



**VALORACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN A PARTIR DE LA  
INCORPORACIÓN DE FLEXIBILIDAD E INCERTIDUMBRE, APLICADO AL  
MERCADO DE PALMA DE ACEITE EN COLOMBIA**

**William Fernando Arias**

**Colegio de Estudios Superiores de Administración – CESA  
Maestría en Finanzas Corporativas  
Bogotá  
2016**

**VALORACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN A PARTIR DE LA  
INCORPORACIÓN DE FLEXIBILIDAD E INCERTIDUMBRE, APLICADO AL  
MERCADO DE PALMA DE ACEITE EN COLOMBIA**

**William Fernando Arias**

**Juan David Vásquez**

**Director:**

**John Cardozo**

**Colegio de Estudios Superiores de Administración – CESA**

**Maestría en Finanzas Corporativas**

**Bogotá**

## Contenido

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>7</b>
<b>2. ESTADO DEL ARTE .....</b>	<b>13</b>
<b>3. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>17</b>
3.1 OPCIONES REALES.....	18
<b>3.1.1 Opciones financieras y Opciones Reales .....</b>	<b>21</b>
<b>3.1.2 Tipos de Opciones Reales .....</b>	<b>26</b>
<b>3.1.3 Modelos para valoración de opciones reales.....</b>	<b>29</b>
<b>4. METODOLOGIA.....</b>	<b>37</b>
<b>5. LA PALMA AFRICANA Y SUS MODELOS ECONOMICOS.....</b>	<b>39</b>
5.1 Características Palma Africana .....	39
5.2 Usos de la planta africana .....	42
5.3 Modelos económicos .....	43
<b>5.3.1 Cultivo tradicional .....</b>	<b>44</b>
<b>5.3.2 Cultivo a gran escala.....</b>	<b>44</b>
<b>6. DESEMPEÑO DE LA AGROINDUSTRIA DE LA PALMA DE ACEITE.....</b>	<b>47</b>
6.1 Mercado mundial de aceites y grasas.....	47
<b>4.1.2 Oferta .....</b>	<b>48</b>
<b>4.1.1 Demanda .....</b>	<b>49</b>
4.2 Mercado Nacional de aceites y grasas .....	50
<b>4.2.1 Oferta y Demanda.....</b>	<b>50</b>
4.3 Desempeño del sector palmero Colombiano.....	50
<b>4.3.1 Producción de fruto, aceite crudo y almendra de palma.....</b>	<b>51</b>
<b>4.3.2 Precios Colombia del aceite de palma .....</b>	<b>53</b>
<b>7. EVALUACIÓN FINANCIERA .....</b>	<b>55</b>
7.1 Descripción del Proyecto .....	56

7.2 Evaluación Financiera del Proyecto.....	59
<b>8. CONCLUSIONES.....</b>	<b>70</b>
<b>Trabajos citados.....</b>	<b>72</b>

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1 Derechos y Obligaciones de Compradores y Vendedores .....</b>	<b>22</b>
<b>Tabla 2 Características entre Opciones Financieras y Reales de compra .....</b>	<b>24</b>
<b>Tabla 3 Relación entre parámetros de una opción .....</b>	<b>25</b>
<b>Tabla 4 Condiciones edafo-climáticas para el cultivo de palma aceitera.....</b>	<b>40</b>
<b>Tabla 5 Cadena productiva de la palma de aceite .....</b>	<b>42</b>
<b>Tabla 6 Balance de Oferta y demanda mundial de los principales aceites y grasas .....</b>	<b>49</b>
<b>Tabla 7 Colombia, Oferta y demanda de aceites y grasas 2012-2014.....</b>	<b>50</b>
<b>Tabla 8 Colombia Distribución de fruto de palma por zonas 2013-2014.....</b>	<b>52</b>
<b>Tabla 9 Inversión Inicial del Proyecto .....</b>	<b>56</b>
<b>Tabla 10 Evolución de la Producción X Toneladas .....</b>	<b>58</b>
<b>Tabla 11 Calculo Tasa de Descuento.....</b>	<b>62</b>
<b>Tabla 12 Calculo Factores Up-Down .....</b>	<b>66</b>
<b>Tabla 13 Calculo Probabilidades.....</b>	<b>67</b>

## Índice de Ilustraciones

<b>Ilustración 1 Determinantes del Precio del aceite de Palma .....</b>	<b>8</b>
<b>Ilustración 2 Número y Montos de créditos otorgados al sector de Palma 2000-2014 .....</b>	<b>10</b>
<b>Ilustración 3 Opciones Reales que Mejoran el Valor .....</b>	<b>19</b>
<b>Ilustración 4 Diagrama árbol binomial.....</b>	<b>33</b>
<b>Ilustración 5 Palma de aceite y fruto.....</b>	<b>41</b>
<b>Ilustración 6 Precio del aceite de palma y del petróleo Bret, 2013-2014.....</b>	<b>48</b>
<b>Ilustración 7 Colombia, Evolución de la producción anual aceite de palma crudo 2000-2014.....</b>	<b>52</b>
<b>Ilustración 8 Colombia, Producción de aceite de palma crudo 2012-2015 .....</b>	<b>53</b>
<b>Ilustración 9 Evolución de Ingresos y OPEX .....</b>	<b>63</b>
<b>Ilustración 10 Evolución Flujo de Caja.....</b>	<b>63</b>
<b>Ilustración 11 Sensibilidad Valor Presente.....</b>	<b>66</b>
<b>Ilustración 12 Árbol del Subyacente .....</b>	<b>67</b>
<b>Ilustración 13 Árbol del Opción de Diferir .....</b>	<b>68</b>
<b>Ilustración 14 Árbol del Subyacente .....</b>	<b>69</b>
<b>Ilustración 15 Árbol del Opción de Expandir .....</b>	<b>69</b>

## **AGRADECIMIENTOS**

*A Juan David Vázquez, que a pesar de que no pudo continuar hasta la terminación del siguiente documento, fue una parte fundamental en la construcción de este, a mis padres por sus sabios consejos y a mi esposa por entenderme y tolerar el tiempo que no pude compartir. Gracias por ayudarme en esta etapa tan importante para mi vida.*

## 1. INTRODUCCIÓN

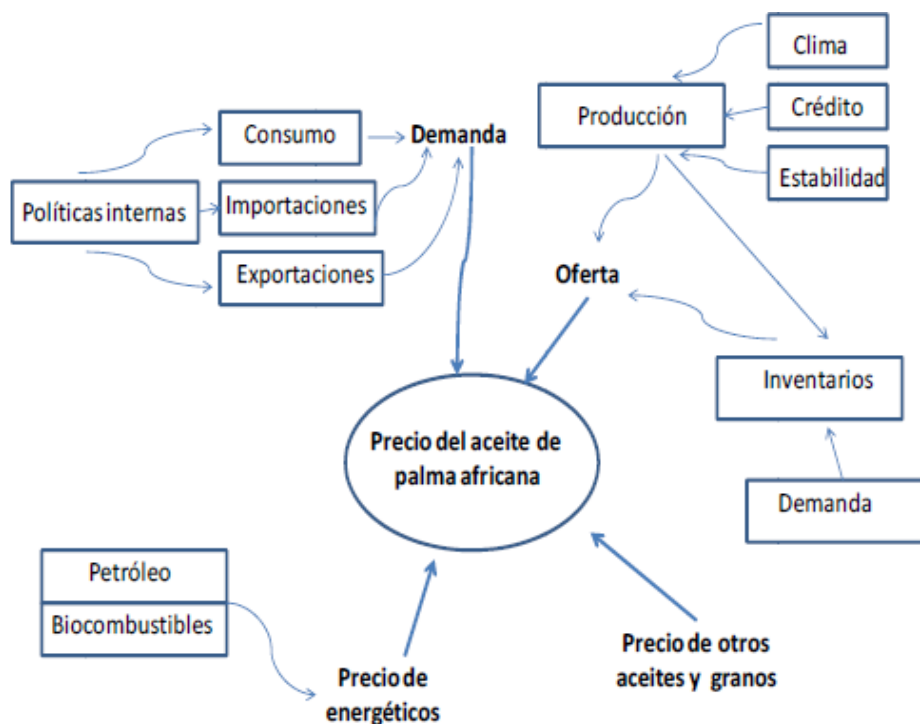
En la actualidad el fruto de la palma de aceite son utilizados para el desarrollo de varios productos para la alimentación, productos químicos y biocombustible (biodiésel). Dentro de los productos derivados del fruto de la palma se encuentran: aceite de palma, almendra de palma, aceite de palma y torta de palma. A su vez, del aceite de palma y del aceite de palma se obtiene: cremas, margarinas, productos de cosmética, detergentes, entre otros. Siendo una alternativa de producción rentable, ello a que produce un rendimiento por hectárea superior al de otros cultivos oleaginosos (Sagarpa, 2010). El crecimiento mundial promedio del aceite de palma desde el 2006 al 2012 ha sido de 5,8%, al ser el principal aceite vegetal con mayor auge (BBVA, 2014).

Hoy en día este crecimiento de la demanda está mayormente influenciado por el incremento en la demanda mundial del biodiésel. Como resultado de la regulación de los combustibles fósiles en algunos países y la expansión de la demanda del sudeste asiático.

Actualmente Colombia es uno de los países del mundo con mayor terreno apto para el cultivo de palma de aceite donde cuenta, a finales de 2013, con un total 499.497 hectáreas, representando un aumento aproximadamente del 10% en relación al total de hectáreas que se presentaron a finales de 2012 (Fedepalma-Sispa, 2014), y frente al 2014, el área total creció en 4.112 hectáreas, que equivale a un crecimiento del 1% (Fedepalma, 2015). Este aumento en la cantidad de terrenos utilizados en el cultivo de palma la ha llevado a ser, a diciembre de 2012, el quinto tipo de cultivo más extendido en el país (Agronet, 2013). Situación que ha dejado a este sector convertirse en una actividad económica dinámica, que impulsa la constitución de nuevas empresas, estudio de nuevos proyectos y creación de empleo. De ahí los proyectos y empresas relacionadas a la producción de palma de aceite se han constituido como el segundo segmento más financiado por medio de FINAGRO (BBVA, 2014).

Tanto el precio y la demanda del futuro, de los productos procesados a partir de la palma de aceite presentan incertidumbre ante diferentes hechos. Entre los hechos que pueden afectar el precio de estos bienes, y a su vez la rentabilidad del sector, se encuentran: incertidumbre de la seguridad nacional en los terrenos cultivados, política de comercio internacional y firma de nuevos tratados de comercio, cambios de condiciones del uso de combustibles, fenómenos naturales como el clima, nuevas enfermedades que afectan los cultivos, tardía en la cosecha que tiene un tiempo de aproximadamente dos años para madurar y el nivel de oferta de productos sustitutos, entre otros (BBVA, 2014). Hechos que dificultan la valoración de evaluación de los proyectos de inversión y de las sociedades.

### Ilustración 1 Determinantes del Precio del aceite de Palma



Fuente: Sagarpa “Palma de Aceite”, Pag. 7

En la actualidad Colombia corresponde al país de América de mayor producción de aceite de palma. A nivel mundial la producción de aceite de palma colombiana ha representado el 1,6%, siendo el quinto país de mayor producción después de Indonesia, Malasia, Tailandia y Nigeria,

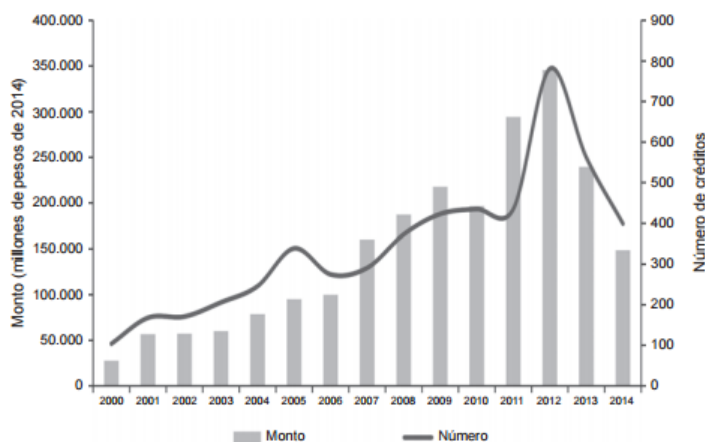


que en grupo representan el 91,3% de producción mundial (Gómez, 2015). Por otro lado, el precio promedio internacional del aceite de palma disminuyó en cerca de 4,5% entre el 2013 y 2014, asimismo, para el primer semestre del 2015 el precio registra una caída del 12% (Fedepalma, 2015).

La disminución registrada en el primer semestre, se da debido a los buenos comportamientos de producción que ha tenido el frijol de soya en estados unidos y en el sudeste asiático, como también, la desaceleración de China e India y la baja de los precios del petróleo que presentan correlación positiva (Fedepalma, 2015). Por lo cual, los diferentes escenarios que impactan el precio generan alta incertidumbre y volatilidad, que dificultan la valoración de los proyectos de inversión y de las empresas para tomas de decisiones como expansión, mantenimiento o abandono de los cultivos.

De esta manera los efectos y el nivel de incertidumbre han impactado el acceso crediticio para el sector. En el 2014 a través de sus líneas de crédito, FINAGRO otorgó COP \$148,604 Millones, que muestra una reducción de 38% con respecto a los COP \$ 239.508 Millones otorgados en 2013 para el financiamiento del sector agropecuario. Del mismo modo, el número de créditos se observó una variación negativa de 29%, al atender 562 en 2013 a 399 solicitudes en 2014 (Fedepalma, 2015).

## Ilustración 2 Número y Montos de créditos otorgados al sector de Palma 2000-2014



Fuente: Fedepalma

Así, la valoración de los proyectos es en la actualidad un proceso fundamental en la toma de decisiones en todas las operaciones de inversión. De esta manera, la valoración financiera de los proyectos intenta medir, determinar la viabilidad, rentabilidad y los flujos de caja que se dan como resultado del proceso de la operación.

Algunos métodos de valoración financiera utilizados tradicionalmente son:

- Por flujos descontados, que consiste en la suma del valor presente de los flujos de caja libre (FCL) futuros, descontada a una tasa de oportunidad, menos el valor presente de la inversión inicial, siendo el método más utilizado. Derivan resultados confiables para proyectos con baja incertidumbre o sin riesgo. Este método no tiene en cuenta la incertidumbre de variables futuras y la flexibilidad de gestión sobre el proyecto. Esta exclusión de variables resulta en la ineficiencia y la restricción de la toma de decisiones sobre los proyectos, aceptar o rechazar el proyecto. Adicionalmente esta metodología se basa en el descuento de los flujos dependiendo de la tasa de oportunidad, tasa de asignación difícil ya que se ajusta al nivel de riesgo del proyecto.

- Otro método, es por descuentos de flujos dinámicos, calculados a pronósticos o estimaciones de los costos e inversiones. En este método, normalmente se consideran tres estados de la economía, estable, en expansión o en descenso. Estados en los que se asigna probabilidades que se consideren apropiados según la dirección o el valorador. Esta consideración lleva a que la probabilidad sea la variable más crítica, dado a que el valor del proyecto es muy sensible a este valor (Gallargo & Andalaft, 2008).

Estas metodologías no permiten la incorporación de flujos probabilísticos, flexibilidad en la toma de decisiones futuras, variables exógenas, la incertidumbre o la adaptación futura. Variables que permiten a las direcciones empresariales gestionar en base a los distintos acontecimientos que se puedan dar en el futuro. Lo que muestra una clara deficiencia a la hora de ser utilizados para realizar la toma de decisiones estratégicas en las organizaciones (Gallargo & Andalaft, 2008) y (Ahumada & Andalaft, 2013). Más aún por la volatilidad de la economía de las últimas décadas lo que lleva a un ambiente de negocios más inciertos y a decisiones que no necesariamente son las mejores (Beatriz, 2005).

Estas limitaciones de los métodos tradicionales no permiten el adecuado análisis de los proyectos en cultivos de palma de aceite en Colombia. Proyectos que se caracterizan por ser de largo plazo, donde para iniciar la producción requieren aproximadamente de 3 años después de ser sembradas y aproximadamente 5 años para alcanzar su punto de equilibrio en beneficios económicos. Producción que se ve afectada por los diferentes hechos como los descritos, que generan escenarios de alta incertidumbre. Por lo cual se requiere de un método en el que se incorpore flexibilidad e incertidumbres para la toma de decisiones futuras. De esta manera se considera que el método más adecuado para la valoración de este tipo de proyectos, es la

metodología de opciones reales. Metodología que tiene en cuenta la incertidumbre, flexibilidad y volatilidad de los precios. Teniendo como objetivo, identificar el método más adecuado para la valoración de este tipo de proyectos.

Este documento está organizado en nueve partes, siendo la introducción la primera; la segunda, se hace una revisión completa y detallada del estado del arte; la tercera parte, se presenta el marco teórico con la se describe la literatura consultada y que fundamenta el desarrollo la investigación; En la cuarta parte, se descripción la metodología que se aplicó para el desarrollo del modelo de valoración del proyecto; La quinta parte, se describe la palma de aceite y sus modelos económicos; La sexta sección, se realiza un análisis del mercado de aceites y grasas a nivel mundial y en Colombia, especificando el comportamiento del sector de palma de aceite; la séptima sección, se desarrolla empíricamente la evaluación financiera de un caso del sector de palma de aceite; La octava sección, se realiza una comparación del método tradicional del valor presente neto y la metodología de opciones reales; la novena y última sección se concluye.

## 2. ESTADO DEL ARTE

La metodología de evaluación de opciones financieras se dio a conocer a principios de la década de 1970, por los trabajos Black & Scholes (1973) y Merton (1973). En estos trabajos se introduce una serie de restricciones en las fórmulas del cálculo en el precio de una opción financiera, basados en el matemático francés Louis Bachelier, el primer autor en introducir la teoría de precios de opciones en 1900 (Merton, 1973). A Partir de esta metodología planteada se han desarrollado múltiples trabajos empíricos y teóricos que han contribuido a fortalecer y enriquecer la teoría de Opciones financieras.

Así pues, Myers introduce, la posibilidad de aplicar los conceptos de opciones financieras a los activos reales (1977). Esto para predecir que el endeudamiento de las empresas es inversamente proporcional al valor de mercado, representadas por las opciones reales. Más aún, por el hecho de que a pesar de los grandes avances de la teoría de las finanzas, ha sido escaso el impacto en la planificación estratégica debido a que no se aplicado correctamente (Myers S., 1984). Posteriormente, se combinan la valoración de opciones a través del método Black-Scholes (1973) y Merton (1973) para establecer presupuestos de capital y políticas de inversión para equilibrar la deuda corporativa (Dixit & Pindyck 1994).

Por ende las metodologías tradicionales utilizadas en la evaluación de proyectos y de compañías, afectan los escenarios actuales en la planeación estratégica. Gracias a que no permiten la incorporación de flujos probabilísticos, flexibilidad en la toma de decisiones futuras, variables exógenas o la adaptación. Lo que muestra una clara deficiencia a la hora de ser utilizados para la toma de decisiones estratégicas en las organizaciones (Gallargo & Andalaft, 2008) y (Ahumada & Andalaft, 2013).

Como es el caso del Valor actual (VNA), comúnmente utilizada por las compañías, surge debido a que este método se desarrolló inicialmente para la valoración de los bonos sin riesgo, y su utilización se extendió también a la valoración de los proyectos de inversión reales, donde se hace la analogía entre los cupones del bono y los flujos de caja del proyecto. Supuesto que implica ignorar que la directiva puede alterar los flujos, y adaptarlos a las condiciones imperantes del mercado durante toda la vida del proyecto (Mascareñas, 2004).

Así, los métodos clásicos de valoración de proyectos, son idóneos cuando se quiere evaluar decisiones de inversión que no permite demoras, no existe incertidumbre, valor presente netos muy altos (Mascareñas, 2004). Enfoque, que subestima el valor del proyecto al no considerar según Lamothe & Mendez (2013):

- La realización de proyectos suponen la adquisición de oportunidades de crecimiento futuro, que son a menudo fruto de la información y de relaciones desarrolladas en el curso de los proyectos. Por lo cual, las evaluaciones no solamente deben tener en cuenta los flujos de caja directos que él mismo produce, sino también las oportunidades para generar opciones de crecimiento y opciones de aprendizaje.
- No incorpora opciones reales de flexibilidad, como por ejemplo, opciones de intercambio, opciones de salida o desinversión. opciones que también tienen un valor.

Oportunidades de inversión que implique un desembolso secuencial hasta poder acometer el proyecto definitivo. Así que, las opciones reales estiman el valor de las inversiones estratégicas utilizando un valor presente neto modificado, el cual se estima los flujos de efectivos esperados descontados a una tasa libre de riesgo e incluyendo el valor de la flexibilidad de decidir a futuro (Beatriz, 2005). De tal manera que se pueda capturar la creación de valor posterior (Gallargo & Andalaft, 2008).

De esta manera, con el fin de identificar los diferentes métodos de valoración, en el contexto de incertidumbre, se hace necesaria la revisión bibliográfica teniendo enfoque en las opciones reales. De esta manera, Venegas y Fundia realizan una revisión en la que se centran en los métodos analíticos que se enfocados en árboles binomiales y distribución log-normal en los flujos futuros. Así se parte de una investigación descriptiva en la que se exponen las características más importantes y condiciones en cada uno de los métodos de valoración (2006).

Al incluir diferentes condiciones y características en los métodos de valoración, es necesario revisar análisis de valoración, realizados al tener en cuenta la incertidumbre. Dentro de los estudios de casos reales se han revisado:

- Brennan y Schwartz desarrollan un modelo general para la valoración de inversiones en recursos naturales, enfocado en proyectos de minería. En este modelo se tiene en cuenta la posibilidad de continuar con el proyecto de inmediato o posponerlo y la volatilidad del precio gracias a cambios climáticos (1985).
- Hernández y Martínez realizan un estudio de los casos, en el sector petrolero, utilizando opciones reales que permiten incorporar incertidumbre y variables exógenas. De esta manera desarrollan el modelo, al incluir en el estudio el teorema de separación (Zurita, 2005) para agrupar los posibles panoramas (2007).
- Alonso, Azofra, y de la Fuente, aplican el método de opciones reales para la valoración el proyecto de la empresa Emdesa en 1997, enfocado en la expansión en mercado latinoamericano. Esta revalorización se lleva a cabo ya que al realizarla por el método tradicional VPN genera valor negativo debió a no tener en cuenta flexibilidad de decisiones futuras que afecta el valor de rentabilidad (2009).

- Ahumada y Andalaft, evalúan económicamente con el método de opciones, la viabilidad de la construcción de una planta de cogeneración de energía limpia con biomasa forestal en la región de Biobío en Chile, donde adicionalmente realiza la comparación con los resultados utilizando las metodologías tradicionales, obteniendo como resultado la viabilidad del proyecto (2013).

En los casos revisados se concluye que el método de opciones reales captura de manera más adecuada el valor real de los proyectos. Este aumento en la eficiencia se debe a la inclusión de flexibilidad de decisiones futuras y cambios de la estrategia de los negocios.



### 3. MARCO TEÓRICO

Los factores que influyen el precio del aceite de palma generan escenarios de alta incertidumbre, que tienen un potencial impacto sobre los flujos de efectivo del proyecto, ingresos y egresos, influyendo en posibilidad de menores resultados financieros (Contreras, 2013). Por lo cual, es importante definir el concepto de incertidumbre y la diferenciación con riesgo, inherentes en los proyectos.

Robayo (2011) define el riesgo de una inversión, como la desigualdad entre la rentabilidad esperada y la obtenida; Mientras que incertidumbre es cuando no hay manera de cuantificar las probabilidades de ocurrencia o comportamientos futuros de una variable o un conjunto de variables. El riesgo es la consecuencia económica adversa producida por las incertidumbres a que se ve comprometido una inversión (Contreras, 2013).

El riesgo también, puede ser definido como la varianza, o desviación típica de los rendimientos de un activo, indicando su volatilidad. Desde el punto de vista de la metodología de opciones reales, la volatilidad nos muestra cuán equivocados pueden estar las estimaciones acerca del valor actual del activo Mascareñas (2004).

Dentro de los proyectos empresariales existen dos tipos de riesgo (Méndez, 2013):

- Riesgo de mercado: Los que están correlacionados con la cartera de mercado y se pueden medir a través del modelo CAPM a través del coeficiente B, riesgo que no puede ser eliminado por la diversificación y afecta el mercado en conjunto, como lo son por movimientos en tipos de interés, tasa de cambio, precios de los factores, fluctuaciones en la economía, entre otros (Méndez, 2013).

- **Riesgo Privado:** Son los que dependen exclusivamente del proyecto y cuya correlación con el mercado es 0. Así mismo, son los riesgos que el modelo del CAPM excluye implícitamente y considera que se pueden diversificar (Méndez, 2013).

### 3.1 OPCIONES REALES

Como se ha descrito anteriormente, las metodologías tradicionales utilizadas en la evaluación de proyectos, derivan resultados confiables para proyectos con baja incertidumbre y no incorporan opcionalidad o flexibilidad. Flexibilidad empresarial definida por Mendes (2013), como el valor de poder tomar decisiones que modifiquen en todo, o en parte el proyecto.

Las opciones reales se presentan como una herramienta que incorpora flexibilidad para la toma en el futuro decisiones relacionadas a los proyectos de inversión o estrategias de negocio (Venegas, 2008). Así que, la valoración de proyectos de inversión con opciones, se basa en que la decisión de invertir pueda ser alterada fuertemente por el grado de irreversibilidad, la incertidumbre asociada y el margen de maniobra de la dirección (Macareñas, 2004), flexibilidad que se refleja como un el valor adicional al valor actual de los flujos de caja esperado:

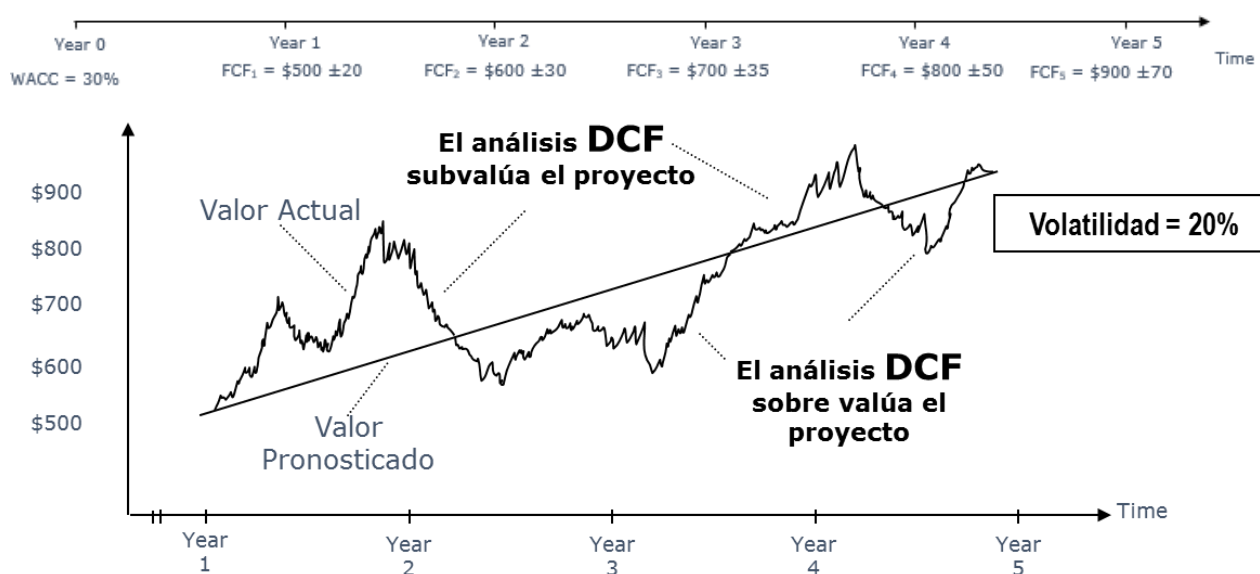
$$VAN \text{ PROYECTO} = VAN \text{ Tradicional} + VA \text{ Opciones}$$

Los objetivos principales de las opciones reales son los de identificar oportunidades, medir y dar valor a la flexibilidad que tienen las compañías para la toma de decisiones secuenciales en el tiempo de la ejecución y vida del proyecto. Las opciones contribuyen a mostrar el aporte adicional de las nuevas oportunidades que son inherentes a todo nuevo proyecto (Mendoza & Sanchez, 2012)

Como resultado de la aplicación de las opciones reales en un proyecto se consigue un incremento en el valor, ya que en el momento oportuno se espera, expande o suspende el desarrollo del mismo, de acuerdo cómo evolucione la incertidumbre. (Mendoza & Sanchez, 2012).

(Mendoza & Sanchez, 2012), Copeland y Antikarov. Definen en el año 2001, las opciones como el derecho, pero no la obligación de diferir, expandir, contraer o abandonar una inversión respecto a una oportunidad a un costo y tiempo. Entre mayor sea su incertidumbre y flexibilidad mayor será su valor, dado a que aumenta el rango de posibles resultados, que frecuente mente se ignoran o se dejan a la intuición. Siendo las opciones reales una metodología que complementa el análisis de flujo de caja descontados.

### Ilustración 3 Opciones Reales que Mejoran el Valor



Fuente: (Camilo, 2012)

La línea recta que muestra la figura anterior representa la evaluación empleando el flujo de caja tradicional, donde muestra que en la realidad en diferentes periodos de tiempo los flujos de

caja pueden estar arriba, abajo o en la línea del valor estimado por el método tradicional DFC, dado a la incertidumbre y el riesgo inherente de los proyectos de inversión.

Por lo tanto, las opciones reales serán aplicables o serán importantes en valoraciones de proyectos cuando:

- Exista un espacio temporal, donde se puedan alterar las características del proyecto, entre la decisión de la inversión y el desembolso de la inversión (Lamothe & Mendez, 2013).
- Existe una gran incertidumbre o volatilidad, donde la dirección puede responder a flexibilidades. Si la incertidumbre fuese pequeña, las opciones reales carecerán de valor puesto que serían inútiles. Esto es, como realizar la inversión en un bono sin riesgo (Macareñas, 2004).
- El valor de la inversión no se realizaría hasta el final del proyecto. Sino a través de inversiones secuenciales que sería el equivalente a comprar la opción en cada fase o se haga hasta el final (Lamothe & Mendez, 2013).
- El valor del proyecto está próximo a su umbral de rentabilidad, ya que si el valor actual de la valoración es muy grande, el proyecto se realizaría; por otro lado, si el valor actual es muy negativo el proyecto sería desechada sin tener en cuenta el valor de la flexibilidad (Macareñas, 2004).
- Administrar las opciones existentes y desarrollar nuevas alternativas estratégicas de inversión para oportunidades futuras (Mendoza & Sanchez, 2012)..

- Valorar, priorizar y optimizar diferentes alternativas estratégicas. (Mendoza & Sanchez, 2012)
- Definir esquemas de protección para reducir o evitar la exposición a determinados riesgos. (Mendoza & Sanchez, 2012).

De esta manera, son cada vez más los que destacan que las opciones reales, no son solamente un instrumento de valorar opciones sobre activos reales, sino una forma de pensar que une el campo de la estrategia y de las finanzas corporativas. Es así, que en muchas ocasiones es muy útil para idear proyectos, que para valorarlos. Esto ya que, existe un valor potencial en descomponer los grandes proyectos en subproyectos, cuando nos encontramos en ambientes de gran incertidumbre (Macareñas, 2004). (Mendoza & Sanchez, 2012)

### **3.1.1 Opciones financieras y Opciones Reales**

Las bases conceptuales sobre las cuales se desarrollan las opciones reales, se basan en las opciones financieras, que fueron las primeras en desarrollar un marco conceptual y en modificar los enfoques financieros existentes (Contreras, 2013). Luego, es importante para la correcta comprensión y aplicación de la metodología, entender el concepto de una opción financiera y su diferenciación con una opción real.

Una opción financiera, son aquellas cuyo activo subyacente es un activo financiero, es decir, una acción, una divisa, un índice bursátil, una tasa, entre otros. Mientras que una opción real, son aquellas cuyo activo subyacente es un activo real, por ejemplo, una empresa, un proyecto, una máquina, etcétera.

Una opción, se ejecuta a través de un contrato entre en el que el dos contrapartes, en el que comprador adquiere el derecho, pero no la obligación de comprar un activo subyacente a un precio pactado (Contreras, 2013), Black & Scholes (1973) define una opción como un instrumento que cede el derecho pero no la obligación, de vender o comprar un activo, dentro de un espacio de tiempo. Igualmente, Kodukuka (2006), indica que las opciones otorgan el derecho, no la obligación de la compra o venta de un activo subyacente al vencimiento del contrato.

Las posiciones de compra o venta del contrato de la opción se clasifican en dos tipo una opción Call, es aquella que permite la compra de un activo o da el derecho a adquirir un activo subyacente, mientras que se conoce como opción Put, la que permite la venta de activo o da el derecho al comprador de la opción a vender el bien subyacente (Kodukuka, 2006) y (Contreras, 2013).

**Tabla 1 Derechos y Obligaciones de Compradores y Vendedores**

<b>OPCION TIPO CALL</b>	
<b>Comprador</b>	<b>Vendedor</b>
Adquiere el derecho a comprar una cantidad acordada de activos financieros concretos, a un precio determinado, dentro de un periodo fijado	Toma la obligación de entregar una determinada cantidad de activos financieros concretos, a un precio acordado, en el momento en que el comprador ejerza la opción, dentro del plazo acordado. Por lo cual compra una prima.
<b>OPCION TIPO PUT</b>	
<b>Comprador</b>	<b>Vendedor</b>
Adquiere el derecho a vender una determinada cantidad de un activo financiero concreto, a un precio acordado y dentro de un lapso fijado.	Toma la obligación recibir una cantidad acordada de activos financieros determinados, a un precio acordado, en el momento que el comprador ejerza la opción dentro del lapso estipulado. Por lo cual cobra una prima.

Fuente: Contreras

La estructura y características de ambos tipos de opciones, están en función de las siguientes variables (Kodukuka, 2006), (Contreras, 2013) y (Macareñas, 2004):

- Madurez ó día de expiración, correspondiente a la fecha de vencimiento del contrato o el último día en que la opción puede ser hecha efectiva.
- Activo subyacente, es el bien de compra o venta de la opción;
- Precio del activo Subyacente: En la opción financiera indica el precio actual del activo financiero subyacente, mientras que las opciones reales indican el valor actual de los flujos de caja que se esperan que genere dicho activo.
- Precio de la opción: Se denota también como strike price, corresponde al valor de pago por el que se adquiere el derecho a comprar o vender el activo subyacente. En la opción real, indica el precio por hacerse o vender los flujos de caja del activo subyacente.
- Volatilidad: Varianza o desviación típica, de los rendimientos. En las opciones reales, la volatilidad nos indica cuán equivocados pueden estar las estimaciones acerca del valor del activo subyacente.
- Tipo de interés sin riesgo: Indica el valor temporal del dinero.
- Dividendos: Dinero líquido generado por el activo subyacente durante el tiempo que el propietario de la opción la posee y no la ejerce.

En la siguiente tabla se describen las diferencias entre las opciones reales y las opciones financieras en una posición de compra:

**Tabla 2 Características entre Opciones Financieras y Reales de compra**

Parámetro	Opción de Compra Real	Opción de Compra Financiera
<i>Precio activo subyacente</i>	Valor de los activos operativos que se van adquirir	Precio del activo financiero
<i>Precio de la opción</i>	Desembolsos requeridos para adquirir el activo	Precio de ejercicio
<i>Madurez</i>	Tiempo que se puede demorar la decisión de inversión	Tiempo hasta el vencimiento
<i>Volatilidad</i>	Riesgo del activo Operativo subyacente	Varianza de los rendimientos del activo financiero
<i>Tipo de interés sin riesgo</i>	Valor temporal del dinero	Tasa de interés sin riesgo
<i>Dividendos</i>	Flujo de caja a los que se renuncia por no ejercer la opción	Dividendos del activo Subyacente

Fuente: Adaptado de “Opciones reales y valoración de activos”, por Macareñas, Lamothe, Lopez y de Luna, 2004, Prentice Hall, p.6

Parámetros que tienen diferentes impactos en el valor de las opciones. Si el *activo subyacente* aumenta o disminuye el valor de la opción también lo hará; si el *precio del ejercicio* varía, el valor de la opción tendrá la tendencia contraria; Cuando mayor sea el *tiempo* que se tienen de margen para desarrollar la decisión final, es mayor la probabilidad que los acontecimientos estimados se cumplan de manera favorable; El *riesgo-Volatilidad* asociado cuanto más grande es más valiosa será la opción de diferir el proyecto; Un incremento en el tipo del interés sin riesgo, genera un descenso del valor del activo, ya que castiga el valor actual de los flujos de caja esperados; Cuando mayor sean los *dividendos*, el valor de la opción de compra es menor, se debe a que vienen siendo flujos de caja a los que se renuncian por no haber realizado ya el proyecto de inversión.



**Tabla 3 Relación entre parámetros de una opción**

	Opción de compra	Opción de venta
Precio del activo subyacente	+	-
Precio de ejercicio	-	+
Tiempo	+	+
Riesgo	+	+
Tipo de interés	+	-
Dividendos	-	+

Fuente: “Opciones reales y valoración de activos”, por Macareñas, Lamothe, Lopez y de Luna, 2004, Prentice Hall, p.9

Para Mendoza & Sanchez (2012), a pesar de las similitudes entre las opciones financieras y reales, existen tres diferencias sustanciales:

- Las opciones financieras son líquidas, mientras que en el caso de requerirlo, los proyectos de inversión son más difíciles de negociar.
- Las volatilidades de las opciones es relativamente constante, mientras que las oportunidades cambian sustancialmente cuando se tiene información relevante.
- Las decisiones de la empresa dueña de la opción puede modificar su valor.

Además, el momento en que se puede ejercer la opción se pueden clasificar en, *Opción europea* y *Opción Americana*, la primera corresponde a aquella que solo se puede ejercer en la fecha de vencimiento ó tiene un vencimiento fijo, en la que no se es permitido la ejecución del contrato antes de la fecha fijada, mientras que la opción americana si permite el ejercicio antes de la madurez o ejercer en cualquier periodo entre la firma del contrato y el la fecha de vencimiento. Existen otros tipos de opciones que se consideran exóticas las cuales se ejercen

sólo en determinados días prefijados dentro de un intervalo de vigencia (Kodukuka, 2006) y (Contreras, 2013).

### **3.1.2 Tipos de Opciones Reales**

Como se mencionó anterior y como lo afirma Venegas (2008), la teoría de opciones reales, es la aplicación de las metodologías de evaluación de opciones financieras a la evaluación de proyectos y estrategias de negocio, incorporando flexibilidad u opcionalidad en la toma de decisiones futuras en posponer, ampliar, enmendar y abandonar una inversión o estrategia.

Así una opción real se puede definir como el derecho pero no la obligación de decidir sobre un proyecto como la respuesta al desarrollo de la incertidumbre de sus variables, pero si la inversión del subyacente no posee flexibilidad para la toma de decisiones futuras este no puede ser valorados por esta metodología (Cuervo & Botero, 2014).

Con base a la toma a las decisiones futuras y la flexibilidad, los principales tipos de opciones reales se encuentran: las opciones de abandono, opciones de expansión, opciones de contracción, opciones de espera ó de cierre temporal y opciones combinadas ó compuestas entre las mencionadas anteriormente, (Kodukuka, 2006), (Contreras, 2013) y (Venegas, 2008).

#### **Opciones de abandono o cierre.**

Esta opción permite al inversionista la decisión de liquidez venta del proyecto. De esta manera se puede abandonar el proyecto cuando este ya no cuenta con justificación económica. Este tipo de opción opera como una opción de venta americana en la que el precio corresponde al precio de venta del proyecto.

La continuación o abandono del proyecto depende de la situación de cada uno de los períodos del mismo. Cuando el precio de la venta del proyecto (abandono) es mayor al valor presente neto (VPN) se ejecuta la opción de abandono, así el VPN sea positivo.

$$VAB + \text{Max}[VAB - VPN ; 0] = \text{Max}[VAB ; VPN]$$

Donde:

VAB: Valor de abandono

VPN: Valor presente neto

### **Opciones de expansión.**

Esta es la que permite un valor adicional de inversión sobre el proyecto. El precio de la opción corresponderá a la inversión para la expansión como consecuencia de la ejecución de la opción. Este tipo de opción se ejerce cuando el beneficio económico esperado es mayor al Strike Price, siendo de esta manera una opción Call.

$$VOP = V + \text{Max}[\beta V - INV ; 0]$$

Donde:

VOP: Valor de la opción

V: Valor presente.

$\beta$  %: Factor crecimiento o ampliación.

INV: Inversión para ampliación

### **Opciones de contracción.**

Este tipo de opciones se caracteriza por la posibilidad de reducir el tamaño de los proyectos o realizar la subcontratación. Estas opciones se comportan como las opciones financieras Put, ya que el valor de la opción aumenta a medida que disminuye el valor de los contratos de subcontratación o reducción.

$$Max[V - \alpha VPI ; 0]$$

Donde:

V: Valor presente.

$\alpha$ : Factor contracción

VPI: Valor del proyecto con inversión.

### **Opciones de espera o cierre temporal.**

Opciones que se caracterizan por el alto nivel de incertidumbre que se puede presentar, caso en el que los inversionistas cuentan con la posibilidad de esperar o postergar por un lapso de tiempo la ejecución de una inversión o esperar hasta que se mejoren las condiciones del proyecto. Estas opciones se comportan como una opción financiera de call tipo americana.

$$VOP = Max[V - INV ; 0]$$

Donde:

VOP: Valor de la opción.

V: Valor presente

INV: Valor de la inversión

### **Opciones compuesta o combinada.**

Opciones que Corresponde a una opción que está compuesta o cuyo subyacente es otra opción y cuando son ejercidas generan otra opción al mismo tiempo que un flujo de caja que en general conllevan inversiones secuenciales o por etapas (Contreras, 2013).

### **3.1.3 Modelos para valoración de opciones reales**

El valor de las opciones financieras como de las reales, depende del precio del subyacente, que indica el valor presente de los flujos futuros o beneficios dependen del valor de la inversión o costo a incurrir para ejercer la opción, el tiempo de vencimiento, el riesgo del proyecto de inversión y la tasa libre de riesgo (Cuervo & Botero, 2014). El primer modelo para la valoración de opciones fue desarrollado por vez por Fischer Black y Mayron Scholes , aunque se han derivados otros diferentes modelos basados en análisis numéricos (Contreras, 2013).

Los métodos de evaluación comúnmente propuestos en la literatura para evaluar un proyecto de inversión con opciones reales se encuentra el método binomial y ecuaciones diferenciales (Cuervo & Botero, 2014) (Garrido Concha & Chacur,2003).

Para Mendoza & Sánchez (2012) existen dos formas diferentes de calcular el valor de las opciones reales: procedimientos de inducción backward, que corresponden a situaciones en la que la opción puede ejercerse en cualquier momento, es decir, se describen utilizando las opciones americanas y procedimientos forward, que es posible establecer claramente el punto en el tiempo en que las incertidumbres se resolverá, lo cual es característico de las opciones europeas, que tienen un tiempo definido de madurez.

## Inducción Backward

Se emplea cuando la incertidumbre se puede describir como un proceso markoviano. En este caso, existe la dificultad de estimar el tiempo de ejercicio de la opción.

## Ecuación Black-Scholes

La ecuación de Black-Scholes es un modelo de tiempo continuo en el cual el valor del activo sigue una distribución de probabilidad lognormal, es la herramienta más utilizada dentro del marco de las opciones financieras, no solo por su funcionalidad en la valoración de estos instrumentos, sino por la relevancia histórica que obtuvo al aportar una estandarización y confiabilidad al mercado de opciones

El modelo de Black-Scholes parte del supuesto de que es posible crear un portafolio con cobertura perfecta del riesgo, tomando una posición larga en el activo subyacente y una posición corta en opciones sobre dicho activo, de manera que las ganancias o pérdidas en una posición sean exactamente iguales a las de la otra.

$$C = Se^{-dt}N(d_1) - N(d_2)Ee^{-rt}$$

Siendo:

$$d_1 = [\ln(S/E) + (r + 0,5\sigma^2)t]/\sigma\sqrt{t}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{t}$$

Donde:

C= Valor actual de la opción. Valor adicional del VPN que se obtiene al ejercerla.

$S$  = Valor del activo, o el valor presente de los ingresos del proyecto menos los costos.

$d$  = Dividendos

$t$  = Tiempo de expiración o el lapso anterior a la ejecución de la opción.

$Ee^{-rt}$  = Representa al valor presente de las inversiones requeridas para un proyecto.

$N(d_1)$  = Representa las probabilidades ajustadas por riesgo de que el proyecto exceda su rendimiento esperado. Valor de la distribución normal  $d_1$ .

$N(d_2)$  = valor de la distribución normal  $d_2$ .

$r$  = Tasa de interés libre de riesgo.

$\sigma$  = Volatilidad calculada como la desviación estándar de los rendimientos del proyecto futuro.

El valor de una opción put puede obtenida a partir del valor de una call, utilizando la paridad call-put:

$$\text{Valor del put} = C - S + E$$

Los principales supuestos para la derivación de la formula son:

- La tasa de interés es positiva y constante durante el periodo de la vida de la opción.
- Es posible hacer ventas en corto.
- No hay costos de transacción.
- El precio del activo subyacente obedece un proceso estocástico lognormal continuo en el tiempo, conocido como movimiento geométrico browniano.

- La rentabilidad que gane debe tener base en la tasa libre de riesgo, con el fin de evitar posibles arbitrajes.
- Describe el valor de la opción europea en un activo sin flujo de fondos, que solamente se puede ejercer únicamente al momento de la maduración.

El modelo de Black-Scholes es un método rápido de cálculo, pero para estimar el valor de las opciones reales enfrenta una serie de limitaciones como consecuencias de los supuestos (Mendoza & Sanchez, 2012) :

Usar como tasa de retorno la tasa libre de riesgo y considerarla constante durante la vigencia de la opción.

- No hay cambio en los impuestos ni es posible el pago de los dividendos.
- Para estimar la volatilidad es necesario usar información histórica, olvidando que en muchas ocasiones el pasado no representa lo que podría ocurrir en el futuro.
- El tiempo de análisis debe ser continuo y no discreto.
- Dificultad en la creación de una regla general de decisión para ejercer la opción.
- Definir un activo subyacente al cual seguirle el comportamiento puede resultar confuso y subjetivo.
- Asumir que la volatilidad del activo subyacente es conocida y no cambia n el transcurso del proyecto.

### **Método Binomial**

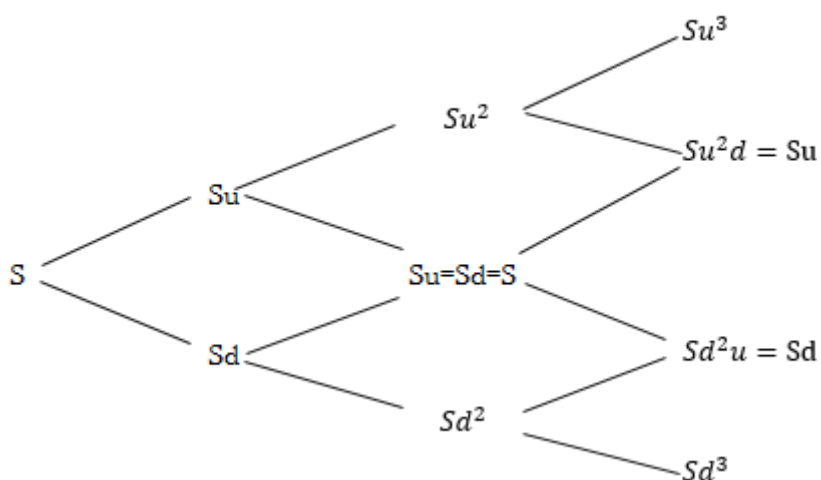
Los árboles binomiales permiten modelar la evolución del precio del activo bajo incertidumbre, donde en cada periodo tanto el valor presente de los beneficios esperados del



proyecto subyacente, como los correspondientes a valores de la opción real puede calcularse, lo que permite tener una idea sobre las decisiones que se puede tomar en el futuro (Venegas, 2013). El modelo de valoración más utilizado es la desarrollada por Cox, Ross y Rubinstein, que parte del cumplimiento de los siguientes supuestos:

- Eficiencia y profundidad de los mercados.
- Ausencia de costes de transacción.
- Es posible comprar y vender al descubrimiento, sin límite.
- Los activos son perfectamente divisibles.
- Se puede prestar y tomar prestado al mismo tipo de interés.
- Todas las transacciones se pueden realizar de forma simultánea.
- El precio del activo subyacente evoluciona según un proceso binomial multiplicativo.

#### Ilustración 4 Diagrama árbol binomial



Fuente: Adaptado de “Opciones reales y valoración de activos”, por Macareñas, Lamothe, Lopez y de Luna, 2004, Prentice Hall, p.31

Donde:

u: Representa el movimiento multiplicativo al alza del precio del subyacente en un periodo, con probabilidad asociada  $p$ .

d: Representa el movimiento multiplicativo a la baja del precio del activo subyacente en un periodo, con una probabilidad asociada de  $(1-p)$ .

S: Precio del activo subyacente.

El formulación de los arboles binomiales radican en la misma idea utilizada en el modelo de Black-Scholes, pero de manera discreta. A medida que el número de intervalos aumenta, los valores hallados en el modelo binomial, están más cerca de los resultados del B&S. El árbol binomial es el resultado de los movimientos ascendentes y descendentes que puede tener el valor de un activo como resultado de su volatilidad.

Según Mendoza & Sánchez (2012) los pasos necesarios para construir un árbol de eventos son:

- Identificar los diferentes tipos de opciones que pueden llegar a tener el activo.
- Calcular las múltiples incertidumbres de los retornos como un único valor empleando la simulación de Monte Carlo y la prueba de Samuelson.
- La flexibilidad se incorpora en el árbol de eventos con variaciones hacia arriba y abajo como consecuencia de la evolución de la incertidumbre.
- Construir el árbol de decisiones a partir de las variaciones en el árbol de eventos.
- Conducir el análisis de las opciones reales, el cual incluirá el valor del caso base sin flexibilidad más el valor de la opción.

El cálculo de la probabilidad viene dada por:

$$P = \frac{(Tasa\ libre\ de\ riesgo - Delta\ hacia\ abajo)}{(Delta\ hacia\ arriba - Delta\ hacia\ abajo)}$$

Calculo de factores al alza y baja:

$$Delta\ hacia\ al\ alza = \mu = e^{\sigma\sqrt{t}}$$

$$Delta\ hacia\ la\ baja = d = 1/\mu$$

Donde:

$\sigma$  = Volatilidad del activo subyacente

t= Intervalo de tiempo.

El cálculo del valor de la opción va ser dada por la siguiente ecuación:

$$C = \frac{P = (Ganancias\ al\ alza) + (1 - p)pérdidas\ hacia\ la\ baja}{(1 + r)^t}$$

La metodología de árboles binomiales enfrenta una series de consideraciones que es necesario tenerlas presente cuando se estén desarrollando (Mendoza & Sanchez, 2012):

- Se asume que la volatilidad se mantiene constante a lo largo de la vida del proyecto. Es posible que llegue nueva información, cambien las condiciones del mercado.
- Es necesario hacer correcciones al cálculo de la volatilidad cuando los flujos de caja son negativos, los retorno de capital invertidos no se comporten de manera lognormal y los flujos de caja no se encuentren estabilizados.

- Considera los posibles valores al momento de ejercer la opción y posteriormente, regresarse cronológicamente para ponerle precio a la opción comercializada en el tiempo cero, tal como se hace con los arboles de decisión.
- El valor del activo se pueden tomar uno o dos valores posibles al final del periodo, implicando que la opción comercializada puede tener solamente dos posibilidades de ocurrencia, cuando en realidad puede tener muchas más.

### **Inducción Forward**

Los procedimientos de inducción backward se diferencia de los forward, en que los flujos de caja de un proyecto no son continuos. Reflejan en la realidad en materia de reportes y pago de dividendos, como también ciclos de aprobación presupuestal, ofreciendo además la posibilidad de representar las diferentes alternativas que se tomarán como resultado de la llegada de nueva información empleando arboles de decisión.

Mediante los arboles de decisiones, da una primera aproximación a la forma en que las decisiones futuras como repuesta a nueva información y los cambios del entorno del entorno afectan el valor del activo, lo cual es posible analizar diferentes cursos de acción durante la vida de la oportunidad.

#### 4. METODOLOGIA

El plan que se seguirá para la consecución del objetivo general planteado de identificar el modelo que tenga en cuenta la incertidumbre y la volatilidad en precios, en la valoración de proyectos de inversión de cultivos de palma de aceite en Colombia, se basará en tres etapas. La primera etapa se realizará un trabajo de campo y se obtendrá información del sector a estudiar, la segunda etapa se desarrollará la modelación del proyecto y en la última etapa se analizará los resultados.

La primera etapa se basará en la recolección de información y datos generales en el sector de palma de aceite. Dentro de esta etapa se tendrá que evaluar algunos problemas del sector, como también definir un caso o proyecto de inversión a desarrollar. La segunda etapa, se basará en la información recolectada en la primera, donde se basará en la metodología propuesta por Garrido (2003) sobre la Evaluación Económica de proyectos de inversión a partir de la Teoría de Opciones Reales.

En este proceso se debe realizar inicialmente de la siguiente manera: Evaluar económicamente el proyecto de inversión mediante la Metodología Tradicional. Basados en las estimaciones de ingresos, costos e inversiones descontados a una cierta tasa de descuento. Posteriormente se debe realizar el cálculo del valor presente a partir solamente de los ingresos y costos descontados con la tasa de descuento calculada para el proyecto. Esto para desarrollar los diagramas de Flujos y política de inversiones del horizonte de la evaluación del proyecto, construidos considerando sólo los Ingresos, Costos y la serie de Inversiones. De esta manera se determinan las diferentes Opciones Reales presentes en el proyecto de inversión basados en el Diagrama realizado anteriormente. Ya contando con las diferentes opciones reales dentro del proyecto se debe calcular el valor de la inversión al incluirlas, esto utilizando el Método

Binomial para contar con los diferentes análisis y comparaciones de los diferentes resultados obtenidos.

Por último, la etapa final que complementa el último paso de la metodología propuesta en la etapa dos se analizarán y se compararan los diferentes resultados obtenidos de cada uno de los modelos utilizados para la valoración del caso de estudio. Dentro del análisis de los resultados obtenidos se debe comprobar y aclarar las diferentes ventajas y desventajas de los métodos de valoración.

## **5. LA PALMA AFRICANA Y SUS MODELOS ECONOMICOS**

La palma de aceite es una planta tropical propia de climas cálidos que crece en alturas de 0 a 500 metros sobre el nivel del mar, su nombre científico es *Elaeis guineensi* Jac. Su origen se ubica en el golfo de Guinea en el África occidental. Los primeros cultivos en América fueron originados por colonizadores y comerciantes de esclavos portugueses, que las usaban como alimentación en Brasil (Coapalmaecara, 2009).

La palma fue llevada a Colombia por el doctor Florentino Claes en 1932, cuyo material procedía del jardín botánico de Eala, Congo Belga (Gerra, 1987). La explotación comercial fue iniciada por la United Fruit Co. en la zona del Magdalena en 1945, con la siembra de unas 100 hectáreas. También esta compañía en ese mismo año importó palmas para iniciar un vivero en la Estación Agroforestal del Pacífico (Calima, Valle), las cuales sirvieron de semilleros para extender su uso al resto del país (Human Rights Everywhere, 2004).

En las décadas de 1950 y 1960, el fomento del cultivo de palma de africana fue una medida gubernamental dentro de las políticas de sustitución de importaciones, dado la coyuntura del alza en la demanda de aceites vegetales y materias grasas del mercado interno y el descenso de las reservas internacionales. En 1962 fue constituida en Colombia la Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite (Human Rights Everywhere, 2004).

### **5.1 Características Palma Africana**

La Palma africana o de aceite es una planta monocotiledónea perteneciente a la familia de las Palmaceae, produce inflorescencias masculinas y femeninas por separado. Una inflorescencia

femenina se convierte en un racimo con frutos maduros, de color rojo amarillentos, después de cinco meses a partir de la apertura de las flores. El número de racimos y de hojas producidas por palma por año es variable, de acuerdo a la edad y a los factores genéticos (Coapalmaecara, 2009). Las condiciones aptas para el desarrollo de los cultivos se describen en el siguiente cuadro:

**Tabla 4 Condiciones edafo-climáticas para el cultivo de palma aceitera.**

Latitud	Entre 15° de Latitud Norte y 15° de Latitud Sur
Altitud (msm)	Hasta 500 m.
Terrenos	Con pendientes menores a 15°
Suelos	Francos, franco-arcillosos planos o ligeramente ondulados, sueltos y profundos de buena permeabilidad y bien drenados, con PH neutro o moderadamente ácido (máx. PH4)
Temperatura (°C)	Máx. 33° – Min. 22°. En todo caso no inferior a 21°
Luminosidad (horas luz/año)	Superior a 1500 h.
Lluvia (mm/año)	Entre 1.800 y 2.200 mm. pero son suficientes hasta 1.500 mm. si hay lluvia todos los meses.
Evaporación (mm/año)	1.100 mm.
Humedad relativa (%)	80%

Fuente: Acnur pg21

Al emplear la germinación artificial, el 50% de las semillas germina en corto tiempo. La tasa de crecimiento anual de un tronco varía entre 25 y 45 centímetros, en condiciones ideales los cultivos palma de aceite inician su producción en aproximadamente tres años, siendo continuo y sin interrupciones y pueden durar hasta 50 años (Human Rights Everywhere, 2004). En los procesos de cultivos de gran escala la altura del tallo dificulta la recolección del fruto, por lo cual su vida útil es de aproximadamente 10 años.



### Ilustración 5 Palma de aceite y fruto



Fuente: (Coapalmaecara, 2009).

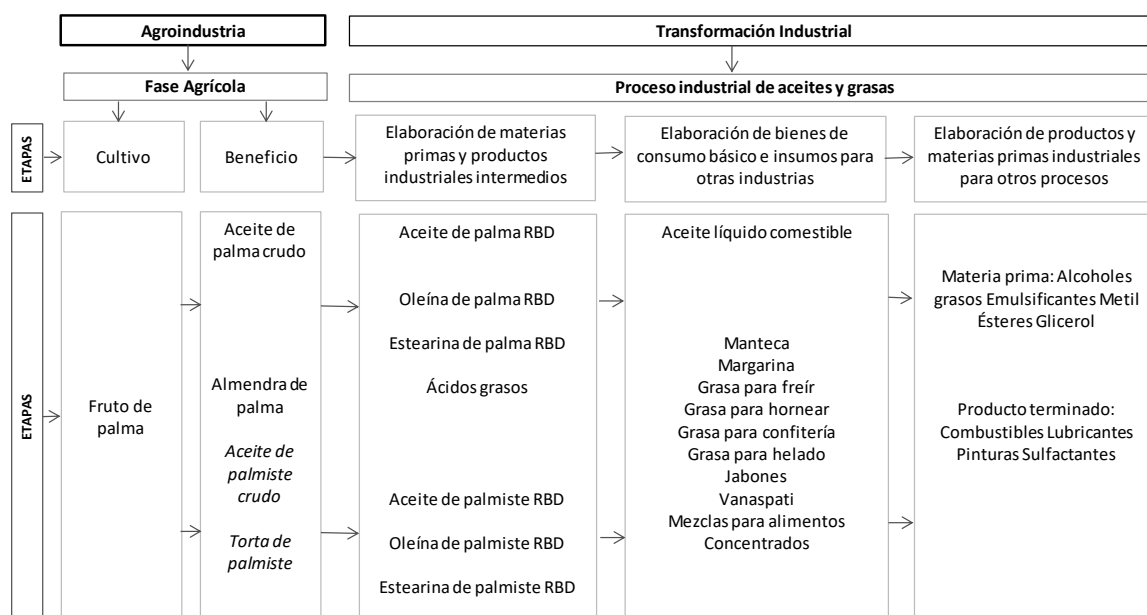
Una palma sana puede producir entre 80 y 230 kilogramos de racimos por cosecha. Luego de cortado el racimo de la palma es enviado a las industrias procesadoras para la extracción de aceite. Este transporte debe ser en breve tiempo puesto que el fruto tiende a acidificarse en corto tiempo después de cosechado, característica que baja enormemente la calidad del aceite y puede volver inutilizable los frutos (Human Rights Everywhere, 2004).

Un cultivo de palma aceitera constituye un medio ecológico en el cual puede verse afectado por animales y plagas, donde existen al menos 80 especies de artrópodos que son plagas potenciales en palma aceitera. Los ataques se localizan en la región del cogollo, follaje, flores, racimos y sistema radicular (Coapalmaecara, 2009). Las principales plagas son: Acaros, hormigas arrieras, escarabajos estrategus, ratas, escarabajos amarillos, minadores de las hojas, cucarrones, chinches de encaje y mariposas (Rahmana, 1994).

## 5.2 Usos de la palma africana

La palma africana es considerada un cultivo de alto rendimiento por las variedades de productos que del mismo y otras partes de la planta se generan y su utilización de la industria. En condiciones ideales, los cultivos pueden producir hasta 20 toneladas de racimos por hectárea y por año, donde se pueden extraer hasta el 25% de aceite de palma y el 5% de aceite de palmiste. Producción mayor que la de cualquier otra fuente de aceite vegetal (Human Rights Everywhere, 2004).

**Tabla 5 Cadena productiva de la palma de aceite**



Fuente: Anuario Estadístico 2011- Fedepalma. Página 36

En cuadro anterior se describe la cadena productiva de la palma de aceite iniciando desde la fase agrícola hasta el proceso de transformación de los productos y subproductos provenientes de la palma y de sus frutos.

De la palma africana se extraen dos importantes aceites: la oleína líquida o aceite de palma, que se utiliza casi exclusivamente para la producción de productos comestibles como

margarinas, manteca y grasas para cocina; y el aceite de almendra de palma o palmiste, que posee un alto contenido de ácido láurico, con el cual se utilizan para la preparación de productos industriales, jabones y alimentos para animales. Los usos se pueden dividir en comestibles y no comestibles (Human Rights Everywhere, 2004).

#### *Usos comestibles*

Los usos son en la mayoría culinarios, bien sea para ser empleado directamente para freír o bien para productos añadido a otros como los helados y las margaritas. Contienen un bajo porcentaje de ácidos trans considerados nocivos para la salud.

#### *Usos no comestibles*

El aceite de pulpa se utiliza ampliamente en la producción de biodiesel, cosmética, detergente, jabones y comida para animales, así como como en la fabricación de pinturas, velas, crema para zapatos, tinta de imprenta, acero inoxidable, sector textil y del cuero.

Terminado el proceso de extracción del aceite de palma queda como desperdicio el raquis, las fibras y el cuesco de nueces. Las primeras se utilizan como fertilizantes debido a su alto contenido de potasio. Las fibras son utilizadas para combustible en los hornos de las plantas procesadoras y cuesco de las nueces puede ser utilizado como complemento de materiales de construcción y la obtención de carbón (Human Rights Everywhere, 2004).

### **5.3 Modelos económicos**

Las plantaciones de palma africana son cultivados para dos finalidades: para cubrir las necesidades tradicionales de pequeñas comunidades en el marco de una economía de

supervivencia u obtención de productos destinados a consumo interno o exportación a gran escala (Human Rights Everywhere, 2004).

### **5.3.1 Cultivo tradicional**

La palma es cultivada en pequeñas parcelas de propietarios y los frutos son procesados de manera rudimentaria para la distribución a comunidades cercanas, no tienen alta rentabilidad económica, estos cultivos responden a una demanda local de productos tradicionales (Human Rights Everywhere, 2004).

### **5.3.2 Cultivo a gran escala**

Los cultivos mayor escalas se desarrollan grandes extensiones, que garanticen la producción de la suficiente cantidad de frutos para justificar la inversión realizada en la plantación, su cosecha y transporte, el eventual establecimiento de plantas procesadoras y refinerías, para que los cultivos de palma sean económicamente rentables. Se distinguen dos modelos: El modelo empresarial y la modelo asociativa.

Los cultivos a grandes escalas deben ser apoyados por inversionistas que permitan establecer la plantación y esperar la producción de frutos alrededor de los tres a cuatro años, capacidad para reaccionar a impacto económicos del mercado, facilidad de acceder a financiación y posibilidad de integrar las plantaciones con la cadena productiva (Human Rights Everywhere, 2004).

En el caso del cultivo de palma a gran escala se distinguen dos modelos: el modelo empresarial y el modelo asociativista.

#### *Modelo Empresarial*

El modelo empresarial se divide en el modelo económico de explotación vertical y horizontal basado en el predominio de las empresas, desde cualquier nivel de la cadena.

### *Modelo Vertical*

Todos los procesos que van desde la plantación o fase agrícola hasta la elaboración de productos o materia prima están integrados, la misma organización o ente económico es la encargada del desarrollo de las etapas de la cadena productiva de la palma de aceite y sus derivados hasta la comercialización de ellos mismos. Por supuesto, este modelo requiere una inversión necesaria para absorber los posibles riesgos del mercado. En este caso existen empresas como por ejemplo Unilever, compañía multinacional que en Malasia tiene su propia compañía (Pamol) para el cultivo de palma africana y la producción de aceites.

### *Modelo Horizontal*

En el modelo horizontal la empresa ya no está directamente involucrada en todo el proceso productivo, en la mayoría de los casos las compañías que pueden ser una procesadora, comercializadora o industria que utilice los productos como insumo, negocia con los cultivadores de las plantaciones de palma la producción del fruto, siendo estas las que asumirían el riesgo o responsabilidad ligados a las variaciones de precios u otros factores (Human Rights Everywhere, 2004).

### *Modelo asociativista de cultivos de Palma*

Según Human Rights Everywhere (2004) en varias partes del mundo los propietarios han creado asociaciones de productores, buscando tener mayor poder de negociación e independencia, tratando de limitar el extremado poder que puede tener las empresas en los

modelos verticales de explotación. No solamente los cultivadores se han unidos para obtener una mejor posición en la cadena de producción, sino que ellos mismos han creado plantas procesadoras o circuitos de distribución para cubrir el proceso completo aumentando sus márgenes de rentabilidad

## **6. DESEMPEÑO DE LA AGROINDUSTRIA DE LA PALMA DE ACEITE**

La comercialización de aceite de Palma empezó a comienzos del siglo XIX en paralelo con la revolución industrial. Inicialmente, el producto posventa era realizado exclusivamente de países africanos, principalmente de Nigeria, pero después de 1930, entraron a competir países asiáticos en particular Malasia, se hicieron más fuertes y hasta 1966 la producción asiática supero la producción asiática, manteniéndose en esa posición hasta la actualidad (Human Rights Everywhere, 2004).

La comercialización en el mercado mundial del fruto de palma no es posible realizarse debido a sus características físico- químicas deben procesarse en un lapso muy corto de tiempo después de ser cosechado, por lo cual solo se puede transar los aceites extraídos derivados de la palma (Sagarpa, 2010).

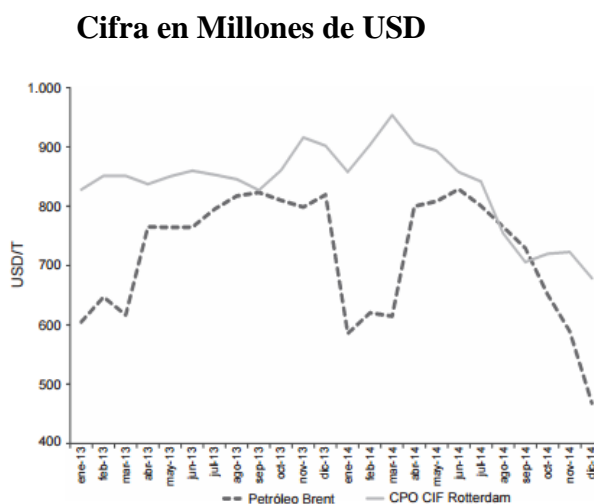
### **6.1 Mercado mundial de aceites y grasas**

Los precios internacionales de los principales aceites y grasas vegetales y animales disminuyeron en 2014, debido a tres razones (Fedepalma Gesti, 2014):

- Abundante cosecha de semillas oleaginosas, especialmente fríjol y soya, tanto en el hemisferio Sur como en el Norte, aumentando en un 7% frente al periodo de 2013, con 285 millones de toneladas. Esto responde en gran medida al buen comportamiento de la producción en Brasil, Argentina, Paraguay, Estados Unidos.
- La recuperación de EE.UU, ha generado la expectativa de un aumento de las tasas de interés en el año 2015, que afectaría los precios de los commodities.

- La fuerte caída de los precios internacionales del petróleo, terminó afectando los precios de los aceites vegetales, en la medida que existe una alta correlación por la relación con el biocombustibles.

### Ilustración 6 Precio del aceite de palma y del petróleo Bret, 2013-2014



Fuente: “Informe de Gestión Fedepalma 2014” Fedepalma , p.34

#### 4.1.2 Oferta

La producción de los diecisiete principales aceites y grasas alcanza 199,09 millones de toneladas en el periodo de octubre de 2013 a Septiembre de 2014, que significa un incremento de 11,1 millones, corresponden a un incremento del 5,9% con respecto al mismo periodo anterior. Este Auge se debe, como se indica anteriormente, al buen comportamiento de la producción de semillas oleaginosas. Malaysia e Indonesia, principales productores de aceite de palma, aplicaron una política de cero arancel a las exportaciones de aceite de palma crudo a finales del 2014, buscando disminuir el exceso de inventarios. Además, India para hacer frente a las condiciones de mercado, decidió incrementar el impuesto de importación de aceites de palma de crudo de 2,5% a 7,5% y el impuesto de aceite de palma refinado de 10% al 15%, a final del año, con el fin de apoyar a la industria local (Fedepalma, 2014).



Actualmente, los ocho principales aceites y grasas alcanza 169,09 millones de toneladas en el periodo de octubre de 2014 a Septiembre de 2015, que significa un incremento de 3,3 millones de toneladas, que, corresponden a un incremento del 1,97% con respecto al mismo periodo anterior (Fedepalma, 2015).

#### 4.1.1 Demanda

La demanda mundial de los principales aceites y grasas alcanzó 168,19 millones de toneladas del periodo 2014-2015, lo que significa un crecimiento de 4.32 millones de toneladas más que en el periodo 2013-2014. El mayor crecimiento del consumo de aceites y grasas, se presentó en China, India, Indonesia y Estados Unidos (Fedepalma, 2014). En cuanto al consumo mundial de aceite de palma, incrementó en 1,37 millones de toneladas de 2014 al 2015 (Fedepalma, 2015).

**Tabla 6 Balance de Oferta y demanda mundial de los principales aceites y grasas**  
**En millones de Toneladas**

Concepto	Oct/Sep	Oct/Sep	Oct/Sep	Variación 2014/2013	
	12/13	13/14	13/14P	Absoluta	Porcentual
Inventario Inicial	21,7	22,43	24,33	1,9	8,47
Producción	155,52	165,82	169,09	3,27	1,97
Importaciones	69,89	71,06	74,57	3,51	4,94
Exportaciones	69,76	71,12	75,13	4,01	5,64
Consumo Aparente	155,21	163,87	168,19	4,32	2,64
Inventario Final	22,43	24,33	24,68	0,35	1,44
Inv/Uso %	14,45	14,85	14,67	-0,17	-1,17

Fuente: “Boletín estadístico mensual del sector palmero”. Agosto de 2015, Fedepalma,

## 4.2 Mercado Nacional de aceites y grasas

### 4.2.1 Oferta y Demanda

La oferta disponible de aceites y grasas en Colombia alcanzó 1.5 Millones de toneladas en 2014, representando un crecimiento de 9% respecto a 2013. Por el lado de la oferta nacional de aceites crudos fue de 1,2 millones de toneladas, creciendo un 7% frente al periodo anterior, impulsado por el buen comportamiento de los aceites de palma y palmiste, que participaron con 94% de dicha producción. En términos per cápita, la oferta de aceites y grasas, tanto para usos no comestibles como comestibles, fue de 32,8 Kg/Hab. en el año 2014, 8% mayor que la registrada en 2013 (Fedepalma, 2014).

**Tabla 7 Colombia, Oferta y demanda de aceites y grasas 2012-2014**

**En miles de toneladas**

Concepto	2010	2011	2012	2013	2014 (pr)	Var. %
Producción	881,0	1.095,1	1.126,1	1.196,4	1.274,6	6 %
Importaciones	507,0	501,7	538,8	525,2	651,3	24 %
Exportaciones	172,4	236	263,3	285,5	365,3	28 %
Oferta Disponible	1.215,6	1.360,8	1.401,6	1.436,1	1.560,6	8 %
Población	45	45,5	46	47,1	47,6	1 %
Oferta disponible per cápita (kg/hab)	27,0	29,9	30,5	30,5	32,8	7 %

Fuente: “Informe de Gestión Fedepalma 2014”, por Fedepalma, Fedepalma, p.36

### 4.3 Desempeño del sector palmero Colombiano

Colombia es el primer productor en Latinoamérica y el quinto a nivel mundial de aceite de palma y palmiste. Impulsado por iniciativas privadas de formar alianzas estratégicas apoyadas por el gobierno, buscado un crecimiento y rentabilidad del sector palmicultor. Alianzas que coordinan e integran a los cultivadores, industriales y comercializadores, prestando además

apoyo técnico, infraestructura, servicio, financiamiento y contratos de compra seguro del fruto de la palma de parte de los industriales (Sagarpa, 2010).

En 2014 la producción de aceite de palma crudo superó 1.1 millones de toneladas, lo que evidencia un crecimiento de 7% respecto al 2013. Variación que sobresale el promedio de crecimiento de los últimos 15 años, ubicado en 5,3%. El aceite de palma participó con 4,1% de la producción agrícola y 5,9% de la producción de cultivos permanentes (Fedepalma Gesti, 2014).

El área sembrada en palma de aceite mostró un débil crecimiento cercano al 1% en 2014; el área en desarrollo se redujo en 10%; el área en producción creció en 5%. Menor dinámica por la reducción de las áreas en palma de aceite explicada por las afectaciones de la enfermedad PC (Producción de Cogollo) fenómeno que ha requerido la erradicación de 14.200 hectáreas (Fedepalma, 2014).

Frente a la tendencia decreciente de la productividad de los cultivos de palma de aceite en Colombia durante los último años, obedece tanto a la entrada de áreas jóvenes a fase de producción, cuyo potencial productivo es inferior a las áreas más maduras; el rezago en la adopción de tecnología, aspecto derivado de la entrada de nuevos productores de pequeña y mediana escala, con baja disponibilidad de recursos o acceso de financiación (Fedepalma, 2014).

#### **4.3.1 Producción de fruto, aceite crudo y almendra de palma**

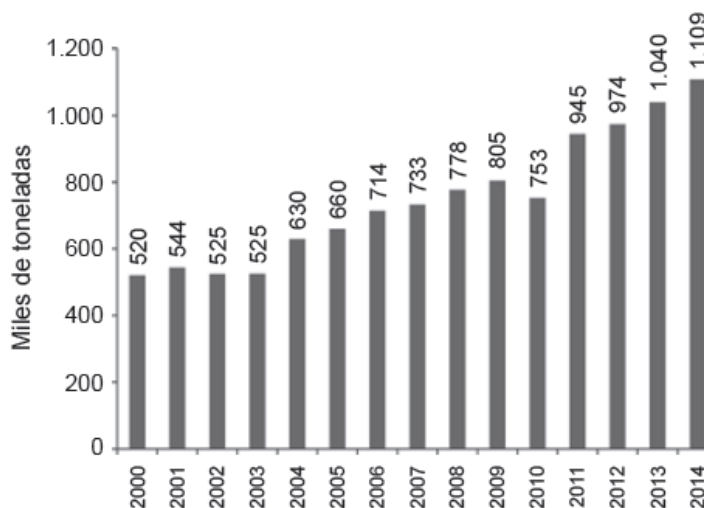
En 2014 la producción de fruto de palma fue de 5.4 millones de toneladas, mostrando una variación positiva de 7,3% respecto al 2013, lo que muestra un incremento de 369 mil toneladas distribuidos como lo muestra la siguiente tabla (Fedepalma, 2014):

**Tabla 8 Colombia Distribución de fruto de palma por zonas 2013-2014.****En miles de toneladas**

Zona	2013	2014	Variación		Participación en la producción	Aporte al crecimiento
			Absoluta	%		
Oriental	1.927.514	1.969.693	42.179	2,2 %	36,3 %	0,8 %
Norte	1.653.288	1.815.651	162.363	9,8 %	33,5 %	3,2 %
Central	1.394.677	1.540.419	145.742	10,4 %	28,4 %	2,9 %
Suroccidental	77.309	96.670	19.361	25,0 %	1,8 %	0,4 %
<b>Total</b>	<b>5.052.788</b>	<b>5.422.433</b>	<b>369.645</b>	<b>7,3 %</b>	<b>100 %</b>	<b>7,3 %</b>

Fuente: “Informe de Gestión Fedepalma 2014”, por Fedepalma, Fedepalma , p.42

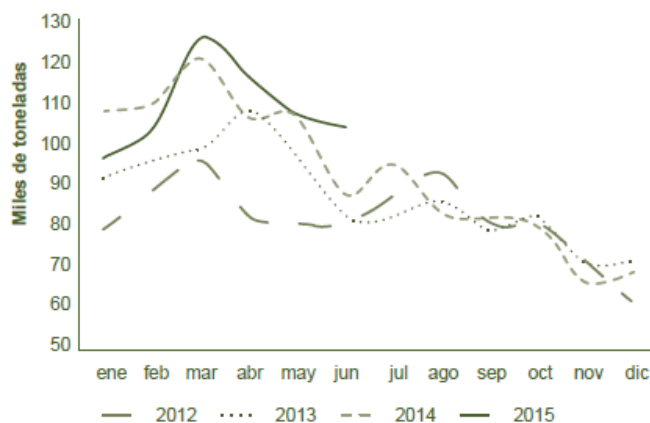
Por el lado, de la producción de aceite de palma crudo fue de 1.1 millones de toneladas, mostrando una variación frente al 2013 del 6,6%, lo que indica un crecimiento interanual de 68 mil toneladas, Variación positiva que se ha mantenido durante los últimos años y más fuertemente en los últimos cuatro años (Fedepalma, 2014).

**Ilustración 7 Colombia, Evolución de la producción anual aceite de palma crudo 2000-2014.****En miles de toneladas**

Frente al cierre del primer semestre de 2015, la producción nacional se consolidó en 653.657 toneladas de aceite de palma crudo, con un incremento de 3% representado en 16.270 toneladas adicionales, respecto al mismo periodo de 2014 de 637.387 toneladas (Fedepalma,2015).

### Ilustración 8 Colombia, Producción de aceite de palma crudo 2012-2015

En millones de toneladas



Fuente: “Boletín Económico”. Agosto 2015, Fedepalma.

La producción de almendra de palma fue de 240.945 toneladas en 2014, mostrando una variación de 6,5% frente al 2013 con 226.46 toneladas reportadas. Donde, para el cierre del primer semestre de 2015 alcanzó 142.903 toneladas, incrementando un 4%, con el mismo periodo del 2014.

#### 4.3.2 Precios Colombia del aceite de palma

El precio interno en Colombia del aceite de palma en 2014 estuvo en promedio del 2014 alrededor de COP \$1.8 millones por tonelada, registrando un aumento de 5% con relación al 2013. Apoyado por la activación de los aranceles en el Sistema Andino de Franja de precios y la devaluación del peso Colombiano. Variables que compensan la caída del precio internacional de un 4%. (Fedepalma, 2014).

Para el primer semestre del 2015, el precio internacional del aceite de palma registro una caída del 12%, dado a los buenos comportamientos de producción a ha tenido el fríjol soya en Estados Unidos y en el Sudeste Asiático; menor consumo en China e India debido a la desaceleración de sus economías; menor precio del petróleo (Fedepalma, 2015).

Pero a pesar de la disminución del precio internacional en el primer semestre del 2015, el precio del aceite de palma de Colombia aumentó un 1%, afectado por la estabilización del Sistema Andino de Franja de Precios y la devaluación del peso Colombiano (Fedepalma, 2015).

En el caso del palmiste, el precio alcanzó un valor promedio de COP \$2.5 millones, 31% por encima del 2013. Incremento influenciado por el aumento del 22% en el precio internacional, la subida en los aranceles y la devaluación del peso Colombiano (Fedepalma, 2014).

## 7. EVALUACIÓN FINANCIERA

Las plantaciones de palma Africana son cultivadas para cubrir las necesidades tradicionales o para la explotación a gran escala, en esta última se desarrollan en grandes extensiones que garanticen la producción suficiente cantidad de fruto para que los cultivos sean financieramente rentables. Los modelos a gran escala están la empresarial y la asociativa, en el primero se desarrolla el modelo vertical, donde explota toda la cadena de valor y horizontal, donde la empresa no está involucrada en todo el proceso. El modelo asociativo, los propietarios se asociación para tener mayor poder de negociación.

Para el caso de análisis se basó en un modelo empresarial horizontal de explotación de la fase agrícola, de la cadena productiva de la palma de aceite, que consiste en la siembra de la planta y la recolección de su fruto.

El caso se desarrollara a una finca ubicada en la vereda la Lizama municipio de Barrancabermeja en Santander-Colombia, con la que cuenta con 150 hectáreas de extensión cultivables, de las cuales en la actualidad hay 110 hectáreas sembradas en palma, primer cultivo de 50 hectáreas sembradas en 2004 y segundo cultivo 60 hectáreas en 2012. Disponibles, 50 hectáreas que son utilizados actualmente para pastoreo, cría y ceba de ganado. La finca está limitado, por un lado el lindero con el rio Sogamos y demás por tres fincas ganaderas. En la zona cercana no hay cultivos de palma, lo que le ha permitido estar lejos de zonas contaminadas con PC. A parte del rio, cuenta con tres fuentes de agua ya que por el centro pasa una quebrada y por los demás linderos también. En época de verano el agua se reduce considerablemente pero no se agota. Cerca, está la cordillera, lo que ayuda a que eventualmente caigan lluvias en verano a diferencia de zonas ubicadas más al norte del país.

Tipo de palma cultivada en la primera siembra es una variedad de costa rica donde la producción en 2015 fue de 1.670 toneladas y la segunda variedad cultivada fue diseñada por unipalama del grupo unilever con una producción en 2015 de 586 toneladas. Se estima que cada cultivo alcance 20 años de producción.

## 7.1 Descripción del Proyecto

La Gerencia de la finca está evaluando cultivar 35 hectáreas y sustituir las actividades de pastoreo, cría y ceba de ganado. La semilla que se quiere sembrar es híbrida para la resistencia contra el PC. Para el desarrollo del proyecto es necesario hacer la preparación del terreno, lo que implica rastrear a máquina los potreros actuales disponibles acabando el pasto. Posteriormente, se procederá a trazar y hacer los huecos donde van las plantas. Se siembra y se procede con el mantenimiento por los próximos dos años y medio cuando comienza a generar frutos. Sin bien la producción a esa edad es mínima es necesario comenzar a cortar cada 15 o 20 días a medida que pasan los meses se va incrementando la producción.

### Inversión en Capital Expenditures (CAPEX)

La inversión necesaria para iniciar el proyecto es descrita en el siguiente cuadro:

**Tabla 9 Inversión Inicial del Proyecto**

<b>En miles de Pesos</b>	
<b>Concepto</b>	<b>Cop</b>
<b>1.</b> Mantenimiento de caminos y puentes	18.000
<b>2.</b> Construcción drenajes	5.000
<b>3.</b> Aradura y rastreo	9.000
<b>4.</b> Costo por 3.800 plantas	53.200
<b>5.</b> Fertilizantes	9.000
<b>6.</b> Transporte plantas del vivero	3.200
<b>7.</b> Alineamiento y estaquillado	2.000
<b>8.</b> Control de maleza	12.000
<b>9.</b> Salarios	4.910
<b>Inversión Total</b>	<b>116.310</b>

Fuente: Elaboración propia.



Se estima que son necesarios tres personas para la ejecución del proyecto y una encargada del control fitosanitario, representados en salarios.

### **Gastos de Operación y Mantenimiento (OPEX)**

Los gastos de operación y mantenimiento, en adelante OPEX para el desarrollo de la vida del proyecto fueron basados en los costos incurridos en los cultivos que actualmente tiene la finca. A continuación costos operativos:

- Mantenimiento de la plantación los primeros 4 años se hará con 5 empleados fijos al inicio y 5 después del tercer año (Salario Mínimo).
- Comaleo. Se utiliza un tractor el cual se puede tomar 4 días de 8 horas para limpiar cada 4 meses. Costo hora \$70.000.
- Poda sanitaria, se paga \$500 por mata podada, después del 6 año 1000 pesos.
- Control fitosanitario, una persona constante la misma que se utiliza en el inicio del proyecto.
- Fertilizante, kilo por planta en el primer año es de uno, en el segundo al tercer año de 2, del cuarto al sexto año de 4 y después de 7 kilos. El costo por bulto es de 91 mil pesos.

Para la proyección del crecimiento de los gastos OPEX se hizo basado en la inflación.

### **Producción e Ingresos**

El número de hectáreas cultivadas planteadas en el proyecto es de 35, donde se estima que para iniciar la producción requieren aproximadamente de 3 años con una producción inicial de 5

toneladas y basados en el crecimiento de las plantaciones ya cultivadas en la finca, se proyecta el siguiente crecimiento:

**Tabla 10 Evolución de la Producción X Toneladas**

<b>Toneladas</b>		
<b>Año</b>	<b>Nº Hecta.</b>	<b>Prod. X Hecta.</b>
1-2.	35	0
3	35	5
4	35	10
5	35	18
6	35	20
7-14.	35	22-29.
15-20.	35	30-33.

Fuente: Elaboración propia.

Para calcular las toneladas de producción es necesario multiplicar la producción por hectáreas por el número de hectáreas cultivadas y tener como resultado las toneladas que el nuevo cultivo tiene disponible para la venta a la planta procesadora.

Para el cálculo de los ingresos se tomó el precio por tonelada de COP 301 Mil pesos, como base inicial de la valoración por flujo de caja descontado, dejándolo constante durante toda la vida del proyecto.

### **Flexibilidad- Opciones**

Las limitaciones de los métodos tradicionales como se ha descrito anteriormente no permiten el adecuado análisis de los proyectos en cultivos de palma de aceite en Colombia. Proyectos como se evidencia se caracterizan por ser de largo plazo. Producción que se ve afectada por los diferentes hechos como los descritos, que generan escenarios de alta incertidumbre, principalmente por precio. Por lo cual, se requiere de un método en el que se incorpore

flexibilidad e incertidumbres para la toma de decisiones futuras. Para el caso del análisis se identificaron alternativas la opción de diferir y la de expandir.

#### *Opción de Diferir*

Las Gerencia del proyecto evalúa la alternativa de diferir la inversión esperando que la evolución del precio del fruto maduro se ubique en rangos de mayor rentabilidad financiera.

#### *Opción de Expandir*

Se plantea expandir en 15 hectáreas adicionales después del quinto año, dado a que se estima que la inversión necesaria en CAPEX y OPEX es menor dado a que se subsidiaría con la realizada inicialmente y los gastos operacionales no se verían impactados de manera considerable.

### **7.2 Evaluación Financiera del Proyecto.**

Basado en la metodología propuesta por Garrido (2003) sobre la Evaluación Económica de proyectos de inversión a partir de la Teoría de Opciones Reales, se debe realizar primero evaluar económicamente el proyecto mediante la metodología de flujo de caja descontado.

Posteriormente se debe realizar el cálculo del valor presente a partir solamente de los ingresos y costos descontados con la tasa de descuento calculada para el proyecto y desarrollar los diagramas de flujo y estrategias y de esta manera determinar las diferentes opciones reales presentes, que para el proyecto de análisis se identificaron la opción de expandir y de diferir.

## Evaluación Financiera por Flujo de Caja Descontado

La metodología de flujo de caja descontado consiste en la suma del valor presente de los flujos de caja libre (FCL) futuros, descontada a una tasa de oportunidad o costo promedio de capital, menos el valor presente de la inversión inicial, siendo el método más utilizado.

### Tasa de descuento

Corresponde la tasa con la cual se lleva un valor en el futuro en una suma presente. Esta es generalmente catalogada como el costo de capital.

Para encontrar la tasa de descuento se emplea por lo general el CAPM (Capital Asset Pricing Model o el Modelo de Precio de Activos de Capital y este es unido al WACC (Weighted Average Cost of Capital o Costo Promedio Ponderado de Capital). Estos son basados en lo siguiente:

- CAPM: busca determinar la rentabilidad esperada por parte de un accionista sobre su inversión en determinado activo dependiendo de la industria donde se desempeñe, la economía donde se encuentre, el crecimiento del mercado y los rendimientos de este mercado, entre otros factores.
- WACC: Realiza una ponderación entre el monto total de la deuda, el monto del patrimonio y las tasas a las cuales se obtiene cada una de estas dos formas de financiación. Este ejercicio determina cuánto cuesta financiar la operación de la empresa.

Para la evaluación del proyecto se ha determinado una tasa de descuento del 14,03% la cual fue calculada de la siguiente manera:

$$WACC = \frac{D}{D + E} K_d (1 - T) + \frac{E}{D + E} K_e$$

Dónde:

WACC: costo promedio ponderado de capital

D: corresponde al total de deuda de la empresa

E: es el total del patrimonio de la compañía

Kd: es el costo ponderado de la deuda medida en tasa efectiva anual

T: tasa de impuestos

Ke: corresponde al costo anual de capital, es decir a lo que espera de forma estimada un accionista por hacer una inversión en este tipo de compañías en el mercado en cuestión

Este último concepto es determinado usando la metodología CAPM la cual se calcula así:

$$K_e = R_f + \beta(R_m - R_f) + R_p$$

Dónde:

Ke: costo de capital

Rf: tasa libre de riesgo

$\beta$ : beta de la compañía; riesgo que tiene esta ante cambios en el mercado

Rm: rentabilidad del mercado

Rp: riesgo país Colombia

**Tabla 11 Calculo Tasa de Descuento**

<b>Estimación Costo del Patrimonio ke</b>	
Yield Bonos EE.UU. a 5 años	1,34%
Prima de mercado	6,18%
EMBI	3,78%
<b>Beta Desapalancado Corregido Por flujo de caja</b>	<b>0,773</b>
Beta Aplancado	0,91
<b>Costo del Patrimonio (Nominal US\$) Ke</b>	<b>11,30%</b>
- Inflación Estados Unidos	2,00%
<b>Costo del Patrimonio (Real)</b>	<b>9,12%</b>
+ Inflación Colombia	6,70%
<b>Costo del Patrimonio (Nominal Colombia)</b>	<b>16,43%</b>
<b>Estimación del Costo del Capital- WACC</b>	
	<b>2016</b>
<b>Tasa de impuestos (Timp)</b>	<b>40,00%</b>
<b>Costo del Patrimonio (Nominal Pesos)</b>	<b>16,43%</b>
<b>Costo Deuda en Pesos con Beneficio Tributario</b>	<b>8,45%</b>
<b>Estructura de Capital Proyecto</b>	
% Patrimonio	70%
% Deuda en Pesos	30%
<b>WACC (COSTO PROMEDIO PONDERADO DE CAPITAL) Nominal</b>	<b>14,03%</b>

Fuente: Elaboración Propia

Para el cálculo de la tasa de descuento se basó con información a corte enero de 2016, periodo en que se realizó el análisis.

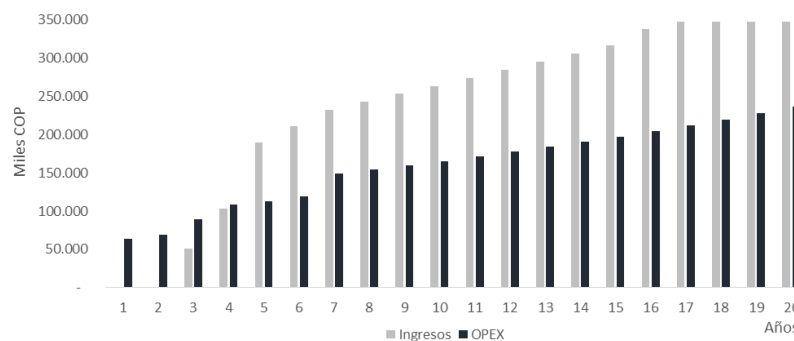
### **Estimación de Flujos de Caja**

Para la estimación de la valoración se tomó un horizonte de 20 años, tiempo en que la altura de la palma dificulta la recolección del fruto y en que habitualmente es cortada la palma, por lo cual no existe valor terminal de los flujos futuros.

Como se describió anteriormente, los ingresos van a depender de la estimación de la producción en toneladas multiplicada por el precio de COP 301 mil pesos por tonelada vendida a la planta procesadora durante toda la vida del proyecto.

### Ilustración 9 Evolución de Ingresos y OPEX

En miles de Pesos



Fuente: Elaboración Propia

Los costos operacionales OPEX, basados en el comportamiento de los dos otros dos cultivos que la finca tiene, nos da una gran aproximación del desarrollo que el proyecto va tener.

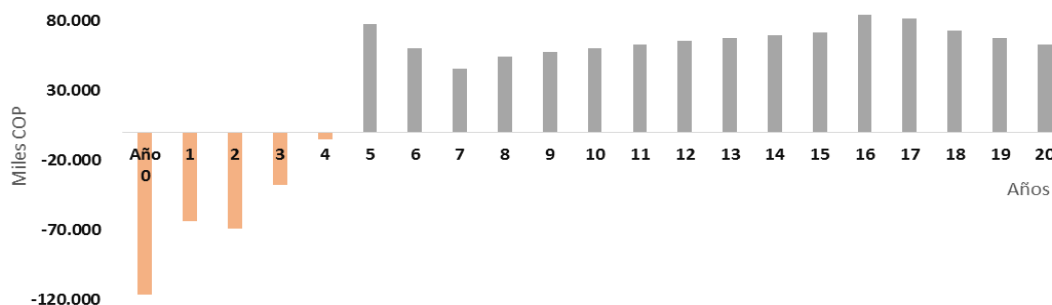
El ciclo de efectivo estimado para el cálculo del capital de trabajo es cero, dado las plantas extractoras pagan entro del mismo mes, a los proveedores se les paga de contado y no c tiene inventario.

### Evaluación y Resultados

Basado en los supuestos descritos anteriormente, el proyecto genera los siguientes flujos durante el horizonte de tiempo del cultivo de palma:

### Ilustración 10 Evolución Flujo de Caja

En miles de Pesos



Fuente: Elaboración Propia.

Como lo muestra la figura anterior, al inicio el proyecto genera flujos de caja libre negativos, y solamente hasta el quinto año empieza a generar flujos positivos, por lo cual evidencia el grado de incertidumbre y volatilidad que está expuesto el proyecto y aún más al ser un proyecto de largo plazo.

Al descontar los flujos de caja proyectados al año 0, al Wacc del 14,03%, da como resultado un valor presente neto (VNA) de -17.939 millones, por ende por el método tradicional de FCD se rechazaría el proyecto.

### **Evaluación Opciones Reales**

El resultado de la valoración por flujo de caja descontado indica que el proyecto no es financieramente viable, pero esta metodología como se ha indicado en capítulos anteriores, no releja la flexibilidad en la toma de decisiones que tiene la gerencia. Por lo cual, al cumplir las características de ser una inversión a largo plazo, con alta incertidumbre, opciones existentes y el valor cercano a su umbral de rentabilidad la metodología de opciones reales sería la adecuada para la evaluación del proyecto de análisis.

Para poder evaluar el proyecto a través de la metodología de opciones reales, se identificó con la gerencia de la finca la opción de diferir el proyecto y de expandirlo explicados anteriormente. Se calculó la volatilidad del proyecto, después los factores de crecimiento y decrecimiento, posteriormente las probabilidades, se construyó el árbol binomial y por último, se calculó el valor de las opciones.

### **Volatilidad**

Para la estimación de la volatilidad se partió de los mismos principios de las opciones financieras, estimándola a partir de:



$$\sigma = \ln(V_1/V_0)$$

Donde:

$V_1$ : valor del activo al tiempo t

$V_2$ : valor del activo al tiempo t-1

Por extensión, por medio de la una simulación de Montecarlos de los flujos esperados y siendo las precios de la tonelada de fruto de palma y fertilizantes las incertidumbres de la simulación, se utilizó la prueba de Samuelson mediante la cual se determinó la volatilidad de las variaciones anuales de los flujos de caja (Z). Estimado a partir de la siguiente ecuación:

$$z = \ln \left[ \frac{(VP_1 + FC_1)}{VP_0} \right]$$

Donde:

Z: Variaciones anuales de las rentabilidades de los flujos de caja del proyecto.

$VP_0$ : Valor presente de los flujos de caja en el tiempo 0.

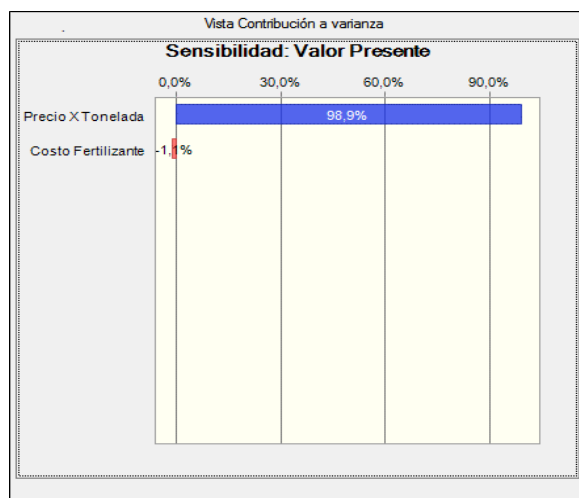
$VP_1$ : Valor presente de los flujos de caja en el tiempo 1.

$FC_1$ : Flujo de caja libre de la oportunidad en el periodo 1.

La prueba de Samuelson indica que independientemente de la naturaleza de los flujos de caja, la desviación estándar de los retornos sobre capital es constante, lo cual implica que los ingresos proyectados siguen una caminata aleatoria o proceso Gauss Wiener (Mendoza & Sanchez, 2012).

La prueba tiene un limitante y es cuando el logaritmo natural del numerador o el denominador es negativo no se puede obtener, que para el caso de análisis se corrigió convirtiendo el primer flujo en positivo (Mendoza & Sanchez, 2012) , dado que lo importante es tener la volatilidad y no los valores constantes. La volatilidad calculada del proyecto es de 61%.

### Ilustración 11 Sensibilidad Valor Presente



Fuente: Elaboración Propia.

Como lo muestra la ilustración anterior, el valor presente del proyecto está expuesto principalmente a movimientos o cambios del precio fruto de palma.

### Factores y Probabilidad

Luego del cálculo de la volatilidad, que es una de las principales variables que influyen en el resultado, se prosiguió a identificar los factores del alza y de baja, teniendo como resultado:

**Tabla 12 Calculo Factores Up-Down**

Factor	
Up Step-Size (up)	1,8
Down Step-Size (down)	0,5

Fuente: Elaboración Propia

Posteriormente, se calculó las probabilidades neutrales al riesgo tomando como tasa libre de riesgo, la misma utilizo en cálculo del costo medio ponderado expuesto anteriormente y los factores de la anterior tabla, teniendo como resultado:

**Tabla 13 Calculo Probabilidades**

Probabilidades	
Probabilidad Up	36%
Probabilidad Down	64%

Fuente: Elaboración Propia

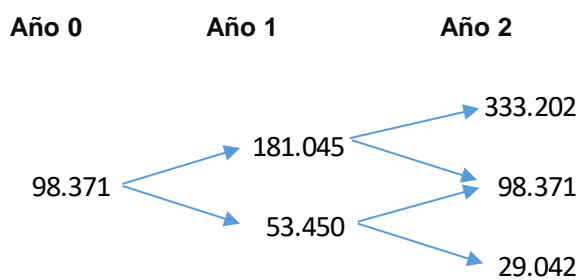
## Árbol Binomial y Valoración de la Opción

### Opción Diferir

Los factores que afectan el precio del fruto de palma generan incertidumbre en la rentabilidad esperada del proyecto, por lo cual gerencia evalúa la alternativa de diferir la inversión esperando que la evolución del precio del fruto maduro se ubique en rangos de mayor rentabilidad financiera, por lo cual le proporciona al propietario la opción el derecho de posponer la inversión en dos años, periodo en que el segundo cultivo sembrado haya alcanzado mayor madurez y pueda absorber posibles pérdidas del inicio del proyecto.

### Ilustración 12 Árbol del Subyacente

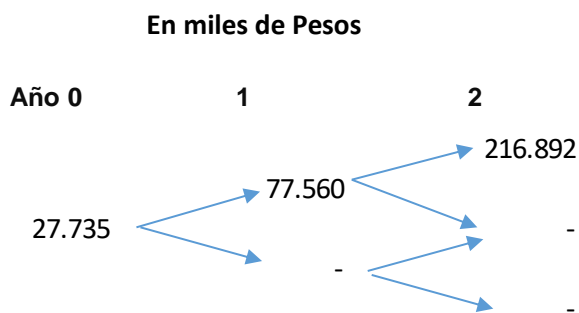
En miles de Pesos



Fuente: Elaboración Propia

Partiendo de la suma del valor presente de los flujos del proyecto de COP 123 Millones de pesos, este puede alcanzar un valor futuro de COP 419 millones después de dos años en el escenario positivo y un valor de 36 Millones en el escenario negativo.

### Ilustración 13 Árbol del Opción de Diferir



Fuente: Elaboración Propia

Así que los resultados indican es que ahora mismo no interesa invertir, pero el valor de esperar dos años a ver como evoluciona los precios del fruto de palma es de Cop 63 millones y el valor presente neto del proyecto es de Cop 27 millones, mayor que el resultado de la valoración de FCD.

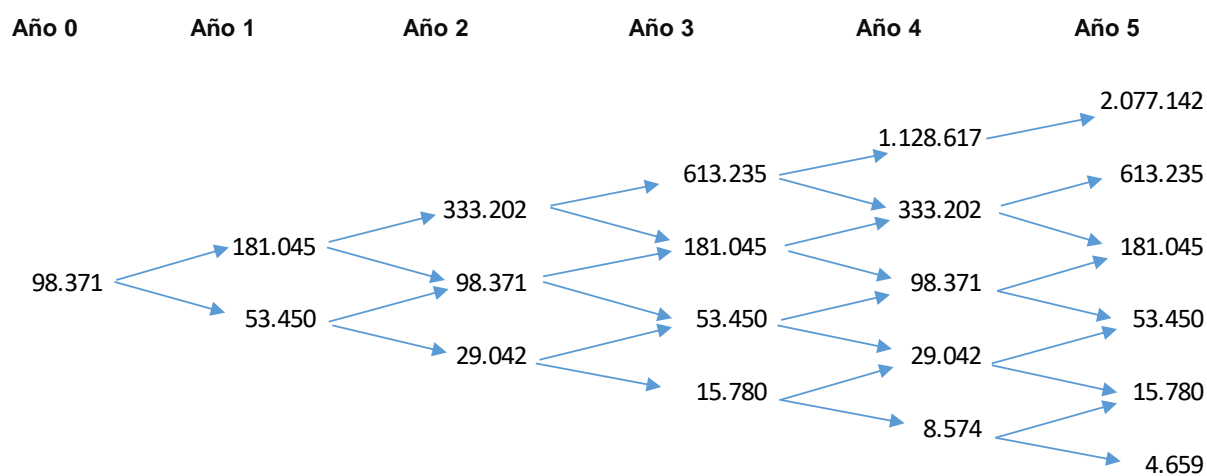
#### **Opción Expandir.**

La gerencia también evalúa la opción expandir el proyecto 15 hectáreas adicionales después del quinto año si los precios resultan ser más favorables, por lo cual le proporciona al propietario una opción de compra sobre una parte adicional del proyecto y será ejercida cuando el comportamiento futuro del mercado se vuelva favorable.

Para la estimación de este nuevo escenario, se partió de los mismos supuestos de proyección del escenario base en producción de toneladas por planta y OPEX requerido por hectáreas sembradas. Para llevar a cabo la expansión la gerencia estima que es necesario una inversión adicional de COP 48,4 Millones que se vería reflejado en un incremento de 2,4 veces el VA.

### Ilustración 14 Árbol del Subyacente

En miles de Pesos

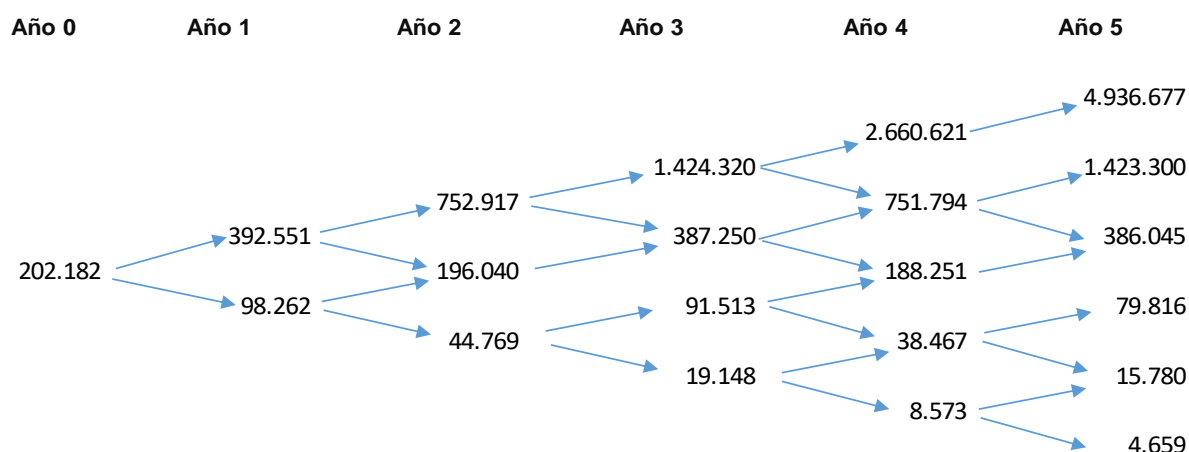


Fuente: Elaboración Propia

Partiendo de la suma del valor presente de los flujos del proyecto de COP 98,3 Millones de pesos, el proyecto puede alcanzar un valor futuro de máximo de COP 2.077 millones después de cinco años en el escenario positivo y un valor de 4 Millones en el escenario negativo.

### Ilustración 15 Árbol del Opción de Expandir

En miles de Pesos



Fuente: Elaboración Propia

El valor total del proyecto con la opción de ampliación es de Cop 202 Millones, por lo cual el valor de la opción es de 220 Millones, mayor que el resultado de la valoración de FCD.

## **8. CONCLUSIONES.**

Como se ha indicado en capítulos anteriores, Colombia es uno de los países con mayor terreno apto para el cultivo de palma (Fedepalma-Sispa, 2014) y se ha convertido en el segundo segmento más financiado por medio de FINAGRO (BBVA, 2014). De ahí que es necesario poder identificar la metodología de valoración de proyectos de inversión que se adecue a este tipo de cultivo, dado que se ve expuesto a diferentes elementos que afectan la producción, hechos que generan alto nivel de incertidumbre.

Para el caso análisis se toma un proyecto del sector, donde se plantea cultivar 35 hectáreas de palma adicionales en una finca ubicada en la vereda la Lizama municipio de Barrancabermeja en Santander-Colombia, que actualmente se dedica a este tipo de cultivo.

El resultado de la valoración por flujo de caja descontado para este proyecto indica que no es financieramente viable, pero esta metodología como se ha indicado en capítulos anteriores, no relega la flexibilidad en la toma de decisiones que tiene la gerencia.

Al evaluar el proyecto a través de la metodología de opciones reales, se identificaron con la gerencia de la finca la opción de diferir el proyecto y de expandirlo. Como resultado de la valoración en ambos casos, las opciones incrementan el valor presente neto frente al resultado de flujo de caja descontado.

Por lo cual, al cumplir las características de ser una inversión a largo plazo, con alta incertidumbre, opciones existentes y el valor cercano a su umbral de rentabilidad la

metodología de opciones reales sería la adecuada para la evaluación del proyecto que se analiza para el sector.

## Trabajos citados

- Agronet. (2013). *Producción Nacional por Producto*. Recuperado el 20 de Agosto de 2014, de <http://www.agronet.gov.co/agronetweb1/Estad%C3%ADsticas.aspx>
- Ahumada, R., & Andalaft, A. (2013). La Metodología de opciones reales: una aplicación al caso de una empresa papelera de la región Biobío, Chile. *Revista Chilena de Ingeniería*, 337-346.
- Alonso, S., Azofra, V., & de la Fuente, G. (2009). Las opciones reales en el sector eléctrico. El caso de la expansión de Endesa en. *Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa*(38), 65-94.
- BBVA, C. (2014). *Análisis sectorial de palma*. Bogota D.C.: Sin Publicar.
- Beatriz, M. (2005). La evaluación de Proyectos de Inversión a través de los fundamentos de la teoría de Opciones Reales. *Administración y Organizaciones*.
- Brach, M. A. (2003). *Real options in practice*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Brennan, M., & Schwartz, E. (Abril de 1985). Evaluating Natural Resource Investments. *The Journal of Business*, 58(2), 135-157.
- Camilo, R. (2012). Seminario Opciones Reales.
- Coapalmaecara. (Abril de 2009). *coapalmaecara*. Obtenido de <http://www.coapalmaecara.com>
- Contreras, A., & Muñoz, G. (2013). *Opciones Reales, Enfoque para las decisiones de inversión bajo alta incertidumbre*. Bogotá: Ediciones de la U.
- Fedepalma. (2014). *Precios internacionales del aceite de palma han caído 26% en lo corrido del año, llegando al nivel más bajo de los últimos cinco años*. Recuperado el 05 de septiembre de 2014, de <http://web.fedepalma.org/node/931>
- Fedepalma. (2015). *Balance Económico del Sector Palmero Colombiano en el Segundo Trimestre de 2015*. Bogotá.
- Fedepalma. (2015). *Boletín Estadístico Mensual del sector palmero*. Bogotá.
- Fedepalma. (2015). *Informe de Gestión 2014*. Bogotá.
- Fedepalma-Sispa. (2014). *Evolución histórica del área sembrada con palma de aceite en Colombia*. Recuperado el 20 de Agosto de 2014, de <http://sispaweb.fedepalma.org/SitePages/areas.aspx>
- Francisco, V. (2008). *Riesgos Financieros y Económicos*. Mexico: Cengage Learning.
- Gallargo, M., & Andalaft, A. (2008). Análisis de la Incorporación de flexibilidad en la evaluación de proyectos de inversión utilizando opciones reales y descuento de flujos dinámicos. *Horizontes Empresariales*.



- Garrido, I., & Andalaft, A. (2003). EVALUACIÓN ECONÓMICA DE PROYECTOS DE INVERSIÓN BASADA EN LA TEORÍA DE OPCIONES REALES. *Revista Ingeniería Industrial*, 83-89.
- Gerra, A. (1987). La Experiencia Colombiana en el Desarrollo de la Palma de Aceite. *Revista Palmas*, 7-11.
- Gomez, R. Z. (Septiembre de 2015). *Una visión General a las Características del Sector de la Palma de Aceite*. Recuperado el 30 de Septiembre de 2015, de [http://web.fedepalma.org/sites/default/files/files/4%2BRafael%2BZavala%2BFAO\\_compressed%20\(1\).pdf](http://web.fedepalma.org/sites/default/files/files/4%2BRafael%2BZavala%2BFAO_compressed%20(1).pdf)
- Hernández, A., & Martínez, C. (2007). Modelo de Opciones Reales y Aplicación al Mercado Petrolero. *El Trimestre Económico*, vol LXXIV, núm 294, 329-348.
- Human Rights Everywhere. (2004). *El Cultivo de la Palma Africana en el Choco Legalidad Ambiental, Territorial y Derechos Humanos*. Quibdó.
- Isaza, F., & Botero, S. (2014). Aplicación de las opciones reales en la toma de decisiones en los mercados de electricidad. *Estudios Gerenciales*, (133), 397-409.
- Kodukula, P., & Papudesu, C. (2006). *Project valuation using real options : a practitioner's guide*. Ft. Lauderdale, Fla: J. Ross Pub.
- Lamothe, P., & Mendez, M. (2013). *Opciones reales: Métodos de simulación y valoración*. ecobook.
- Macareñas, J. (2004). *Opciones reales y valoración de activos*. España: Prentice Hall.
- Mascareñas, J. (2004). *Opciones reales y valoración de activos*. España: Prentice Hall.
- Mendoza, O., & Sanchez, M. (2012). *Gestión integral de riesgos*. Bogotá: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
- Merton, R. (1973). Theory of Raticional Option Pricing. *Bell Journal of Economics and Management Science*, 4(1), 141-183.
- Myers, S. (1977). Determinants of Corporate Borrowing. *Journal of Financial Economics*, 4, 147-176.
- Myers, S. (1984). Finance Theory and Financial Strategy. *Interfaces*, 126-137.
- Rahmana, D. (1994). Estudia del Manejo de Plagas en Palmas de Aceite en Colombia. *Revista de Palmas*, 55-68.
- Rovayo, G. (2011). El riesgo en las finanzas ¿Riesgo es igual a incertidumbre? *Revista de Antiguos Alumnos del IEEM*, 14, p60-64.
- Sáez-Diez, R. (2004). *Valoración de Inversiones a Través del Método de Opciones Reales. El Caso de la Empresa Tecnológica, Tesis Doctoral*. Universidad Pontificia de Comillas, Madrid.

Sispa-Fedepalma. (2014). *Precios Nacionales de los Productos de Palma de Aceite*. Recuperado el 05 de Septiembre de 2014, de <http://sispaweb.fedepalma.org/SitePages/Home.aspx>

Venegas, F., & Fundia, A. (2006). Opciones Reales, Valuación Financiera de Proyectos y Estrategias de Negocios. *El trimestre Económico*, vol. LXXIII, núm. 290, 363-405.

Zurita, F. (2005). Un examen a la tasa de Descuento. *El trimestre Económico*, vol. LXXII, núm 286, 257-281.