stevia, un nuevo producto nutracéutico que hasta el momento, sólo se ha utilizado en Japón.

La stevia fermentada actúa no sólo como el más potente antioxidante conocido, sino como un agente que desobstruye las venas eliminando los depósitos internos. En personas con diabetes mejora la circulación pero, ¿no sería este producto aún más incierto?

Los miembros de la empresa, saben que con ciertas técnicas podrían obtener el fermentado en sólo 5 meses sin sacrificar la calidad. Sin embargo, se obtendría una menor cantidad de producto pues existe una gran merma durante la transformación, y dado que en México la gente no conoce el producto, el precio no podría ser muy elevado. El escenario es nuevamente de incertidumbre.

La evaluación tradicional falló en el pasado debido a que los analistas, no tomaron en cuenta que los directivos tenían opciones, en este caso, la de diferenciar su producto. La empresa cuenta con una flexibilidad que no puede ser medida únicamente a través de métodos tradicionales. Es necesario valorar el impacto de sus decisiones en el futuro tomando en cuenta probabilidades e incertidumbre.

El método que puede captar ese valor es el del ROA. Pero para tener un verdadero plan de crecimiento, se hace necesario complementar ambos análisis, el tradicional y el de opciones reales. Ya que el valor total del proyecto sería la suma del VAN tradicional con la opción real, se deben calcular correctamente ambos elementos tomando en cuenta todas las variables anteriormente mencionadas

Por tanto, se propone elaborar una evaluación financiera a través del ROA, este enfoque, utiliza la incertidumbre en precios de venta para realizar cambios estratégicos conforme van ocurriendo distintos eventos financieros. Este plan dinámico les permitiría a los gerentes finalmente saber qué decisiones les pueden dar más valor a la empresa.

#### 4.2.2 Metodología

##### El Valor Actual Neto

El VAN se realizó con información del 2016 obtenida a través de investigaciones de mercado y de la compañía.

El flujo de fondos y los indicadores financieros aparecen en la Tabla 2. Los supuestos del modelo son:

- I. Tiempo: 6 meses para acondicionamiento de la planta sin producción y funcionamiento formal a 9 años.
- II. Capacidad: El primer año, dadas las condiciones técnicas, se operaría únicamente al 60% de la capacidad instalada, aumentando un 20% en años subsecuentes.
- III. Subsidio de \$100,000.00 para el invernadero
- IV. Financiamiento: De la inversión total, \$1,022,254.00 pesos, se considera un aporte del 58% por parte de los socios y un crédito del 47% de la banca de desarrollo. Se considera un crédito pre-operativo a 6 meses y uno refaccionario a 5 años.
- V. Ingresos: Los precios de venta disminuyen en 1.5% anual, además se tienen otros ingresos de 3,000 pesos mensuales por la venta de subproductos .
- VI. Ventas: Se vende todo lo que se produce; al 100% de la capacidad se obtienen en total 1,680 kg en 4 ciclos anuales.
- VII. Tasa de descuento: Incluye costo de capital, utilidad y riesgo y es de 31.08%

Analizando los resultados se tiene que:

- I. La tasa interna de retorno (TIR) que genera la empresa, 28.12%, es menor que la TREMA, 31.08, eso quiere decir que no se pueden cubrir totalmente los costos de capital y/o de riesgo y/o de utilidad.
- II. La relación beneficio costo (RB/C), de 0.97, indica que, por cada peso invertido, se pierden 3 centavos.
- III. Dado que los precios presentan una tendencia a la baja, en este estudio financiero a diferencia del realizado por los integrantes de la empresa, presenta un VAN negativo por la cantidad de \$192,991.27 pesos. En estas condiciones el proyecto no se considera rentable y debería ser rechazado

Tabla 5  
*Flujo de caja con estimación del rendimiento, stevia*

<b>VARIABLES PARA FLUJO DE CAJA</b>										
AÑO	6 meses	1	2	3	4	5	6	7	8	9
CAPACIDAD INSTALADA (%)	Inversión	60	80	100	100	100	100	100	100	100
Beneficios del proyecto		1,709,280	2,195,343	2,699,558	2,654,938	2,610,317	2,565,696	2,521,075	2,476,454	3,354,049
Costos del proyecto	1,811,876	1,878,717	1,628,653	1,884,758	1,781,768	1,744,357	1,706,947	1,686,867	1,666,788	1,646,709
Flujo de fondos	-1,811,876	-169,437	566,690	814,801	873,170	865,960	858,749	834,208	809,666	1,707,340
Factor de actualización	1.00	0.76	0.58	0.44	0.34	0.26	0.20	0.15	0.11	0.09
Flujo de fondos actualizados	-1,811,876	-129,261	329,808	361,764	295,754	223,762	169,283	125,453	92,890	149,431

<b>VARIABLES PARA SIMULACIÓN MONTECARLO</b>										
VP0	1,618,885									
VP1		432,318	474,206	387,679	293,311	221,899	164,445	121,761	195,877	
Z	0.27065061									

La tasa de actualización (TA) = 31.08%

<b>INDICADORES DE RENTABILIDAD FINANCIERA</b>	
VP =	1,618,885
VAN =	-\$192,991.2
TIR =	28.12%
RB/C=	0.972

<b>CÁLCULO TASA DE DESCUENTO</b>	
Costo de Capital	10.08%
Utilidad	17%
Riesgo	4.0%
Tasa de descuento (r)	31.08%

*Nota. Elaboración propia con información de la empresa en el año 2016*

### 4.2.3 Análisis con Opciones Reales del Proyecto

#### Tipos de Opciones Reales en el Proyecto Analizado.

Los proyectos bioeconómicos, por lo general, tienen su base en la tecnología y el uso de ésta para la transformación de los productos genéricos. Por ejemplo, un maíz con más lisina, un jitomate con más licopeno, leche con vacunas etc. Aunque stevia vende productos orgánicos que ya contienen valor agregado (edulcorantes) se enfrenta al problema de la competencia.

Mientras exista incertidumbre en los precios de venta, la empresa por sus características particulares, cuenta con la opción real de invertir en el futuro para diferenciar aún más su producto en caso de que las condiciones no sean las esperadas. Es decir, si los ingresos por las ventas de los endulzantes son bajos, la empresa tiene la opción de diferenciar ofreciendo el fermentado de stevia. Pero si las cosas van bien, no sería necesario utilizar esa opción.

La flexibilidad de la empresa radica en que utilizaría la misma infraestructura, materia prima y equipo, para desarrollar un producto nutraceútico dirigido al mismo segmento de mercado. Esta opción de decidir entre diferenciar o no dependiendo de la situación financiera, tiene un valor que puede ser positivo o negativo en cualquiera de los casos según el tipo de proyecto y su volatilidad, es por eso que este último dato es de vital importancia para el análisis.

#### 4.2.2.3 Cálculo de la Volatilidad

Para cualquier modelo de opciones reales, uno de los parámetros más importantes, decisivos y difíciles de calcular, es el de la volatilidad. Y si la empresa es una startup –como en este caso–, el problema se agrava.

La stevia rebaudiana fue autorizada para su consumo en México en el año 2009 y los registros de su cultivo aparecen a partir del año 2011 en el anuario estadístico de la producción agrícola del SIAP, por lo cual es imposible calcular la volatilidad histórica del factor predominante. Obtener la volatilidad de empresas comparables no es una opción debido a que el proyecto es único en su tipo.

Se decide también en este caso de estudio, utilizar la hipótesis MAD de Copeland y Antikarov (2001) que propone emplear el proyecto (sin opciones) para desarrollar una distribución

hipotética sobre los periodos de retorno y así estimar la volatilidad. Es necesario el uso de un programa de simulación montecarlo para realizar dicha distribución, en este caso se utilizó Crystal Ball (Oracle Crystal Ball Copyright © 2014 versión 11.1.2.3.500 para excel).

Según los pasos a seguir descritos en el capítulo 3.8.4, lo primero que se debe hacer es calcular el flujo de fondos. Después, se debe dividir el proyecto en dos periodos de tiempo. El VP0, equivalente al VP tiene un valor de \$1,618,885.00. Para obtener el VP1 se utiliza la fórmula 15. Los resultados se pueden observar en la parte inferior de la Tabla 5.

Posteriormente, se elabora un modelo de incertidumbre. En este proyecto, el precio esperado por unidad (100gr de producto) al año 1 es de 100 pesos, pero según datos de infinancials (2016) éste ha venido disminuyendo a través del tiempo en un 1.5% anual debido a presiones de la competencia.

Sin embargo, la empresa y algunos estudios recientes plantean que la demanda de stevia crecerá en un futuro debido a la difusión que se le ha dado a la planta como edulcorante saludable, entonces, el precio podría aumentar. Además, algunos competidores al observar que la stevia ya no es tan rentable, han optado por cambiar de cultivo. Menor competencia implicaría también un aumento de precios de venta en el mediano plazo.

Se considera entonces que la principal fuente de incertidumbre radica en los precios de venta estimados. Es importante notar además que, en este proyecto, los errores de estimación se encuentran positiva y altamente correlacionados a través del tiempo. Esto implica que si el precio es subestimado en un año, es muy probable que igualmente se subestime el año siguiente.

Utilizando la hoja de cálculo en excel y el programa de simulación, se seleccionan los precios estimados como las variables a definir y se define que éstos tienen un comportamiento de distribución lognormal pues nunca serán negativos. La media es el precio de cada año y como desviación estándar se utiliza la del mercado que es del 12%. Se elige una correlación positiva entre las variables de 90%, pues como se mencionó anteriormente, es alta la probabilidad de que los errores que se cometieron para estimar el precio del primer periodo, se cometan de igual manera en el segundo, el del tercero con el segundo y así sucesivamente.

La variable a pronosticar es la rentabilidad (z) pues su desviación es el indicador de la volatilidad. Este valor se calcula manteniendo constante el valor presente en VP0 para el proyecto e iterando las variables del modelo para que hagan variar el valor presente en el momento 1. Fórmula (16).

Finalmente, se ejecuta la simulación. El programa realiza 1000 pruebas de manera predeterminada arrojando -entre otros datos estadísticos- la desviación estándar de los rendimientos. Esta volatilidad se utiliza como la volatilidad del proyecto. Se recomienda efectuar más de una simulación y elegir el dato que más se repita u obtener un promedio. Para el proyecto stevia, el parámetro se decidió en 51% de acuerdo a la Imagen 11.

Estadística	Valores de previsión
Pruebas	1.000
Caso base	0,27
Media	0,15
Mediana	0,22
Modo	---
Desviación estándar	0,51
Varianza	0,26
Sesgo	-1,75
Curtosis	12,69
Coefficiente de variación	3,34
Mínimo	-4,72
Máximo	1,26
Error estándar medio	0,02

Imagen 11. Desviación estándar de la distribución de los rendimientos, proyecto stevia.

#### 4.2.2.4 Método Binomial de Valoración de Opciones

La empresa stevia tiene la incertidumbre de que si el producto que actualmente vende, volverá a ser rentable debido a un aumento de los precios o si sucederá todo lo contrario. Por lo tanto, se decide que, si las cosas “van bien”, no sería necesario diferenciar. Por otro lado, si las cosas “salen mal”, la empresa tiene la opción de cambiar su producto. Los datos necesarios para iniciar la construcción del modelo binomial, se calcularon anteriormente y se presentan en Tabla 6.

Tabla 6

*Parámetros del cálculo del ROA, proyecto stevia*

Variable	Valor
Valor presente de los flujos de caja (VP) ó activo subyacente (S)	$S = \$1,618,885$
Tasa de interés libre de riesgo (r)	$r = 0.0446$
Desviación estándar del riesgo ( $\sigma$ )	$\sigma = 0.51$
Up (u)	$u = e^{\sigma} = 1.6652$
Down (d)	$d = e^{-\sigma} = 0.6004$
Probabilidad up (p)	$p = 0.41707$
Probabilidad down (1-p)	$1 - p = 0.5829$

En la Imagen 12, se muestra el árbol binomial del subyacente elaborado con los datos anteriores y sin opciones.

Supongase que, en los años 1 y 2 a partir de la realización de este análisis, las cosas salen mal y se decide realizar la diferenciación. Entonces, en el año 2 se invertirían \$263,000.00 pesos para la compra de equipo, esperando que con esto, se genere un flujo de efectivo de \$1,369,484.00 a partir de ese año. Los nodos que se tendrían que revisar, son los que aparecen en color azul en la Imagen 12. Entonces dados valores del up y el down, 1.6652 y 0.600496 respectivamente, se desarrolla el árbol binomial del producto stevia fermentada a partir del año 2. Véase Imagen 13.

El el árbol del activo subyacente, se puede apreciar que, si las cosas van mal en el año 2, se tendría un valor de \$583,761.74. La probabilidad de llegar a ese nodo es de:  $1 - p = (0.582921) (0.582921) = 0.339796$

Es decir, del año 0 al uno, existió una probabilidad de bajar  $1 - p$  llegando así del nodo del valor presente al nodo del valor 972,133.29. Se supone después que a partir de ese punto, le vuelve a ir mal al proyecto en  $1 - p$  resultando en el nodo 583,761.74.

Entonces, la decisión de diferenciar el producto porque va disminuyendo la rentabilidad tiene una probabilidad de 0.339796. Mientras que la probabilidad de que no se diferencie es de 0.660204. Suponiendo que en el año 2 se tomó la decisión definitiva de cambiar el producto, pues en vez de tener \$583,761.74, se tendrían 1,369,484.00, en ese caso, definitivamente es mejor diferenciar. No obstante, si la empresa tuviera éxito con los endulzantes ese mismo año, el flujo obtenido sería de 4,489,483.41, por tanto, no convendría diferenciar.

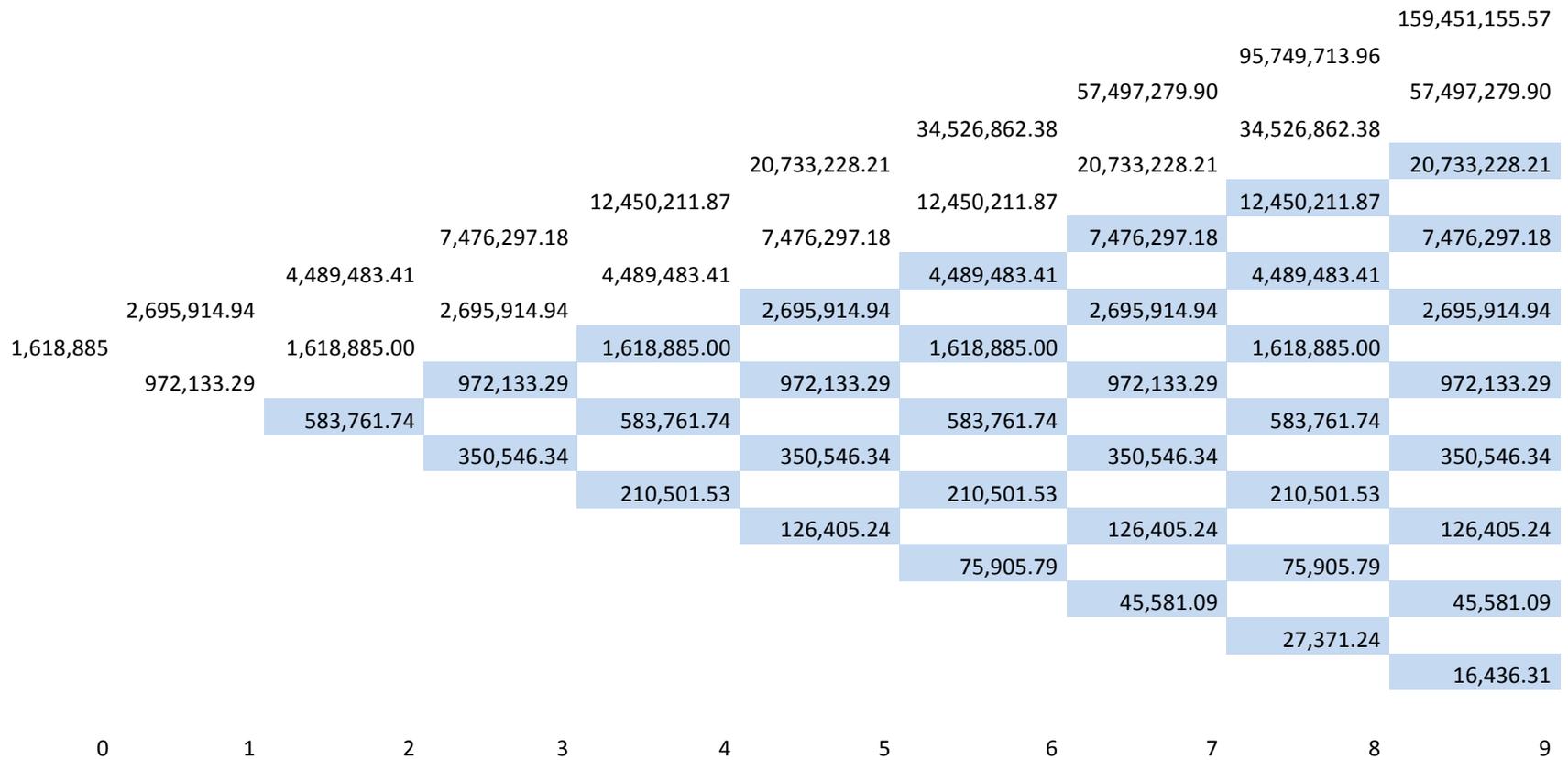


Imagen 12. Árbol binomial del activo subyacente, proyecto stevia.

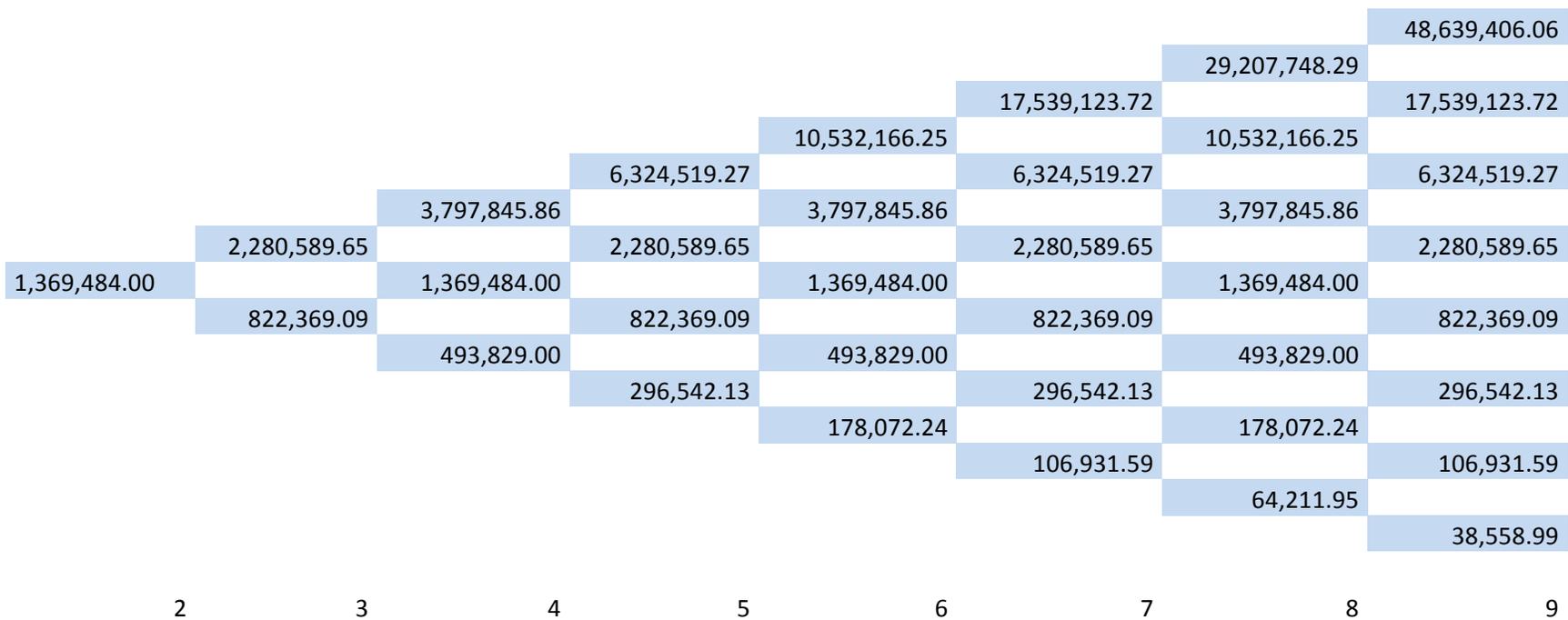


Imagen 13. Árbol del subyacente con diferenciación a partir del año 2.

Para obtener los demás valores del árbol que incluye la diferenciación, se deben recalcular los valores de los nodos que se empalman, ponderando cada valor por la probabilidad de diferenciar o no. En la Imagen 14 se pueden observar de color azul los nodos que se juntan.

La regla general para obtener los nuevos datos, es la de primero tomar el valor mayor (con o sin diferenciación) y posteriormente, los datos empalmados se ponderan por la probabilidad de ocurrencia de la diferenciación.

Por ejemplo, en el año 3 del árbol inicial si se continúa perdiendo, el valor sería de 350,546.34 con el producto sin diferenciar. Esta cantidad se empalma con los 822,369.09 del árbol en el que si se diferencia, así que, para obtener el nuevo nodo, se ponderaría de la manera siguiente:

$$\text{Nuevo valor nodo año 3} = (350,546.34) (0.660204) + (822,369.09)(0.339796) = 1,369,484.00$$

Este procedimiento debe seguirse en todos los nodos que se emparejan con excepción del inicial pues en ese caso, debe seguirse la regla de maximización (583761.74, 1369484.00) ya que es necesario saber si la decisión de cambio tiene valor. Sería inútil continuar con esa opción si fuese lo contrario.

Con base en la columna de nodos finales (año 9), y usando la fórmula 7 del apartado 3.5.2, se completan todos los flujos de caja del árbol de valoración, recuérdese que, en este modelo, se trabaja de derecha a izquierda, ponderando los valores del up y el down descontados a la tasa de interés libre de riesgo. El último dato del extremo izquierdo, será el valor presente de la empresa con la opción real incluida. El resultado se muestra en la Imagen 15. En negritas se pueden ver los únicos flujos de fondo que no cambiaron con la opción.

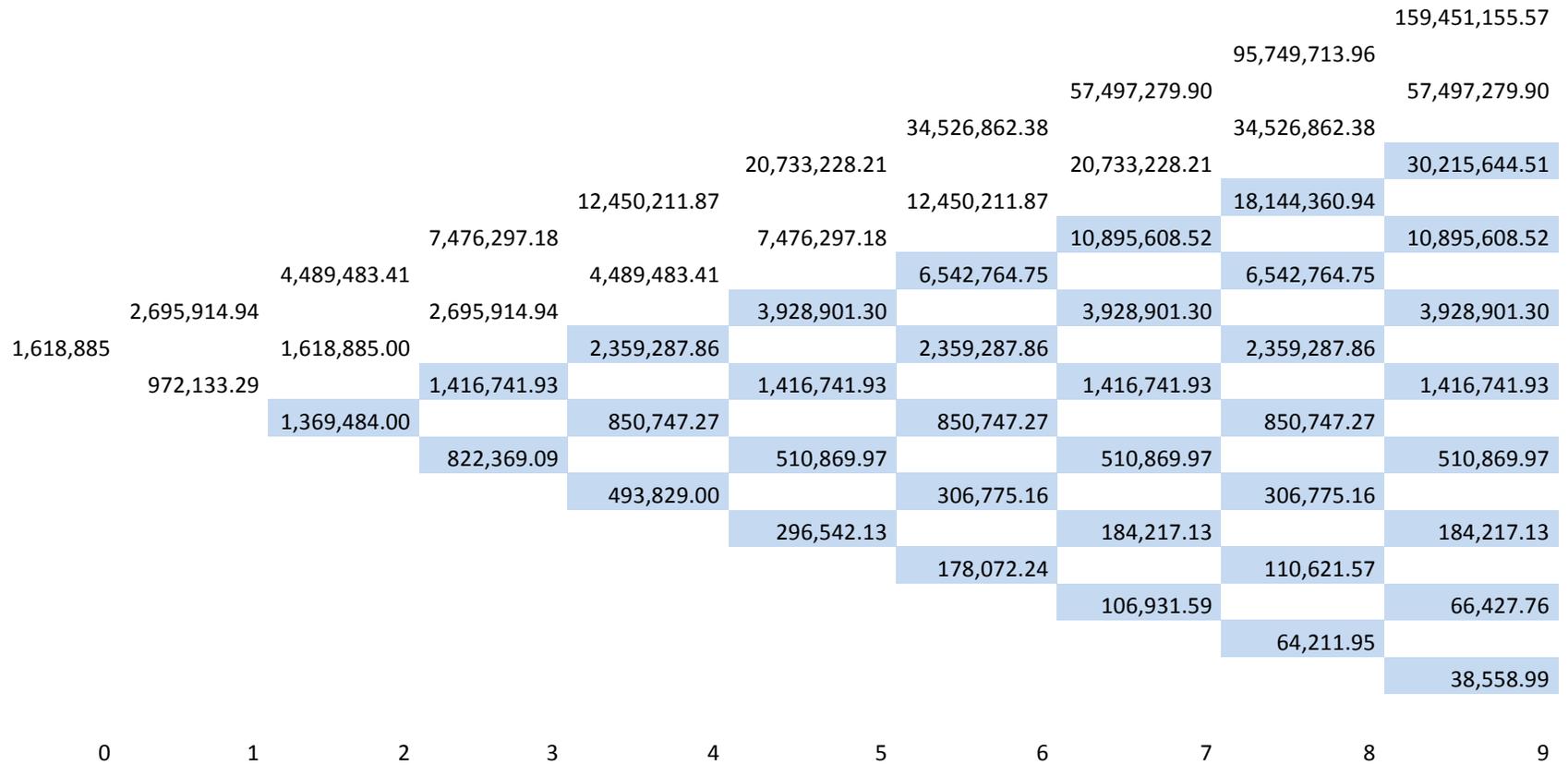


Imagen 14. Árbol del subyacente completo con diferenciación.

									<b>159451155.6</b>
								<b>95749713.96</b>	
							60417844.85		<b>57497279.9</b>
						38612848.15		39760547.13	
					24583617.38		25965696.38		30112049.3
				15505943.18		16426629.98		18082152.47	
			9682368.44		10197248.89		10858252.62		10858252.62
		5992031.914		6256412.431		6520332.689		6520332.689	
	3681016.798		3810054.991		3915430.952		3915430.952		3915430.952
\$2,248,305.48		2309125.309		2351198.976		2351198.976		2351198.976	
	1395221.591		1411884.59		1411884.59		1411884.59		1411884.59
		848073.8762		847830.4541		847830.4541		847830.4541	
			509554.6545		509118.4393		509118.4393		509118.4393
				306505.0743		305723.3719		305723.3719	
					184986.3526		183585.5331		183585.5331
						112752.585		110242.301	
							70698.47114		66200.01434
								47814.10037	
									38317.30
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
									9

Imagen 15. Árbol de valoración binomial con opción de diferenciación de producto.

#### 4.2.2.5 Resultados y VAN total

El flujo de fondos a valor presente del proyecto con la opción de diferenciar es de \$2,248,305.48 y sin la opción es de \$1,618,885, haciendo la resta correspondiente, se tiene que la opción de diferenciar en el año 2 vale hoy \$629,420.48

Ahora el valor actual neto será:

VAN Total = -Inversión + VP + valor de la opción – inversión extra en el año 2

VAN total = -1,811,876 + 1,618,885 + 629,420.48 – 241021.45 = 195,408.03

El dato de 241021.45 es el valor presente en el año cero, de los 263,000 que se deben invertir en el año 2 y se obtuvo de la siguiente manera:

$$\frac{\text{Valor Final}}{(1 + \text{tasa de interés sin riesgo})} = \text{Valor Presente}; \quad \frac{-263000}{(1 + 0.0446)} = -241021.45$$

El VAN de stevia obtenido mediante el método tradicional de descuento de flujo de fondos era de **-\$192,991.27** (-Inversión+VP). El VAN con la opción es de \$195,408.03. El hecho de que la empresa tenga la flexibilidad de diferenciar, le agrega \$388,399.03 pesos (195,408.03+192,991.27) al proyecto.

# CAPÍTULO 5

## 5.1 CONCLUSIONES

Debido al constante desarrollo en tecnología y al nuevo dinamismo de mercado, tiene que incluirse al análisis de viabilidad económica, el valor de la flexibilidad contenida en los proyectos. En contraste con el enfoque tradicional, la metodología conocida como opciones reales considera la naturaleza dinámica y las flexibilidades involucradas en los procesos de toma de decisiones.

Como muestran los resultados, es más redituable para empresas de alto riesgo y con costos irreversibles, invertir en productos e instalaciones flexibles, pues tal opcionalidad, les confiere ventaja competitiva. En este estudio, dichos factores agregaron el valor suficiente al VAN negativo de dos compañías biotecnológicas innovadoras para que se aceptara su inversión. Sin el uso del ROA ambos proyectos, a pesar de ser prometedores, hubieran sido rechazados.

Las empresas innovadoras no están cambiando solamente la forma en que el mundo hace negocio, también están logrando soluciones sustentables a los desafíos que el hambre, la salud y la contaminación suponen. Por eso es importante reconocer las oportunidades que este tipo de compañías contienen. Su futuro, y el de todos sus agentes, va a depender de la capacidad que posean los analistas para evaluar los riesgos y tomar decisiones acertadas de inversión.

## 5.2 RECOMENDACIONES

Únicamente cuando el VAN de un proyecto es modestamente positivo, o un tanto negativo, el proyecto es susceptible al uso opciones.

Si la valoración del flujo de caja descontado es alta, la decisión es fácil: se acepta, ya que el éxito en el proyecto parece muy seguro. Por el contrario, si la valoración de flujo de caja descontado produce una cifra fuertemente negativa y todo el valor proviene de la opción, entonces el proyecto probablemente deba ser rechazado

Además, se recomienda el uso del ROA en aquellos casos donde el potencial de crecimiento futuro no pueda ser capturado por los métodos convencionales

## LITERATURA CITADA

Abreu, A. y Paredes, D. (2014). Utilidad de las Opciones Reales en la Valoración de Proyectos de Inversión. *Visión Gerencial*. Año 13, No.2, pp. 175-178

Amram, M. y Kulatilaka, N. (1999). *Real Options Managing Strategic Investment in an Uncertain World*. Harvard Business School Press. Boston Massachusetts, pp. 55-70

An Interagency Strategic Plan Prepared (AISPP). (2001). Recuperado de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.161.384&rep=rep1&type=pdf> el 20 de enero de 2017.

Bailey W., Bhandari A., Faiz, S., Srinivasan S., y Weeds H. (2004). Valoración de las Opciones Reales. *Oilfield Review*, 4, pp. 4-19

Black, F., y Scholes M. (1973). The Pricing of Options and Corporate Liabilities. *Journal of Political Economy*, 81, pp. 637-654.

Brach, M. (2003). *Real Options in Practice*. John Willey and Sons. New York. pp: 1-66.

Brambila-Paz J. y Martínez D. (2013). La Bioeconomía, las Biorefinerías y las Opciones Reales: El Caso del Bioetanol y el Azúcar. *Revista Agrociencia*, vol. 47, 3, pp. 281-292.

Brambila, J. (2011). *Bioeconomía. Instrumentos para su análisis económico*. Editorial SAGARPA-COLPOS, pp. 25-40.

Brandao, Luiz E., James S. Dyer y Warren J. Hahn. (2005). Using binomial trees to solve real-option valuation problems. *Decision Analysis*. 2(2), pp. 69-88.

Brennan, M. J. y Schwartz, E. S. (1985). Evaluating Natural Resource Investments. *Journal of Business*, 58 (2), pp. 135-157.

Brigham, E. y Houston J. (2006). *Fundamentos de Administración Financiera*. México. Cengage. Learning Editores, pp. 831.

Calle A. y Tamayo V. (2009). "Decisiones de inversión a través de opciones reales". *Estudios Gerenciales*, 25(111), pp. 107-126.

Cameron, G. (1998). *Innovation and Growth: A Survey of the Empirical Evidence*. Nuffield College Review. Oxford (UK), pp. 63-82.

Comisión Federal de Competencia. (2009). Los beneficios de la competencia para los consumidores. *Brújula de compra*. Recuperado de [http://www.profeco.gob.mx/encuesta/brujula/bruj\\_2009/bol126\\_competencia.asp](http://www.profeco.gob.mx/encuesta/brujula/bruj_2009/bol126_competencia.asp) el día 23 de diciembre de 2016.

Copeland, E. y Keenan, T. (1998) "Making Real Options Real", *The McKinsey Quarterly* (3), pp. 128-141.

- Copeland, T. y Antikarov, V. (2001). Real options: A practitioner's guide. New York: TEXERE, pp.12-60.
- Cox, J., Ross, S. y Rubinstein, M. (1974). Option pricing: a simplified approach. Journal of Financial Economics, 7(3), pp. 229–263.
- Damoradan, A. (2009). Investment Valuation: Tools and Techniques for Determining the Value of Any Asset. Second Edition. John Wiley & Sons. NY., pp. 80-97.
- Delgado, J. (1999). Estrategias con opciones financieras: cómo ganar dinero utilizando las opciones financieras. Ed. Diaz de Santos, pp. 81-93.
- Dixit, A. K. (1989) "Entry and exit decisions under uncertainty". Journal of Political Economy, (97), pp. 620-638.
- Dixit, A. K. (1994). "Investment Under Uncertainty": Princeton University Press. New Jersey, NJ., pp. 2-40.
- Domínguez, A. (2009). Utilización de Opciones Reales en Proyectos de Inversión Agrícolas. Tesis. Doctorado en Economía,. Colegio de Postgraduados. México.
- Duarte T. y Jiménez R. (2006). Evaluación de Inversiones Bajo Opciones Reales. Scientia Et Technica. Vol. XII, núm. 30, pp. 295-299.
- Fondo Monetario Internacional (FMI). World Economic Outlook. Trimestre abril 2016.
- García J. (2014). Streaming El reto de la valoración de Startups. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=tNuZcOAIJEU> el día 26 de noviembre de 2016.
- García J., Alonso A. y Fernández A. (2015). Nunca te Fíes de un Economista que no Dude. Primera edición. Ed. Deusto. 1ra. Ed., pp. 35-60
- Gerosky, P. (1989). "Entry, Innovation and Productivity Growth". Review of Economics and Statistics, 71, pp. 572–578.
- Hinojosa, S. (2008). Opciones Reales en Inversiones Públicas: Revisión de literatura, desarrollos conceptuales y aplicaciones. Tesis doctoral Escuela Superior de Administración y Dirección de Empresas ESADE, Barcelona.
- Infinancials. (2016). Infinancials International Peers of Stevia. París, Francia. Recuperado de <http://www.infinancials.com/fe-en/US86031P1066/Stevia-Corp-/market-valuation>, el 15 de enero de 2016.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). (2012). Censo económico, para las unidades económicas. Estraído de <http://www.inegi.org.mx>, el día 8 de agosto de 2016.
- John, R. G. y Campbell, R. H. (2001). "The Theory and Practice of Corporate Finance: Evidence from the Field". Journal of Financial Economics, 60, pp.187-243.

Kauffman Foundation. (2010). The Importance of Startups in Job Creation and Job Destruction. Research Series: Firm Formation and Economic Growth. Recuperado de <http://www.kauffman.org/what-we-do/research/firm-formation-and-growth-series/the-importance-of-startups-in-job-creation-and-job-destruction> el día 10 de agosto de 2016.

Lamothe P. y Méndez M. (2007). Valoración de un Parque Eólico con Opciones Reales. *Universia Business Review*. Actualidad Económica, tercer trimestre, pp. 26-41.

Lamothe, P. y Méndez, S. (2013). Opciones Reales: Métodos de Simulación y valoración. *Ecobook*. Editorial del Economista. Recuperado de [www.ecobook.com](http://www.ecobook.com) el día 15 de febrero de 2017.

Ley de Ciencia y Tecnología. (2013). México: Diario Oficial de la Federación. Recuperado de [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/242\\_081215.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/242_081215.pdf) el día 3 de enero de 2017.

Marshall, A. (1924). *Principles of Economics*. New York: Macmillan.

Mascareñas J., Lamothe P., Lopez F. y Luna W. (2004). *Opciones Reales y Valoración de Activos*. Prentice Hall. Madrid, España.

Mascareñas, J. (1999). *Innovación Financiera: Aplicaciones para la Gestión Empresarial*. McGraw-Hill. Madrid, España.

Mascareñas, J. (2005): "La valoración de un proyecto de inversión biotecnológico como una opción real compuesta". Documento de Trabajo en Finanzas de Empresa n° 0505.

Maya, C. (2008). Metodología para la valoración de proyectos de energía eólica en Colombia bajo el enfoque de real options analysis ROA. Medellín: Universidad EAFIT.

Mohammadian M. (2000). *Bioeconomics: Biological Economics. Interdisciplinary Study of Biology, Economics and Education*. Entrelíneas Editores. Madrid, España.

Mun, J. (2006). *Real Options Analysis: tools and techniques for valuing strategic investment and decisions*. John Wiley & Sons, Inc. United States of America. Recuperado de <http://www.books.mec.biz/tmp/books/URSF4SYM38H1V3TRSUZ3.pdf> el día 13 de febrero de 2017.

Myers, S. (1977). "An Determinants of Corporate Borrowing" . *Journal of Financial Economics*. (5), pp. 147-155.

Myers, S. C. (1984). "Finance Theory and Financial Strategy". *Interfaces*, 14 (1), pp. 126-137.

Natenberg, S. (1994) *Option Volatility & Pricing*. Ed. McGraw Hill. New York.

OCDE (2006). Scoping document: The bioeconomy to 2030. Designing a policy agenda. París OCDE, 382-286l. Extraído de <http://www.oecd.org/sti/biotech/34823102.pdf> el día 14 de julio de 2016.

OCDE (2013). Startup América Latina: Promoviendo la Innovación en la Región". OECD Development Centre Studies, Paris, France. Extraído de <http://dx.doi.org/10.1787/9789264202320-es> el día 14 de marzo de 2016

Orellana, J. (2011). El Rol Estratégico de las Opciones Reales. Tesis de grado. Universidad del Salvador, El Salvador.

Osorio, S. (2002). Análisis de oportunidades de inversión privada en el sector eléctrico colombiano, con énfasis en el manejo de riesgo e incertidumbre. Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. Recuperado de <file:///Users/bms/Downloads/ContenidoAnalisis%20de%20oportunidades%20de%20inversion%20priva.pdf> el día 11 de julio de 2016.

Oxford Dictionary of Accounting; Editado por Hussey.R. (1999). Oxford: Oxford University Press. 2da. Ed., p. 131.

Pajares J., Hernández C. y López A. (2002). Opciones reales en las decisiones de inversión. II Conferencia de Ingeniería de Organización, Vigo, pp. 303-310.

Paredes, M. (2009). Entendiendo sobre Opciones (Financieras y Reales). Universidad San Martín de Porres. Instituto del Perú. Columna de opinión recuperada de <http://usmp.edu.pe/idp/columna-de-opinion-entendiendo-sobre-opciones/> el día 10 de febrero de 2017.

Passet R. (2005). La Bioeconomía es el Nuevo Paradigma de la Ciencia Económica. Tendencias 21. Revista Electrónica de Ciencia, Tecnología, Sociedad y Cultura. Recuperado de [http://www.tendencias21.net/La-bioeconomia-es-el-nuevo-paradigma-de-la-ciencia-economica\\_a590.html](http://www.tendencias21.net/La-bioeconomia-es-el-nuevo-paradigma-de-la-ciencia-economica_a590.html) el día 20 de diciembre de 2016.

Pavone, V. (2012). Ciencia, neoliberalismo y bioeconomía. Revista iberoamericana de ciencia, tecnología y sociedad, nº 20, vol. 7, pp. 145-161.

Pindyck, R. (1988) "Capital risk and models of investment behavior", Sloan School of Management, MIT. 1819-86. pp. 21-32.

Programa Nacional de Innovación. (2011). México: Diario Oficial de la Federación.

Quigg , L. (1993). "Empirical Testing of Real Option-Pricing Models". Journal of Finance, 48(2), pp. 621-640.

Ries, E. (2011). The Lean Startup: How Constant Innovation Creates Radically Successful Businesses. 1ra. Ed. USA. Portfolio Penguin.

Ross , S. (2000). Fundamentos de finanzas corporativas, 5a. Ed. Madrid, España: Mc- Graw-Hill.

Sawaya D., y Arundel A. (2010). La evolución de la bioeconomía hasta 2030: diseño de una agenda política. Nota d'economía 97-98. 3.er cuatrimestre 2010. Recuperado de [http://economia.gencat.cat/web/.content/70\\_economia\\_catalana/arxius/ne-97-98\\_e\\_sawaya\\_arundel.pdf](http://economia.gencat.cat/web/.content/70_economia_catalana/arxius/ne-97-98_e_sawaya_arundel.pdf) el día 20 de junio de 2016.

Segura, A. (2012). Aplicación de un modelo de opciones reales a la evaluación de proyectos de investigación y desarrollo en el sector de biotecnología en la ciudad de Bogotá. Tesis. Maestría en gestión economía y financiera del riesgo. Universidad de Buenos Aires. Argentina.

Tamara-Ayus A. y Aristizábal R. (2012). "Real options as an alternative methodology to assess investment projects". *Ecos de Economía*, 16 (35), pp. 29-44.

Trigeorgis, L. (1999). *Real Options: Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation*. *Organization science*. Vol 12. (6) pp. 772-77.

Trigeorgis, L. Y Mason S. (1987): "Valuing Managerial Flexibility". *Midland Corporate Finance Journal*, pp.14-21.

Van Putten, A. y Macmillan I. (2004). *Making Real Options Really Work*. *Harvard Business Review*, 82(12), pp. 41-134.

Wilmott P. (2000). "Paul Wilmott on Quantitative Finance". John Wiley and Sons. Nueva York, EUA. Vol 1, p. 219