

A-PDF Merger DEMO : Purchase from www.A-PDF.com to remove the watermark

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO



**Administración del riesgo de precio de mercado de la palma aceitera
(*Elaeis guineensis*) en Costa Rica, por medio de simulación de Monte Carlo
e ingeniería financiera**

Trabajo Final de Graduación aceptado por la Comisión del Programa de Posgrado en
Administración y Dirección de Empresas, de la Universidad de Costa Rica, como requisito
parcial para optar al grado de Magíster en Administración y Dirección de Empresas con
énfasis en Finanzas

Javier Paniagua Molina
Carné 882930

Ciudad Universitaria “Rodrigo Facio”, Costa Rica

2008

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi mamá Lupita quien siempre ha creído en mí, se ha sacrificado incondicionalmente, me ha apoyado y ha estado a mi lado en los buenos momentos y en pruebas que me han hecho flaquear. Su apoyo ha sido un pilar para mí en esta vida y a ella le debo quien yo soy.

Javier

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi madre Lupita Molina Vargas y a mi abuela Mireya Vargas Bello, porque sus esfuerzos en la vida siempre fueron un ejemplo para mí.

Agradezco a mi novia Marianela, por su incansable apoyo para poder seguir adelante, cuando tantas veces sentí que el tiempo me faltaba, por creer en mí y compartir mis metas y aspiraciones, por su invaluable apoyo durante todo el trabajo.

Agradezco a todas las personas que se involucraron en este proyecto, especialmente al Profesor MADE John Ruiz Segura por su guía, dedicación y motivación; y al señor Arq. Ricardo Solano Alvarado, por confiar en la realización de este proyecto y apoyarme siempre en la iniciativa de proyectos nuevos.

Agradecimiento especial al MBA Juan Ricardo Jiménez, por sus acertadas y valiosas recomendaciones.

HOJA DE APROBACION

Este Trabajo Final de Graduación, fue aceptado por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Administración y Dirección de Empresas de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar por el grado de Magister en Administración y Dirección de Empresas con énfasis en Finanzas.

Aníbal Barquero Chacón, Dr.
Director Programa de Posgrado

Juan Ricardo Jiménez Montero, MBA
Profesor Coordinador

John Phillips Ruiz Segura, MADE
Profesor Guía

Arq. Ricardo Solano Alvarado
Supervisor Laboral

Ing. Javier Paniagua Molina
Estudiante

CONTENIDO

Administración del riesgo de precio de mercado de la de palma aceitera (*Elaeis guineensis*) en Costa Rica, por medio de simulación de Monte Carlo e ingeniería financiera

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
HOJA DE APROBACION.....	iv
CONTENIDO.....	v
INDICE DE FIGURAS	ix
INDICE DE TABLAS.....	xi
INDICE DE SIGLAS Y ABREVIATURAS.....	xii
RESUMEN.....	xiv
INTRODUCCION.....	17
CAPITULO I. ANALISIS Y CONTROL DEL RIESGO EN LA EVALUACION DE PROYECTOS.....	20
1.1 Análisis de riesgo y simulación de Monte Carlo en la evaluación de proyectos.....	20
1.1.1 Concepto de riesgo	20
1.1.1.1 Riesgo operativo.....	22
1.1.1.2 Riesgo económico	22
1.1.1.3 Riesgo financiero.....	23
1.1.2 Análisis de riesgo con el método de simulación de Monte Carlo	23
1.1.2.1 Fundamentos del método.....	23
1.1.2.2 Modelo de proyección	25
1.1.2.3 Variables de riesgo	26
1.1.2.4 Distribuciones de probabilidad.....	28

1.1.2.5	Correlación de variables	35
1.1.2.6	Corridas de la simulación	36
1.1.2.7	Medición del riesgo	37
1.1.2.8	Evaluación financiera	38
1.1.2.9	Tasa de descuento	39
1.1.2.10	Valor residual	40
1.2	Control del riesgo por medio de la ingeniería financiera	40
1.2.1	Antecedentes, desarrollo y características de la ingeniería financiera	41
1.2.2	Mercado de derivados.....	44
1.2.2.1	Mercado de futuros.....	46
1.2.2.2	Mercado de opciones.....	48
1.2.2.3	Valoración del precio de las opciones por el método Black-Scholes.....	53
1.2.3	El mercado de futuros y la Teoría del Mercado Eficiente.....	57
CAPÍTULO II: EL MERCADO MUNDIAL, EL SECTOR Y EL PROCESO DE PRODUCCION DE PALMA ACEITERA EN COSTA RICA.....		61
2.1	Caracterización de los productos de la industria de la palma aceitera	61
2.1.1	El aceite de palma.....	61
2.1.2	El aceite de palmiste o aceite de coquito	63
2.2	El mercado mundial de la palma aceitera.....	63
2.2.1	Producción y productividad mundial.....	64
2.2.2	Demanda mundial.....	67
2.2.3	Precios internacionales del aceite de palma	70
2.3	El sector de palma aceitera en Costa Rica.....	71
2.3.1	Antecedentes históricos	72
2.3.2	Desempeño del sector.....	72

2.3.3 Producción y productividad nacional	75
2.3.4 Tecnología de producción agrícola	78
2.3.4.1 Generalidades del cultivo	78
2.3.4.2 Ecología del cultivo	80
2.3.4.3 Establecimiento del cultivo	82
2.3.4.4 Manejo del cultivo	84
2.3.4.5 Manejo de la cosecha.....	88
2.3.5 Tecnología de producción industrial	91
2.3.5.1 Recibo de racimos	92
2.3.5.2 Esterilizado	92
2.3.5.3 Desfrutado	93
2.3.5.4 Digestión y prensado	94
2.3.5.5 Prensado	94
2.3.5.6 Clarificación	95
2.3.5.7 Tratamiento de estopa.....	96
2.3.5.8 Desfibrado y despedrado	96
2.3.5.9 Clasificación y quebrado de las nueces.....	97
2.3.5.10 Secado de almendras	98
2.3.5.11 Prensado de almendra.....	98
2.3.5.12 Servicios	99
2.3.6 Modelo de pago de fruta por parte de la industria.....	102
CAPÍTULO III: MEDICION DEL RIESGO DE PRECIO DE MERCADO EN PALMA	
ACEITERA Y PROPUESTA PARA SU CONTROL	
3.1 Modelo para el análisis de riesgo	107
3.1.1 Definición de los modelos de evaluación de rentabilidad financiera	107

3.1.1.1 Producción agrícola de palma aceitera	107
3.1.1.2 Modelo para la industria de extracción de aceite	115
3.1.2 Ajuste de distribuciones de probabilidad.....	121
3.2 Medición del riesgo sin cobertura	125
3.3 Cobertura de riesgo en el mercado de futuros	133
3.4 Cobertura de riesgo en el mercado de opciones	139
CAPITULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	149
4.1 Conclusiones.....	149
4.2 Recomendaciones	150
BIBLIOGRAFIA	152
ANEXO METODOLOGICO.....	159
ANEXO COMPLEMENTARIO # 1: TABLAS DE PARAMETROS.....	161
ANEXO COMPLEMENTARIO # 2: SERIE DE PRECIOS INTERNACIONALES PROMEDIO MENSUALES CIF-ROTTERDAM DEL ACEITE DE PALMA EN US\$/TM	162
ANEXO COMPLEMENTARIO # 3: SERIE DE TIEMPO DE LA TASA PASIVA PROMEDIO EN US\$ DOLARES DEL SISTEMA FINANCIERO DE COSTA RICA A 6 MESES	163
ANEXO COMPLEMENTARIO # 4: SERIE DE TIEMPO DE LA TASA DE INFLACION ANUAL DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMERICA	166
ANEXO COMPLEMENTARIO # 5: RESULTADOS DE LA REGRESION ENTRE LOS PRECIOS DE CONTADO Y FUTUROS PARA EL ACEITE DE PALMA CRUDO PARA DISTINTOS MESES.....	167

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Modelo de proyección.....	26
Figura 1.2 Variables de riesgo identificadas en el análisis de sensibilidad.....	27
Figura 1.3 Construcción de una distribución de probabilidad para un variable de riesgo ..	28
Figura 1.4 Distribuciones de probabilidad simétricas y no simétricas.....	29
Figura 1.5 Distribución de probabilidad uniforme.....	30
Figura 1.6 Distribución de probabilidad normal.....	31
Figura 1.7 Distribución de probabilidad binomial.....	32
Figura 1.8 Distribución de probabilidad de Poisson.....	33
Figura 1.9 Distribución de probabilidad triangular.....	34
Figura 1.10 Modelo de simulación.....	36
Figura 1.11 Posiciones en los mercados de contado y futuros.....	47
Figura 1.12 Posiciones en el mercado de opciones.....	52
Figura 1.13 Distribución log-normal.....	55
Figura 2.1 Producción mundial de palma.....	64
Figura 2.2 Productividad mundial de palma.....	65
Figura 2.2 Capacidad de producción de biodiesel en Europa.....	68
Figura 2.4 Producción mundial de biodiesel en miles de toneladas.....	69
Figura 2.5 Precio internacional del aceite de palma (\$/TM) CIF Róterdam.....	70
Figura 2.6 México: Tendencia de las importaciones de aceite de palma.....	75
Figura 2.7 Sistema de siembra de palma en tres bolillo.....	83
Figura 2.8 Curva de rendimiento de palma aceitera.....	90
Figura 2.9 Flujo de proceso genérico para la extracción de aceite de palma.....	100
Figura 3.1 Distribución de probabilidad del precio mundial del aceite de palma.....	122
Figura 3.2 Distribución de probabilidad de la tasa pasiva promedio.....	123

Figura 3.3 Distribución de probabilidad de la tasa de extracción de aceite	124
Figura 3.4 DP del VAN agrícola sin cobertura de riesgo.....	129
Figura 3.5 DPA del VAN agrícola sin cobertura de riesgo.....	129
Figura 3.6 DP de la TIR agrícola sin cobertura de riesgo	130
Figura 3.7 DPA de la TIR agrícola sin cobertura de riesgo	130
Figura 3.8 DP del VAN industrial sin cobertura de riesgo	131
Figura 3.9 DPA del VAN industrial sin cobertura de riesgo.....	131
Figura 3.10 DP de la TIR industrial sin cobertura de riesgo.....	132
Figura 3.11 DPA de la TIR industrial sin cobertura de riesgo	132
Figura 3.12 Posición de los productores de palma en el mercado de futuros	134
Figura 3.13 DP del VAN agrícola con cobertura en futuros	135
Figura 3.14 DPA del VAN agrícola con cobertura en futuros	136
Figura 3.15 DP de la TIR agrícola con cobertura en futuros	136
Figura 3.16 DPA de la TIR agrícola con cobertura en futuros.....	137
Figura 3.17 DP del VAN industrial con cobertura en futuros.....	137
Figura 3.18 DPA del VAN industrial con cobertura en futuros	138
Figura 3.19 DP de la TIR industrial con cobertura en futuros	138
Figura 3.20 DPA de la TIR industrial con cobertura en futuros	139
Figura 3.21 Posición de PUT largo para los productores de palma aceitera.....	143
Figura 3.22 DP del VAN agrícola con cobertura en opciones	145
Figura 3.23 DPA del VAN agrícola con cobertura en opciones	145
Figura 3.24 DP de la TIR agrícola con cobertura en opciones.....	146
Figura 3.25 DPA de la TIR agrícola con cobertura en opciones.....	146
Figura 3.26 DP del VAN industrial con cobertura en opciones	147
Figura 3.27 DPA del VAN industrial con cobertura en opciones	147

Figura 3.28 DP de la TIR industrial con cobertura en opciones	148
Figura 3.29 DPA de la TIR industrial con cobertura en opciones	148

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Posiciones básicas relacionadas con derivados y los riesgos asociados.....	46
Tabla 1.2 Regresiones entre los precios de futuros y de contado del aceite de palma	59
Tabla 2.1 Distribución de la producción mundial de fruta fresca y aceite de palma.....	66
Tabla 2.2 Costa Rica: Exportaciones de aceite crudo de palma en TM (1997-2005)	73
Tabla 2.3 México: Distribución del mercado de aceite de palma importado	74
Tabla 2.4 México: Importaciones de aceite de palma en US dólares	74
Tabla 2.5 Distribución de las áreas de siembra de palma aceitera al 2005	76
Tabla 2.6 Producción de fruta fresca y aceite de palma en Costa Rica	77
Tabla 2.7 Plantas extractoras de aceite de palma en Costa Rica	77
Tabla 2.8 Balance de masa para el proceso de extracción de aceite de palma	101
Tabla 2.9 Sistema de clasificación por calidad del modelo CANAPALMA	102
Tabla 3.1 Costos de producción agrícola para el primer año	108
Tabla 3.2 Costos de producción agrícola para el segundo año.....	109
Tabla 3.3 Costos de producción agrícola para el tercer año	109
Tabla 3.4 Costos de producción agrícola para el cuarto año	110
Tabla 3.5 Costos de producción agrícola para el quinto año	110
Tabla 3.6 Costos de producción agrícola para el sexto año.....	111
Tabla 3.7 Costos de producción agrícola para el séptimo año y posteriores	111
Tabla 3.8 Modelo de evaluación de rentabilidad financiera de la producción agrícola de palma aceitera (US dólares).....	114
Tabla 3.9 Inversión fija estimada para una planta de 15 ton FF/hora.....	115

Tabla 3.10	Inversión depreciable detallada para una planta de 15 ton FF/hora	116
Tabla 3.11	Costos indirectos de fabricación por tonelada de aceite.....	116
Tabla 3.12	Costos de mano de obra directa por turno de 8 horas/día.....	117
Tabla 3.13	Gastos de operación para una planta de 15 ton FF/hora.....	117
Tabla 3.14	Modelo de evaluación de rentabilidad financiera para la industria de extracción de aceite de palma (en miles US\$ dólares).....	120
Tabla 3.15	Distribución de frecuencia del precio mundial del aceite de palma	122
Tabla 3.16	Distribución de frecuencias del precio mundial del aceite de palma	123
Tabla 3.17	Distribución de frecuencias del rendimiento de extracción de aceite	124
Tabla 3.18	Resultados de la simulación sin cobertura de riesgo	128
Tabla 3.19	Resultados de la simulación con cobertura en futuros	134
Tabla 3.20	Relación entre los precios de contado y futuros de aceite de palma	140
Tabla 3.21	Resultados de la simulación con cobertura en opciones.....	144

INDICE DE SIGLAS Y ABREVIATURAS

CALL	Opción de compra
CANAPALMA	Cámara Nacional de Productores de Palma Aceitera
CIF	Costo, seguro y fletes incluidos
CNP	Consejo Nacional de Producción
DAP	Distribución de probabilidad
DP	Distribución acumulada de probabilidad
FAO	Organización para la Alimentación y la Agricultura
FF	Fruta fresca de palma aceitera
HA	Hectárea
PDF	Función de densidad de probabilidad
PROCOMER	Promotora del Comercio Exterior de Costa Rica
PUT	Opción de venta

STEP	Distribución de probabilidad construida por pasos
TIR	Tasa interna de retorno
TM	Tonelada métrica
VAN	Valor Actual Neto

RESUMEN

Paniagua Molina, Javier

Administración del riesgo de precio de mercado de la de palma aceitera (*Elaeis guineensis*) en Costa Rica, por medio de simulación de Monte Carlo e ingeniería financiera

Programa de Posgrado en Administración y Dirección de Empresas. – San José, C.R.:

J. Paniagua, 2008.

167 h. – 51 il. – 56 refs.

El objetivo general del trabajo es proponer un modelo para la medición y control del riesgo precio de mercado para la actividad del cultivo de palma aceitera en Costa Rica.

La organización promotora de este trabajo es la empresa Corporación CEA de Costa Rica S.A., la cual se dedica a la venta de servicios de consultoría técnica, económica y financiera a diversas organizaciones principalmente de naturaleza financiera y agroindustrial. Para ello, el proyecto desarrolla una investigación de tipo exploratoria que busca medir primero el riesgo de mercado y posteriormente, proponer una estrategia de cobertura y que sirva de base para las labores de consultoría de dicha empresa.

Con base en el análisis de la tecnología actual, se definieron los modelos de costos para la producción agrícola y la producción industrial (extracción de aceite); los que se consideraron junto a las proyecciones de precios, para conformar flujos de efectivo parametrizados para la producción e industrialización de la palma aceitera.

Esta parametrización de los flujos significa que están sujetos a valores cambiantes como precios, costos unitarios, variables de rendimiento y otros; cuyos valores se puede controlar por el investigador por medio de una hoja electrónica, lo cual permite simular cambios en la variable respuesta como producto de cambios en los valores de los parámetros.

Por medio de un análisis del mercado mundial del aceite de palma, se procedió a ajustar una distribución de probabilidad del precio internacional CIF-Rotterdam (US\$/TM),

asimismo, otras distribuciones fueron ajustadas de manera complementaria, para las variables importantes diferentes del precio del mercado.

Las variables dependientes o de respuesta definidas fueron el Valor Actual Neto (VAN), el cual se estimó descontando los flujos de efectivo proyectados a la tasa de costo de oportunidad del capital, y la Tasa Interna de Retorno (TIR).

Luego de calcular el VAN y la TIR en un escenario estático, se procedió a estimar su valor promedio luego de evaluar una multitud de escenarios posibles definidos por la combinación de posiciones simultáneas en las distintas distribuciones de probabilidad definidas para las variables independientes como precio de mercado, costos unitarios, rendimiento de extracción de aceite y otras. Esto se realizó tanto para la actividad de producción agrícola como para la industria de extracción de aceite.

Los diferentes escenarios posibles, se generaron por medio de 1.000 corridas del modelo parametrizado utilizando el Método de Simulación de Monte Carlo, con ayuda de *software* especializado y denominado *Risk Master for Windows 1.0*.

Del análisis anterior, se encontró que el coeficiente de variación del VAN descontado a la tasa de oportunidad del capital, fue de 77.01% para la producción agrícola y de 50.16% para la industria de extracción, ambas en para condiciones sin cobertura de riesgo.

Mediante posiciones recomendadas en el mercado de derivados, específicamente en el mercado de futuros y opciones de mercancías (*commodities*), se volvió a medir el riesgo bajo el modelo de simulación.

En el caso de la estrategia de cobertura con mercados de futuros en el modelo de producción agrícola, el riesgo medido por el VAN, disminuyó de 77.01% a 43.10%, mientras que en el caso de la industria, la disminución fue menor, pasando de 50.16% a 33.58%.

Para la estrategia de cobertura con mercados de opciones, el riesgo para la producción agrícola disminuyó un poco menos que con futuros, pasando de 77.01% en el caso de no cobertura a 44.06%, mientras que para la industria, pasó de 50.16% a 39.57%.

La prima de riesgo para utilizar el mercado de opciones representó un 3.83% del precio del aceite y el VAN fue mayor que el caso de la cobertura con futuros.

El riesgo obtenido luego de incorporar la estrategia de cobertura con el uso de los mercados de futuros y opciones fue menor que en el caso de sin cobertura, lo cual confirma la eficiencia de utilizar coberturas de riesgo con los mercados de derivados.

Palabras clave:

ANALISIS DE RIESGO; COBERTURA DE RIESGO; *ELAEIS GUINEENSIS*; INGENIERIA FINANCIERA; MERCADOS DE DERIVADOS; MERCADOS DE FUTUROS; MERCADOS DE OPCIONES; PALMA ACEITERA; PRECIO DE MERCADO; SIMULACIÓN DE MONTE CARLO

Director de la investigación:

MADE John Phillips Ruiz Segura

Unidad Académica:

Programa de Posgrado en Administración y Dirección de Empresas

Sistema de Estudios de Posgrado

INTRODUCCION

La palma aceitera es una de las fuentes principales de aceite en el mundo, su precio en mercados internacionales presenta alta volatilidad histórica, y esto ha provocado serias crisis en la actividad para los países productores.

En la actualidad, el cultivo e industria de palma de aceite pasa por una fase positiva de crecimiento de precios debido, en gran parte, al incremento sostenido de la demanda de aceite para producción de biodiesel como sustituto del diesel, en un entorno de crisis mundial de combustibles.

El comportamiento futuro de los precios, depende directamente de la posición de que se encuentren las otras fuentes de cultivos oleaginosos que son materia prima para la producción de biodiesel y que a la vez, son competencia directa del aceite de palma, como los aceites de soya y girasol.

Ante la volatilidad histórica que ha representado el precio internacional del aceite, es posible enfrentar de nuevo crisis de precios bajos en el futuro, lo que genera un riesgo importante en la actividad.

El sector de palma aceitera fue seleccionado para esta investigación, debido a su importancia para la economía nacional y el gran potencial que posee para el desarrollo de industrias estratégicas paralelas a la producción agrícola y a la industria de extracción de aceite, como son la industria oleoquímica y la producción de biodiesel.

La industria de palma aceitera es considerada estratégica para el modelo de desarrollo nacional impulsado por los últimos gobiernos, debido a su capacidad de generar un alto valor agregado, lo cual se ha convertido en eje del desarrollo de las regiones rurales como la Zona Sur y la Zona Atlántica.

Por otra parte, la empresa Corporación CEA de Costa Rica, quien desarrolla actividades de consultoría dirigidas a este sector, manifestó su interés en patrocinar este estudio por la utilidad que representa para sus actividades.

Con la realización de este estudio se espera contribuir con la administración financiera de las empresas dedicadas a la producción de palma aceitera, de manera tal que conozcan, midan el riesgo de la actividad y mediante una estrategia de cobertura puedan mitigar el efecto de un movimiento adverso en los precios.

Para su elaboración, se analiza la tecnología del cultivo, la industrialización y el comportamiento de los mercados, para así llegar a ajustar modelos financieros parametrizados que permitan medir el riesgo.

Las principales limitaciones de esta investigación radican en la heterogeneidad de los productores de palma aceitera lo que hace que se dificulte el uso generalizado de estrategias de cobertura en mercados de futuros, y la falta de fortalecimiento de las bases de datos sobre inteligencia de mercados internacionales que contribuya a la planificación financiera racional.

En el primer capítulo se desarrollan los conceptos básicos relacionados con el fondo de este trabajo, como es la definición de riesgo, el modelo de simulación de simulación Monte Carlo, la ingeniería financiera y el mercado de derivados.

En el segundo capítulo se analiza los fundamentos del mercado, la producción agrícola e industrial de la palma aceitera, con la finalidad de fundamentar el diseño de estructuras de costos. Esto fue solicitado como prioritario por la organización promotora, Corporación CEA de Costa Rica.

Una vez realizado lo anterior, en el capítulo tercero, se mide el riesgo de precio de mercado para la actividad agrícola y la industria de extracción, esta medición se realiza por medio del coeficiente de variación del Valor Actual Neto Esperado, estimado como promedio de

múltiples escenarios dinámicos generados bajo la simulación Monte Carlo. También en el capítulo tercero, se propone un estrategia de cobertura de ese riesgo y se demuestra como es posible disminuir el riesgo medido con anterioridad.

El objetivo general del trabajo es proponer un modelo para la medición y control del riesgo precio de mercado para la actividad del cultivo de palma aceitera en Costa Rica.

Los objetivos específicos de este trabajo son:

1. Describir el proceso de análisis de riesgo en la evaluación de proyectos de inversión por medio de la técnica de Simulación Monte Carlo, así como el proceso de cobertura de riesgo de las variaciones en el precio de mercado por medio de la ingeniería financiera moderna.
2. Describir las principales características actuales del mercado mundial, el sector en Costa Rica, la tecnología agrícola y la tecnología industrial de extracción de aceite, para la palma aceitera (*Elaeis guineensis*);
3. Medir el riesgo del precio de mercado de la actividad agrícola e industrial de la palma aceitera, con base en un flujo de caja genérico parametrizado, modelos de costos de producción, así como la aplicación del Método de Simulación de Monte Carlo.
4. Proponer un modelo de estrategia de cobertura del riesgo de precio de mercado por medio de técnicas sugeridas por la ingeniería financiera moderna.

CAPITULO I. ANALISIS Y CONTROL DEL RIESGO EN LA EVALUACION DE PROYECTOS

1.1 Análisis de riesgo y simulación de Monte Carlo en la evaluación de proyectos

En este capítulo se desarrolla el concepto de riesgo, la forma de medirlo por medio de la técnica de Monte Carlo y se muestra como es posible la cobertura del riesgo sistemático por medio de la ingeniería financiera.

1.1.1 Concepto de riesgo

En un sentido amplio, el riesgo se asocia como la representación de cualquier situación en donde los eventos no se conocen con certeza (Chavas, 2004).

Hoy en día todavía no hay un consenso claro sobre la diferencia entre riesgo e incertidumbre. Existe, una escuela de pensamiento la cual considera que ambos son sinónimos, sin embargo, hay una corriente de pensamiento que sugiere que la diferencia entre ambos se basa en la habilidad para determinar las probabilidades de los eventos involucrados. De acuerdo a esta corriente, se define riesgo como aquella variabilidad esperada de los eventos en los cuales es posible medir su probabilidad de ocurrencia. Por su parte, incertidumbre corresponde a la variabilidad de eventos en los que no es posible, o es difícil, estimar las probabilidades de ocurrencia (Chavas, 2004; Chaves, 2007).

Sapag y Sapag (2003) identifican el riesgo como la dispersión de la distribución de probabilidades del elemento en estudio o los resultados calculados, mientras que la incertidumbre es el grado de falta de confianza respecto a que la distribución de probabilidad estimada sea la correcta.

Estos autores definen el riesgo de un proyecto de inversión como la variabilidad de los flujos de caja efectivos respecto a los estimados y mientras más grande sea esta variabilidad, mayor es el riesgo del proyecto.

En relación con las finanzas, el riesgo corresponde entonces a la variabilidad de los rendimientos esperados, los cuales pueden ser positivos en caso de ganancias o negativos, en caso de pérdidas (Gitman, 2003; Chaves, 2007).

Fiorito (2006), indica que una vez que se ha cuantificado el riesgo, es decir, determinado los posibles resultados y la probabilidad respectiva de ocurrencia, se pueden usar distribuciones de probabilidad para describir la situación.

Hay básicamente dos enfoques para el análisis cuantitativo del riesgo:

Uno de los enfoques es de tipo analítico, requiere que todas las distribuciones, para las variables inciertas, sean descritas matemáticamente por medio de una ecuación. Luego estas ecuaciones para cada distribución de probabilidad, se deben combinar matemáticamente para derivar otra ecuación que describa la distribución de resultados posibles. Este enfoque no es práctico para la mayoría de los casos, debido a que no es simple describir matemáticamente en términos de ecuaciones las distribuciones aun para un modelo que no presente demasiada complejidad.

El otro enfoque descansa en la posibilidad y velocidad de las computadoras para realizar gran cantidad de cálculos complejos en cuestión de segundos. Es lo que usualmente se conoce como simulación, e implica resolver un modelo definido en una hoja de cálculo repetidamente, usando combinaciones posibles para los valores que pueden tomar las variables de las cuales se alimenta el modelo, utilizando las distribuciones de probabilidad correspondientes a cada variable.

Según indican Chaves (2007) y Gitman (2003), es posible identificar tres grandes clases de riesgo relacionado con las inversiones: el riesgo operativo, el riesgo económico y el riesgo financiero.

1.1.1.1 Riesgo operativo

Este riesgo está relacionado con las pérdidas potenciales que resultan de fallas en los procesos internos, las personas y los sistemas. Se relaciona con los fallos en las transacciones u operaciones de las organizaciones como puede ser: fraudes, conductas adversas, manejo inadecuado de fondos y demandas legales.

Usualmente, la estrategia para la minimización de este riesgo es mediante la implementación de mecanismos de control y supervisión administrativa, tanto internos como externos.

1.1.1.2 Riesgo económico

Chaves (2007), define como riesgo económico a aquel que se exponen los participantes en los mercados financieros, e indica que este tipo de riesgo puede ser sistemático cuando afecta a todos los sectores económicos y que no se elimina mediante la diversificación de un portafolio de inversión. Indica además que el riesgo puede ser también no sistemático, cuando afecta solo a un sector, actividad o empresa en particular, en éste caso es factible disminuir o eliminar el riesgo mediante mecanismos de diversificación de valores en los portafolios de inversión.

Por su parte, Ross, Westerfield y Jaffe (2005), señalan que un riesgo sistemático es cualquiera que afecte a un gran número de activos, en mayor o menos medida dependiendo del activo; mientras que un riesgo no sistemático es aquel que afecta en forma específica a un solo activo o a un pequeño número de activos.

En este orden de ideas, queda claro como la incertidumbre asociada a las condiciones económicas tales como el producto nacional bruto, las tasas de interés y la inflación, son ejemplos de riesgo sistemático, por tratarse de condiciones que afectan a casi todas las empresas en una economía.

Chaves (2007) al referirse a riesgo, lo hace con respecto a portafolios de inversión, por lo que valores relacionados con diferentes mercados pueden ser diversificados en el portafolio y por lo tanto lo que pase en esos mercados es considerado como riesgo no sistemático. Entonces para diversificar el riesgo sistemático producto de una economía, es necesario buscar alternativas como las que brinda la ingeniería financiera.

1.1.1.3 Riesgo financiero

Block y Hirt (2005), definen riesgo financiero con la capacidad de la empresa para satisfacer sus obligaciones financieras, como intereses, pagos de arrendamiento y dividendos preferentes.

El riesgo financiero está relacionado con las variaciones que puede presentarse como resultado de la forma de financiamiento adoptada por las empresas.

1.1.2 Análisis de riesgo con el método de simulación de Monte Carlo

1.1.2.1 Fundamentos del método

Sapag (2003) indica que el modelo de Monte Carlo, llamado también método de ensayos estadísticos, es un técnica de simulación de situaciones inciertas que permite definir valores esperados para variables no controlables, mediante la selección aleatoria de valores probables, donde la probabilidad de elegir entre todos los resultados posibles, está en relación directa con sus respectivas distribuciones de probabilidad.

Una distribución de densidad de probabilidad, es una función generalizada que asigna probabilidades a todos los posibles resultados de un experimento aleatorio, normalmente se denomina como función de densidad de probabilidad y se abrevia como PDF por sus siglas en inglés (*probability density function*) (Jackel, 2002; Haug, 2004).

Según Jackel (2002), la relación entre la probabilidad de que un valor X de un experimento aleatorio sea un elemento de un conjunto de valores S y una densidad de probabilidad de un experimento aleatorio, se define como:

$$P[x \in S] = \int_S \psi(x) dx \quad \text{Ecuación 1}$$

El mismo autor define el valor esperado para una cantidad sujeta a incertidumbre, como la probabilidad promedio ponderada y se define así:

$$E_\varphi[f] = \int_{-\infty}^{\infty} f \varphi dx \quad \text{Ecuación 2}$$

Como la densidad de probabilidad depende de la variable x , la cual tiene un comportamiento aleatorio con una probabilidad asociada, entonces la ecuación anterior se puede expresar como:

$$E_{\varphi(x)}[f(x)] = \int_{-\infty}^{\infty} f(x) \varphi(x) dx \quad \text{Ecuación 3}$$

El uso más común para las simulaciones de Monte Carlo en finanzas es cuando se necesita calcular un valor esperado para una función $f(x)$ dada una densidad de probabilidad $\varphi(x)$ sobre la variable x perteneciente al conjunto de los números reales y a cualquier espacio vectorial “ n ”, \mathbb{R}^n .

$$v = E_{\varphi(x)}[f(x)] = \int f(x) \varphi(x) dx^n \quad \text{Ecuación 4}$$

El análisis de riesgo en la evaluación de proyectos con ayuda de la técnica de simulación probabilística basada en el método de Monte Carlo, es una metodología, por medio de la cual, un modelo matemático parametrizado está sujeto a un número determinado de corridas de simulación. Durante el proceso de simulación, sucesivos escenarios son construidos utilizando valores para las variables claves de riesgo, éstos son asignados por el sistema con base en las distribuciones de probabilidad determinadas para cada variable. La respuesta usualmente es medida mediante el Valor Actual Neto (VAN) de los flujos del proyecto (Savvakis, 1994).

Determinar cual es la distribución de probabilidad adecuada para cada variable depende de estudios previos del fenómeno, debido a que se necesita series históricas de datos para poder ajustarla.

1.1.2.2 Modelo de proyección

El primer paso en la aplicación del análisis de riesgo es la construcción de un modelo parametrizado de proyección, el cual sea capaz de predecir correctamente el resultado sobre una o más variables respuesta, de los cambios en los valores de las variables explicativas del modelo. Esto se da por el establecimiento de relaciones matemáticas entre las variables explicativas y la variable respuesta, por ejemplo, que las ventas sean producto de la multiplicación del precio de venta por la cantidad vendida, que los costos totales sean producto de la multiplicación del costo unitario por la cantidad de insumos requerida.

Para efectos prácticos, la creación del modelo de proyección se debe realizar con ayuda de un programa de cómputo como una hoja electrónica de cálculo para facilitar el procesamiento rápido de los datos.

En la figura 1.1 se presenta un diagrama de un modelo de proyección el cual corresponde a un modelo básico de flujo de caja propuesto por Savvakis (1994).

En la tercera columna de esa figura se puede observar como las variables explicativas definidas son V1, V2, V3, V4 y V5; las cuales corresponden respectivamente a precio de venta, volumen de ventas, gastos, costo unitario directo de materiales y costo unitario directo de mano de obra.

En la cuarta columna de la figura, se presenta la formulación parametrizada de cada una de las líneas del modelo de flujo de caja, por ejemplo: $F1 = V1 \times V2$, la cual indica que los ingresos por ventas totales corresponden a la multiplicación de la variable V1 (precio de venta) por la variable V2 (cantidad vendida).

Figura 1.1 Modelo de proyección

Modelo de proyección		\$	VARIABLES	Fórmulas
<i>Parámetros</i>				
Precio de venta	<input type="text" value="12"/>		V1	
Cantidad vendida	<input type="text" value="100"/>		V2	
Gastos	<input type="text" value="200"/>		V3	
Costo unitario materiales	<input type="text" value="3"/>		V4	
Costo unitario mano de obra	<input type="text" value="4"/>		V5	
<i>Flujo de efectivo</i>				
Ingresos por ventas	1200			$F1 = V1 \times V2$
Costo de materiales				$F2 = V2 \times V4$
Costo de mano obra				$F3 = V2 \times V5$
Gastos				$F4 = V3$
Total egresos				$F5 = F2 + F3 + F4$
Flujo neto de efectivo				$F6 = F1 - F5$

Fuente: Adaptado de Savvakis (1994)

1.1.2.3 Variables de riesgo

Desde el punto de vista de la evaluación de proyectos, una variable de riesgo se define como aquella que es crítica para la viabilidad del proyecto en el sentido que una mínima variación

en su valor esperado, causa un efecto significativo en los resultados del proyecto (Savvakis, 1994).

El análisis de sensibilidad es una técnica que se utiliza para identificar la importancia relativa de las variables en un proyecto modelado, con lo cual fácilmente se puede determinar cuales son las más influyentes y por lo tanto considerarlas como variables de riesgo.

En la figura siguiente se muestra como el precio y el volumen de ventas, así como el costo y la cantidad de materiales serían consideradas como variables de riesgo en un modelo hipotético.

Figura 1.2 Variables de riesgo identificadas en el análisis de sensibilidad

Sensibilidad del modelo		\$	Variables	Variables de riesgo
<i>Parámetros</i>				
Precio de venta	12		V1	←
Cantidad vendida	100		V2	←
Gastos	200		V3	←
Costo unitario materiales	3		V4	
Costo unitario mano de obra	4		V5	
<i>Flujo de efectivo</i>				
Ingresos por ventas	1200			
Costo de materiales				
Costo de mano obra				
Gastos				
Total egresos				
Flujo neto de efectivo				

Fuente: Savvakis, 1994

1.1.2.4 Distribuciones de probabilidad

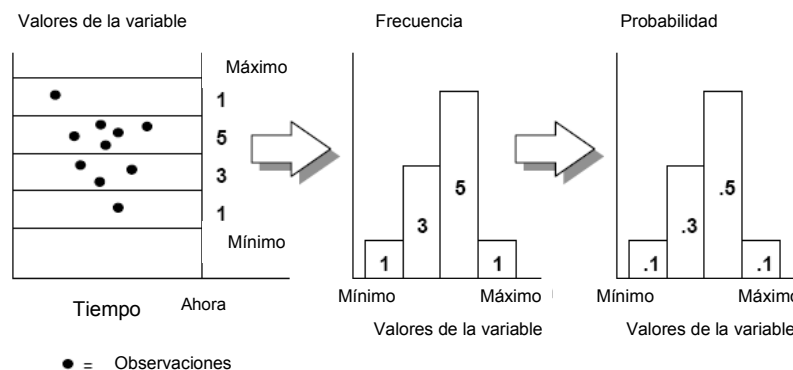
Las distribuciones de probabilidad están definidas o dependen de uno o más parámetros. De acuerdo con Evasn y Olson (1998), hay tres tipos básicos de parámetros:

- Un parámetro de forma, que controla la forma básica de la distribución.
- Un parámetro de escala, que controla la unidad de medida dentro del rango de la distribución. Cambiando el mismo, se logra contraer o expandir la distribución a lo largo del eje horizontal.
- Un parámetro de ubicación, que especifica la posición de la distribución relativa a cero en el eje horizontal. Puede representar el punto medio o el extremo inferior del rango de la distribución.

Las distribuciones continuas se refieren a variables que tienen valores continuos en el espacio de los números reales, mientras que las discretas, se refieren a variables cuyos valores son números enteros solamente.

Cuando hay disponibilidad de datos, la definición de límites para el rango de las variables de riesgos es un proceso simple que consiste en procesar los datos, construir un histograma de frecuencias y finalmente obtener la distribución de probabilidad como el histograma de frecuencias relativas, tal y como se muestra en la siguiente figura:

Figura 1.3 Construcción de una distribución de probabilidad para un variable de riesgo

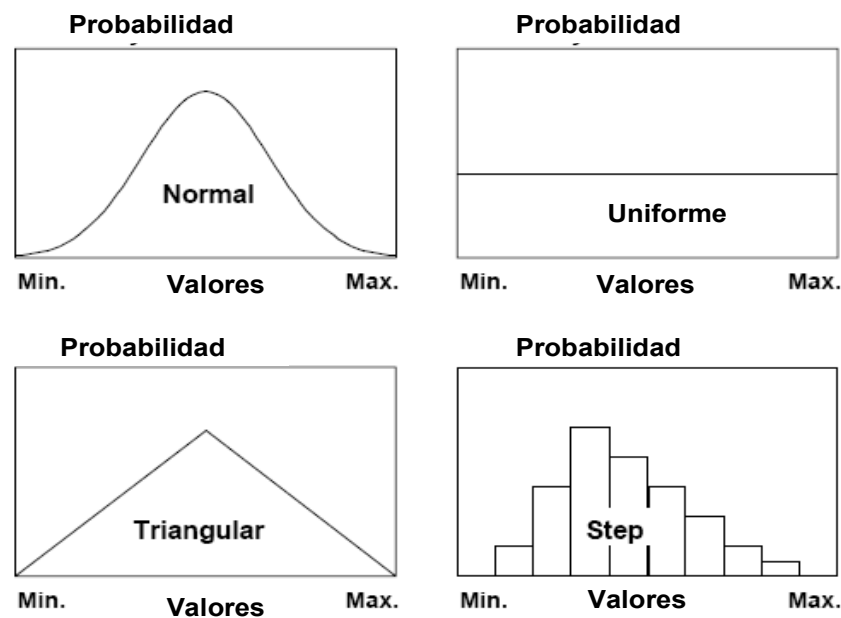


Las distribuciones de probabilidad son utilizadas para expresar la creencia y expectativas de expertos con respecto a los resultados de un evento futuro, o bien pueden representar los resultados probables de acuerdo con los sucesos históricos.

Se puede distinguir entre dos tipos básicos de distribución de probabilidad para efectos de la aplicación de la técnica de Monte Carlo: las simétricas y las no simétricas. Hay varios tipos de distribuciones simétricas como la normal, la uniforme y la triangular, en donde se localiza la probabilidad de manera simétrica dentro de un rango de variación. Las distribuciones no simétricas mayormente utilizadas son la distribución por pasos conocida como *STEP* (por su nombre en inglés) y la distribución Poisson.

Cuando se aplica la distribución *STEP*, el investigador puede definir el rango de intervalos y dar una probabilidad para cada uno de ellos de acuerdo con el juicio de experto, o bien utilizando resultados estadísticos representados en un histograma.

Figura 1.4 Distribuciones de probabilidad simétricas y no simétricas



Fuente: Savvakis, 1994

1.1.2.4.1 Distribución uniforme

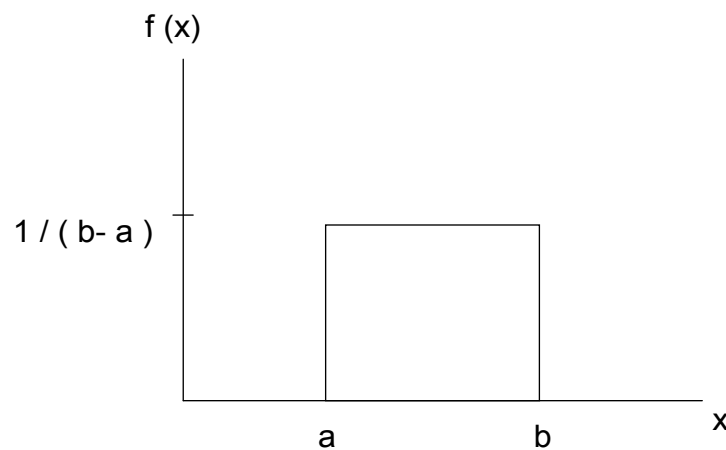
Un experimento puede tener valores continuos para la variable x y poseer igual probabilidad de ocurrencia, lo que genera una distribución de probabilidad uniforme que opera dentro de un intervalo cerrado o abierto para dos valores a y b .

$$\psi(x) = \left(\frac{1}{b-a} \right) \quad \forall x \in D, D = [a, b], D = (a, b) \quad \text{Ecuación 5}$$

La media y la varianza se definen de la siguiente forma:

$$\mu = \frac{a+b}{2} \quad \text{Ecuación 6} \quad \sigma^2 = \frac{(b-a)^2}{12} \quad \text{Ecuación 7}$$

Figura 1.5 Distribución de probabilidad uniforme



Fuente: Savvakis (1994)

1.1.2.4.2 La distribución normal

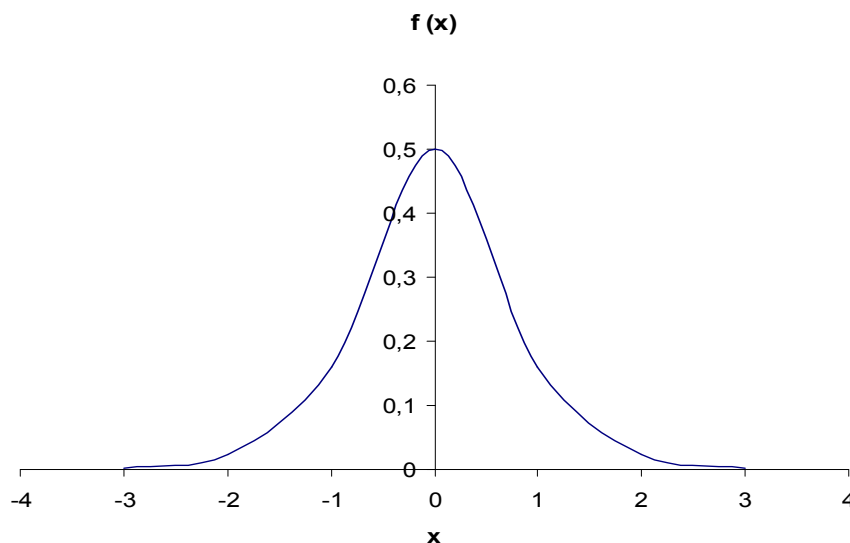
En la distribución normal, utilizada para una variable continua, ésta se distribuye alrededor de una media y una desviación estándar, simbólicamente se representan como $X \sim N(\mu, \sigma)$ y se define por la siguiente ecuación:

$$\psi(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\frac{(x-\mu)^2}{\sigma^2}} \quad \text{Ecuación 8}$$

Es más útil trabajar con una distribución estandarizada, con promedio de cero y desviación estándar igual a 1. En este caso, la ecuación anterior se simplificaría de la siguiente forma para $X \sim N(1,0)$:

$$\psi(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}x^2} \quad \text{Ecuación 9}$$

Figura 1.6 Distribución de probabilidad normal



Fuente: Savvakis (1994)

1.1.2.4.3 La distribución binomial

Esta distribución aplica cuando las variables no son continuas, es decir, discretas. De esta forma se puede llamar como “éxito” a la ocurrencia del evento y “fracaso” a su no ocurrencia, por lo que se denomina p la probabilidad o proporción de éxito cada vez que se realice el experimento y la probabilidad de fracaso $1-p$ (Canavos, 1988). La probabilidad que un evento, A , ocurra k veces en un número n de repeticiones se define mediante la ecuación (10), mientras que la densidad de probabilidad, mediante la ecuación (11).

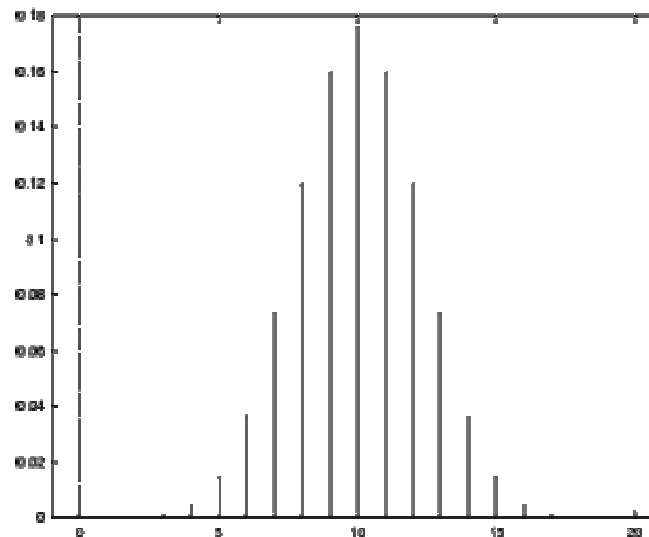
$$P(X = k) = \binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k} \quad \text{Ecuación 10}$$

$$\psi(x) = \sum_{k=0}^n \binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k} \quad \text{Ecuación 11}$$

La media y variancia para esta distribución, respectivamente, son::

$$\mu = np \quad \text{Ecuación 12} \quad \sigma^2 = np(1-p) \quad \text{Ecuación 13}$$

Figura 1.7 Distribución de probabilidad binomial



Fuente: Canavos (1988)

1.1.2.4.4 La distribución Poisson

La distribución Poisson es una distribución de variable discreta en la que la variable aleatoria representa el número de eventos independientes que ocurre a velocidad constante por unidad de tiempo (Canavos, 1988). Esta distribución asume que existe una intensidad λ en cada intervalo de tiempo dt de que un evento suceda. (Jackel, 2002). De esta forma, la probabilidad que un evento ocurra k veces por unidad de tiempo, está dada por ecuación (14) y su densidad de probabilidad, por la ecuación (15):

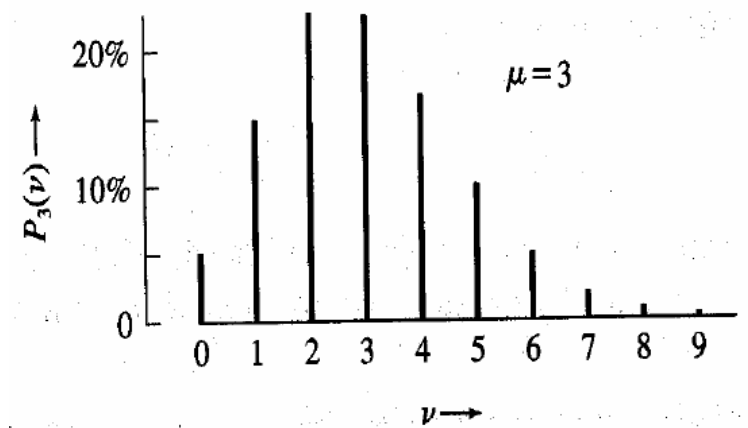
$$P(X = k) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^k}{k!} \quad \text{Ecuación 14}$$

$$\psi(x) = \sum_{k=0}^n \frac{e^{-\lambda} \lambda^k}{k!} \quad \text{Ecuación 15}$$

La media y variancia para esta distribución, respectivamente, son:

$$\mu = \lambda \quad \text{Ecuación 16} \quad \sigma^2 = \lambda \quad \text{Ecuación 17}$$

Figura 1.8 Distribución de probabilidad de Poisson



Fuente: Canavos (1988)

1.1.2.4.5 La distribución triangular

Esta distribución se define por tres parámetros que son, el mínimo a , el máximo b y el valor más probable c , la simetría depende de la colocación del valor c en la distribución con respecto a los otros valores (Fiorito, 2006).

$$f(x) = \frac{2(x-a)}{(b-a)(c-a)} ; a \leq x \leq c$$

Ecuación 18

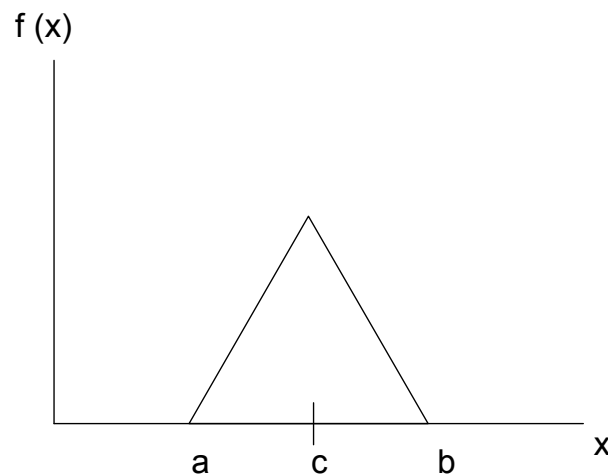
$$f(x) = \frac{2(b-x)}{(b-a)(b-c)} ; c \leq x \leq b$$

La media y varianza se obtienen utilizando las siguientes ecuaciones respectivamente:

$$\mu = \frac{a+b+c}{3} \quad \text{Ecuación 19}$$

$$\sigma^2 = \frac{a^2 + b^2 + c^2 - ab - ac - bc}{18} \quad \text{Ecuación 20}$$

Figura 1.9 Distribución de probabilidad triangular



Fuente: Canavos (1988)

1.1.2.5 Correlación de variables

Dos variables están correlacionadas si ellas tienden a variar juntas en forma sistemática, ésto es muy común en muchas de las variables involucradas en la evaluación de proyectos, por ejemplo un incremento en los precios de venta, puede tener un efecto negativo en el volumen de ventas.

$$\rho_{xy} = \frac{Cov(x, y)}{\sigma_x \sigma_y} = \frac{\sum_{i=1}^n (x - \mu_x)(y - \mu_y)}{\sigma_x \sigma_y} \quad \text{Ecuación 21}$$

Donde:

ρ_{xy} = Coeficiente de correlación entre las variables x y y .

σ_x = Desviación estándar para la variable x

σ_y = Desviación estándar para la variable y

μ_x = Promedio de la variable x

μ_y = Promedio de la variable y

La correlación se deriva de la covarianza, como se puede apreciar en la fórmula anterior, además su valor siempre estará entre -1 y 1, lo cual simplifica el problema de trabajar con medidas absolutas como las que provee la fórmula de la covarianza.

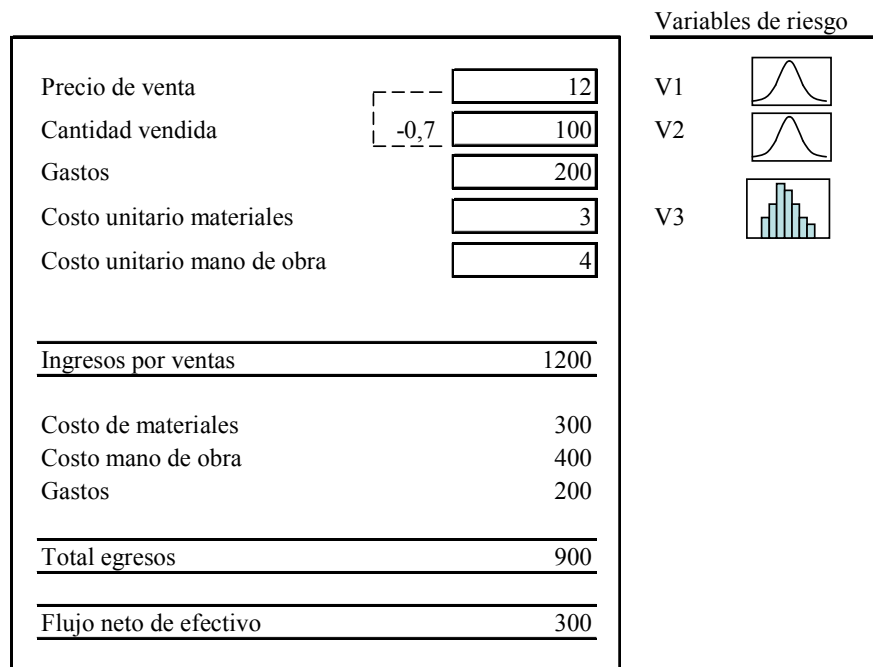
Una forma de tratar con la correlación en el análisis de riesgo es utilizar el coeficiente de correlación como un indicador de la relación entre dos variables de riesgo.

Por ejemplo, si existe una correlación de -0.70 entre el precio de venta y el volumen de ventas, estos tendrían una relación de proporcionalidad inversa y al momento de correr la simulación, esta relación en tomada en cuenta, lo cual hace más realista el modelo.

1.1.2.6 Corridas de la simulación

La siguiente figura muestra un modelo parametrizado para proyectar, con sus variables de riesgo definidas, sus respectivas distribuciones de probabilidad para cada variable y una correlación negativa de -0.70 entre las variables V1 y V2.

Figura 1.10 Modelo de simulación



Fuente: Savvakis, 1994

Los valores de las variables de riesgo son seleccionadas aleatoriamente dentro de los rangos especificados en las distribuciones de probabilidad, de acuerdo con las condiciones establecidas para estas distribuciones y sus correlaciones. De esta forma, la variable respuesta o dependiente, la cual puede ser un flujo neto de efectivo o el VAN calculado a partir de este, incorpora en todo momento los cambios en las variables de riesgo y hace que el modelo sea dinámico y no estático.

1.1.2.7 Medición del riesgo

Las medidas más comunes utilizadas para la medición del riesgo en la evaluación de proyectos son:

1.1.2.7.1 Coeficiente de variación

El coeficiente de variación corresponde a la división de la desviación estándar entre el promedio para una variable determinada. De esta forma, se omite las unidades de medida y la variación queda en términos relativos, indicando que entre mayor es el coeficiente de variación, mayor es el riesgo del proyecto. Según Canavos (1988), la fórmula para el coeficiente de variación es la siguiente:

$$CV = \frac{\sigma}{\mu} \quad \text{Ecuación 22}$$

1.1.2.7.2 Probabilidad de retorno negativo

Savvakis (1994) define la probabilidad de retorno negativo como el cociente de la cantidad de veces que un proyecto resultó con retornos negativos entre el total de veces corridas en una simulación.

Este indicador puede variar entre 0, si no hay ningún escenario en que se obtuvo pérdidas y 1, si hay pérdidas en todos los escenarios en los cuales se produjo la simulación:

$$PRN = \frac{|Escenarios.con.pérdidas|}{|Total.escenarios.simulados|} \quad \text{Ecuación 23}$$

Cuando se utiliza la probabilidad de retorno negativo, es importante tener en cuenta el concepto de Valor en Riesgo y su relación con la evaluación de proyectos de inversión.

El concepto de Valor en Riesgo o *Value at Risk* (VaR), proviene de la necesidad de cuantificar, con determinado nivel de significancia o incertidumbre, el monto o porcentaje de pérdida que un portafolio enfrentará en un período predefinido de tiempo (Jorion 2000, Penza y Bansal 2001, Best 1998, y Dowd 1998, citados por Johnson (2001)).

Su medición tiene fundamentos estadísticos y el estándar de la industria es calcular el VaR con un nivel de significancia del 5% (Johnson, 2001). Esto significa que solamente el 5% de las veces, o 1 de 20 veces (es decir, una vez al mes con datos diarios, o una vez cada cinco meses con datos semanales) el retorno del portafolio caerá más de lo que señala el VaR, en relación con el retorno esperado.

Si se considera una serie de retornos históricos de un portafolio que posee un número n de activos, es factible visualizar la distribución de densidad de aquellos retornos a través del análisis de un histograma.

Una vez generada la distribución de probabilidad a partir del histograma, se debe calcular aquel punto del dominio de la función de densidad que deja un 5% o 1% del área en su rango inferior (α). La distancia de este punto en el dominio de la distribución en relación al valor esperado de la distribución se denomina *Value at Risk*.

El VaR no solo puede aplicarse a un portafolio de inversiones, sino puede utilizarse en proyectos con los cuales también se busca establecer la probabilidad de retorno negativo, ésta sería aquel nivel en donde el VaR se hace cero y menor al cual se presentan pérdidas..

En este caso el objetivo no sería obtener el VaR relacionado con algún nivel de significancia como el del 5%, sino, conocer la probabilidad comenzar a obtener pérdidas.

1.1.2.8 Evaluación financiera

La evaluación financiera de un proyecto fundamentado por el modelo de proyección, utiliza el Valor Actual Neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR), éstos se convierten en las variables de respuesta del modelo y sobre ellas se miden los resultados de la simulación.

Gitman (2003), define las fórmulas para el VAN y la TIR, respectivamente como:

$$VAN = \sum_{k=1}^n \frac{F_i}{(1+k)^n} - I_o \quad \text{Ecuación 24}$$

$$0 = \sum_{k=1}^n \frac{F_i}{(1+r)^n} - I_o \quad \text{Ecuación 25}$$

Donde:

VAN: valor actual neto

F_i = Flujo neto de efectivo en cada i-ésimo periodo

n = cantidad de periodos de evaluación del proyecto

k = tasa de descuento

I_o = inversión inicial en el instante cero

r = tasa interna de retorno

La regla básica de decisión para la evaluación de un proyecto utilizando el VAN, es aceptar el proyecto como viable si el VAN es positivo y rechazarlo si el VAN es negativo (Sapag y Sapag, 2003). Sin embargo, si la evaluación se realiza en un escenario estático, se puede caer en el error de aceptar un proyecto con VAN positivo en ese escenario único, cuando en verdad, puede tener un VAN probalístico negativo asociado a un alto nivel de riesgo y que no es posible conocer, hasta que se corra algún modelo de simulación de múltiples escenarios, como el caso de Monte Carlo.

1.1.2.9 Tasa de descuento

La tasa de descuento apropiada para la evaluación de un proyecto corresponde al costo de oportunidad del capital invertido, el cual equivale a un costo promedio ponderado de las fuentes de financiamiento involucradas (Gitman, 2003).

Según Savvakis (1994), cuando se evalúa un proyecto con capital propio, se debe utilizar una tasa tal que incluya el riesgo sistemático, lo cual se logra sumando a la tasa libre de riesgo, una prima por el riesgo del mercado.

1.1.2.10 Valor residual

Para el modelo financiero de proyección se estimará un valor residual tal que considere el efecto de seguir ejecutando el proyecto a perpetuidad a partir del último flujo calculado. Para ésto se escogió el método de Gordon, citado por Gitman (2003), el cual se define mediante la siguiente ecuación:

$$VR_T = \frac{F_T(1+g)}{k-g} \quad \text{Ecuación 26}$$

Donde:

VRT: valor residual en el último año del proyecto T

F_T = flujo del último año T del proyecto

i = tasa de crecimiento estimada a futuro

k = tasa de descuento

g = tasa de crecimiento estimada para los flujos de efectivo a partir del último año a perpetuidad.

Este método consiste en introducir en el último año T del flujo del proyecto, el valor residual VR_T con la finalidad de considerar que el proyecto se ejecutará a perpetuidad.

1.2 Control del riesgo por medio de la ingeniería financiera

En esta sección se describe los fundamentos de la ingeniería financiera, con la finalidad de utilizar estos conceptos más adelante en el capítulo tres en donde se propone una estrategia de cobertura del riesgo.

1.2.1 Antecedentes, desarrollo y características de la ingeniería financiera

Chaves (2007) define la ingeniería financiera de la siguiente forma:

“La ingeniería financiera básicamente se refiere a la utilización de mecanismos e instrumentos financieros modernos para la transformación de activos y pasivos: particularmente, el manejo del riesgo financiero, mediante operaciones de cobertura y especulación. La ingeniería financiera se ocupa entonces de afectar activos y pasivos, procurando mejorar la exposición a riesgos, incrementar el rendimiento de los activos, reducir el costo de los pasivos, sus condiciones y brindar mejores condiciones de acceso a las fuentes de financiamiento”

La ingeniería no crea nueva riqueza ni nuevos riesgos, tampoco nuevas formas de financiamiento o de inversión, lo que busca es una transferencia del riesgo de los agentes económicos que desean cubrirse (*hedgers*) a los especuladores, que desean asumirlo.

Los instrumentos básicos de la ingeniería financiera son los productos derivados o mercados diferidos (contratos *forward* o a plazo, contratos de futuros, opciones y *swaps* o permutas financieras), los cuales tratan con mercados que tienen como característica común: la realización de la transacción se da en un momento dado (cuando se suscribe el contrato) y el traspaso de la propiedad de los activos involucrados en algún momento en el futuro (al vencimiento de tales contratos).

Se trata entonces de instrumentos contractuales, lo que significa que necesariamente debe mediar un contrato (que expresa la voluntad de las partes) entre un comprador y un vendedor (posición larga y corta) que se suscribe sobre un activo específico, denominado activo subyacente, que también debe cumplir ciertas condiciones técnicas.

Cuando se trata de aspectos de carácter sistemático (por ejemplo, inflación, devaluación, aumentos en el nivel general de tasas de interés y los cambios en los precios de las mercancías), los métodos tradicionales de cobertura de riesgo como la diversificación de cartera, resultan insuficientes, aquí es donde los instrumentos de la ingeniería financiera son los únicos que pueden resultar efectivos (Hull, 2002; Chaves, 2007).

En general, la volatilidad de los precios de los bienes, tasas de interés y tipos de cambio, así como la globalización de los mercados, su liberalización y la innovación; han propiciado la presencia de mayores oportunidades, pero también de mayores riesgos en las operaciones financieras y comerciales. Esto conlleva la necesidad de contar con mejores mecanismos para la gestión de riesgo, que permitan cubrir los riesgos (funciones de cobertura o *hedging*) y ofrecer oportunidades para quienes deseen asumir riesgos con la finalidad de obtener ganancias adicionales (función de especulación).

Chaves (2007), define las características básicas de la ingeniería financiera, las cuales se pueden puntualizar de la siguiente forma:

a) La existencia de un objetivo.

Se trata de diseñar estrategias con el fin de conseguir un objetivo específico con base en el manejo del riesgo, ya sea cubrirlo o asumirlo con la expectativa de ganancias especulativas.

b) Combinación de instrumentos

La ingeniería financiera combina instrumentos tradicionales y modernos, es decir, combina el mercado de contado con el mercado de derivados.

La combinación de instrumentos se hace con la intención de que las posibles pérdidas o ganancias que se obtengan en un mercado o instrumento en particular puedan ser compensadas con el resultado a obtener en otro mercado o instrumento.

c) Operaciones conjuntas

La ingeniería financiera toma conjuntamente dos o más operaciones de distinta naturaleza por ejemplo, operaciones de financiamiento y operaciones de inversión, posiciones específicas en un mercado con posiciones predefinidas en otro mercado u operación.

Con la combinación de instrumentos y la conjunción de operaciones es posible obtener nuevos productos. Por eso se dice que mediante la ingeniería financiera se logran productos sintéticos, término que se utiliza para diferenciarlos de los que normalmente se obtiene en los mercados. Por ejemplo, mediante la combinación de mercados y operaciones es posible obtener precios efectivos para bienes o servicios que difieren de los que existen en los mercados, como tasas de interés o condiciones distintas a las que se ofrecen los mercados. Asimismo, mediante la combinación de dos posiciones, es posible obtener una tercera posición distinta de las que le dieron origen.

Fundamentalmente lo que se busca es compensar los posibles resultados ya sean pérdidas o ganancias, esta compensación es la que produce resultados distintos como producto de la estrategia, de ahí el término de “cobertura artificial del riesgo”.

d) Operaciones a la medida

Las operaciones que se llevan a cabo mediante la ingeniería financiera se diseñan de acuerdo al participante, sus necesidades de cobertura y especulación. Es decir, que en una misma operación o instrumento, se pueden diseñar estrategias completamente diferentes.

1.2.2 Mercado de derivados

Los mercados de derivados son una parte muy importante de los mercados financieros, los valores que se negocian en estos mercados se derivan, ya sea de materias primas, valores de renta fija, renta variable, o de índices compuestos por algunos de esos valores o materias primas. Por esta razón se les denomina como derivados ya que se derivan de un activo subyacente (Gómez, 2007).

Según Chaves (2007), los mercados de productos derivados o diferidos son aquellos en los cuales se transan instrumentos contractuales que toman como referencia un activo subyacente que puede ser real o financiero, permitiendo tomar, reducir o eliminar riesgos con base en acuerdos de liquidación y compensación a plazo, ya sea en firme o condicionado. De esta forma, un derivado es un acuerdo contractual entre dos partes mediante el cual se acepta transferir un activo en una fecha futura determinada y a un precio específico previamente acordado.

Cuando los bienes reales son utilizados como activos subyacentes, se conoce como mercado de derivados sobre “*commodities*” y cuando se utilizan activos financieros, se denomina como mercado de derivados financieros.

Si lo que se busca es una cobertura de riesgo, se tiene entonces una condición definida en el mercado de contado de ese bien y para lograr la cobertura, se debe asumir una posición específica en el mercado de derivados.

Por esta razón, se debe comprender claramente cual es la posición correspondiente en el mercado de contado y entonces asumir la posición correcta en el mercado de derivados para lograr la cobertura, de lo contrario se puede sufrir de una pérdida doble.

Si lo que se desea es especular, entonces no se posee ninguna posición en el mercado de contado y solamente se debe asumir una posición en el mercado de derivados con base en

las expectativas que se tengan sobre el comportamiento del mercado de contado en el futuro.

Posición larga

Posición larga en el mercado de contado: Quien tenga un activo o sea acreedor en una operación de crédito (posea una cuenta por cobrar), tiene una posición larga en el mercado de contado y está expuesto a una caída del precio de ese activo en el futuro. Por ejemplo un productor agrícola que tiene aceite para vender en el mercado internacional, está expuesto a que el precio de su producto disminuya en dicho mercado; o bien una empresa costarricense que posea una cuenta por cobrar en dólares, está expuesta a una apreciación del colón frente al dólar.

Posición larga en el mercado de derivados: Chavez (2007), indica que la posición larga se refiere a un comprador neto de contratos para un vencimiento determinado, es decir, aquel participante que, mediante la suscripción de un contrato se compromete a comprar más contratos de los que vende para una fecha específica de vencimiento.

Posición corta

Posición corta en el mercado de contado: Quien no posee un activo o tenga una deuda, tiene entonces una posición corta en el mercado de contado y está expuesto al riesgo que el precio de ese activo o esa obligación suba. Por ejemplo una empresa que es compradora de materia prima (no posee el activo), está expuesta a que el precio de ésta aumente.

Posición corta en el mercado de derivados: Chavez (2007) indica que la posición corta en el mercado de derivados corresponde a la de un vendedor neto de contrato para un vencimiento determinado, o sea, vender más contratos de los que se compran en este mercado. Al llegar la fecha de vencimiento del contrato deberá entregar el correspondiente activo subyacente, recibiendo a cambio la cantidad acordada en la fecha de negociación (venta) del contrato de futuros, pero también puede cerrar su posición antes de dicha fecha.

Tabla 1.1 Posiciones básicas relacionadas con derivados y los riesgos asociados

Rubros	Mercado de contado	Mercado de derivados
Posición larga	Poseer el activo o ser acreedor en un crédito.	Comprar más contratos de los que se venden a una fecha de vencimiento determinada.
Posición corta	No poseer el activo o ser deudor en un crédito	Vender más contratos de los que se compran para una fecha de vencimiento determinada.
Cobertura	Si la posición es larga, hay riesgo de caída en el precio y si la posición es corta, hay riesgo de aumento de precio.	Asumir una posición contraria a la que se tiene en el mercado de contado con el objeto de compensar posibles pérdidas en ese mercado generadas por el riesgo asociado.
Especulación	No se tiene una posición definida en el mercado de contado. El especulador procura asumir el riesgo que el cobertor quiere evitar.	Asumir la posición apropiada para obtener ganancias extraordinarias en el corto plazo, lo que implica asumir riesgos.

Fuente: Chaves (2007) y Hull (2002).

1.2.2.1 Mercado de futuros

Un contrato de futuros es un acuerdo contractual en firme, estandarizado, negociado en una bolsa o mercado organizado; el cual obliga a las partes contratantes a comprar y vender un número de bienes o valores (activo subyacente) en una fecha futura y determinada, a un precio establecido de antemano, el cual variará con el mercado, pero es fijo cuando la operación se cierra, es decir, cuando se entrega el bien. (Chaves, 2007; Hull, 2002). De esta forma si la persona tiene o va a tener el bien subyacente hoy o en el futuro (petróleo, gas o mercancías), con la operación en futuros, quiere asegurar un precio fijo hoy para la operación de vender mañana, pero, si solo es un especulador, entonces lo que busca es especular con la evolución de su precio desde la fecha de la contratación hasta el vencimiento.

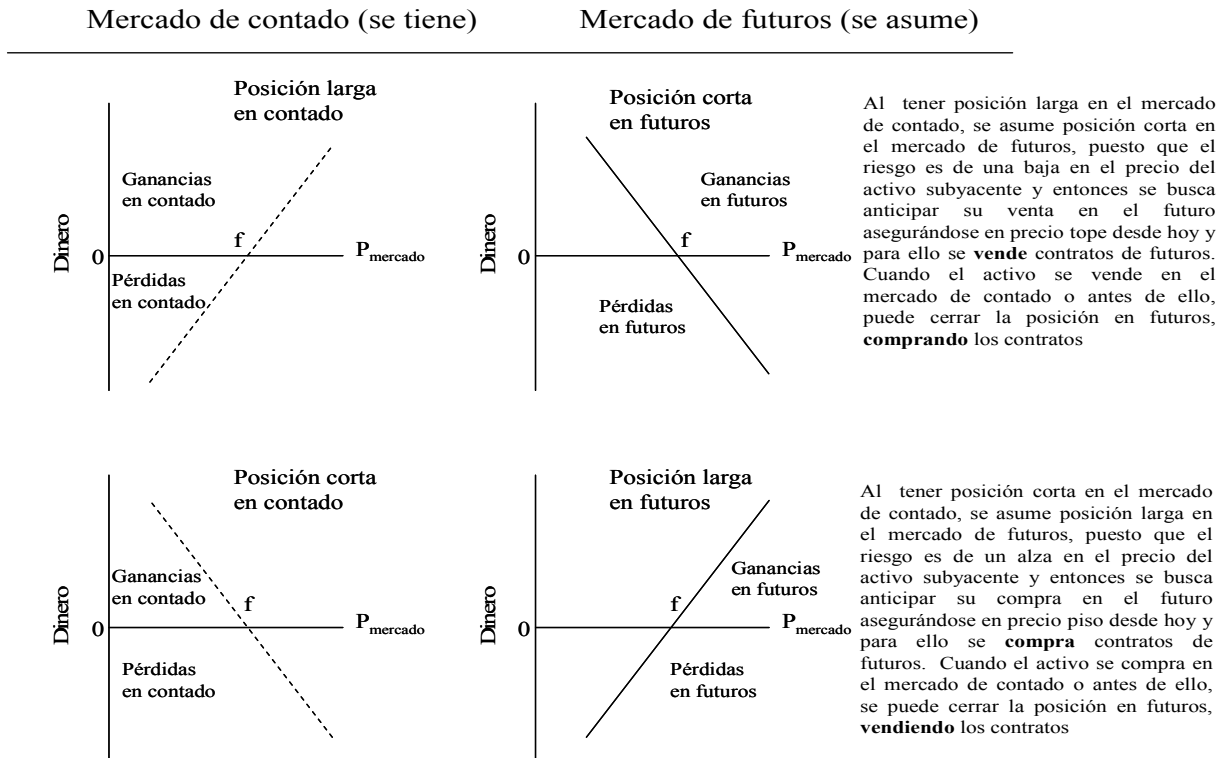
Los mercados de futuros cuentan con los mecanismos e instrumentos necesarios para obligar a que los participantes cumplan los compromisos adquiridos. Esto se logra gracias a la existencia de las bolsas en donde se negocian, éstas poseen sistemas de supervisión y exigen especificaciones en los contratos con lo que logran la estandarización de plazos de

vencimiento, medida y tamaño del activo (por ejemplo quintales, *bushels*, acciones), márgenes, calidad del activo, fecha y lugar de entrega, y forma de liquidación ante una cámara de compensación denominada *clearing house*.

Cuando se tiene una posición compradora, puede cerrarse la misma sin esperar a la fecha de vencimiento simplemente vendiendo el número de contratos compradores que se posean; de forma inversa, alguien con una posición vendedora puede cerrarla anticipadamente acudiendo al mercado y comprando el número de contratos de futuros precisos para compensar su posición (Chaves, 2007).

En la siguiente figura se muestra un esquema con las posiciones en los mercados de contado y futuros, así como los tipos de cobertura contra el riesgo. El precio de futuro se denota como “f”.

Figura 1.11 Posiciones en los mercados de contado y futuros



Fuente: Elaboración propia con base en Hull (2002) y Chaves (2007)

1.2.2.2 Mercado de opciones

Una opción es un contrato que, mediante el pago de una prima o precio de la opción, otorga a su comprador el derecho, pero no la obligación de comprar o vender un activo subyacente bajo una serie de condiciones específicas. Por su parte el vendedor de la opción, recibe el monto de la prima y con ello adquiere la obligación y no el derecho, de vender o comprar el activo subyacente, en las condiciones pactadas, cuando el comprador decida ejercer su derecho (Chaves, 2007; Hull, 2002).

La existencia de un contrato implica la presencia de dos partes: un comprador o posición larga y un vendedor o posición corta. El comprador es quien paga la prima o precio de la opción y adquiere el derecho que puede ejercer de acuerdo con el tipo de opción. Si la opción es americana, entonces puede ejercer su derecho en cualquier momento, pero si la opción es de tipo europea, entonces solamente lo podrá hacer en la fecha del vencimiento (Chaves, 2007; Hull, 2002).

Una opción brinda una serie de alternativas tanto a los inversionistas, como a los cobertores y especuladores. Se trata de instrumentos muy versátiles que ofrecen grandes oportunidades para el desarrollo creativo por parte de los participantes en materia de transacción de bienes reales (*commodities*), tasas de interés, tipos de cambio, títulos valores, índices y otros productos derivados.

En materia de organización del mercado, las opciones se transan en una forma similar a los contratos de futuros, especialmente en lo que se refiere a la estandarización de los contratos y la cámara de compensación. No obstante, presenta algunas diferencias con respecto al mercado de futuros, tanto en materia operativa como en cuanto a la gestión de riesgos.

La diferencia entre opciones y futuros se deriva de las obligaciones que adquieren los participantes y de las consecuencias que asumen las bolsas. Así, mientras en el mercado de futuros tanto el comprador como el vendedor asumen una obligación, ambos están obligados a depositar los márgenes correspondientes, por su parte, en el mercado de

opciones, dado que el que se obliga es el vendedor, únicamente éste debe depositar los márgenes requeridos para poder operar (Chaves, 2007).

La estandarización y la existencia de cámaras de compensación facilitan la transacción de opciones, tanto el vendedor como el comprador de este tipo de contratos puede liquidar una posición abierta antes de la fecha de expiración haciendo una transacción compensadora.

Por ejemplo, el poseedor de una opción de compra sobre un bono puede compensar su posición vendiendo una opción de compra con el mismo precio de ejecución y a la misma fecha de vencimiento. La ganancia o pérdida neta estaría determinada por la diferencia entre la prima pagada originalmente y el precio recibido cuando se vende (Hull, 2002).

Al igual que en el mercado de futuros, en opciones la mayor parte de las posiciones tienden a ser liquidadas antes de la fecha de expiración, pero a diferencia del primero, a los compradores de opciones no se les obliga a depositar fondos en una cuenta de margen porque su riesgo de pérdida está limitado a la prima pagada por la opción; sin embargo, como ya se mencionó, a los vendedores de opciones si se les obliga a mantener una cuenta de margen porque ellos si enfrentan riesgos considerables.

Desde el punto de vista de cobertura de riesgos, el mercado de opciones permite a los participantes cubrirse ante riesgos adversos, dejando abierta la posibilidad de ganancia, en caso de que los movimientos sean favorables a sus intereses. Esto es así por el hecho de que uno de los elementos característicos de las opciones es que para el comprador limita las pérdidas al monto de la prima y permite en muchos casos ganancias ilimitadas.

El monto de la prima (P) que se paga o se recibe, según sea el caso, es en realidad el precio de la opción y se determina en condiciones de oferta y demanda, mientras que el precio de ejercicio (E), corresponde al precio que se fija de antemano para la compra o venta del activo subyacente.

Los tipos de contrato en el mercado de opciones se definen de acuerdo con el derecho que otorgan a su comprador. Básicamente existen dos tipos de contratos de opciones, el primero es una opción de compra y se le denomina *CALL* y la otra es una opción de venta y se le denomina *PUT*. Estas opciones se pueden combinar con la posición corta o larga que se asuma en el mercado.

Las opciones de compra dan a su comprador, denominado “*call* largo”, el derecho de comprar el activo subyacente, a un precio de ejercicio E determinado, durante un plazo determinado. En este caso el vendedor, denominado “*call* corto”, al recibir la prima adquiere la obligación de vender el activo, cuando el comprador decida ejercer su derecho de compra.

Lo que busca un *call* largo al comprar una opción de compra, es fijar un precio máximo o techo por lo que piensa adquirir en el futuro, por lo que, si es un cobertor de riesgos, entonces procura cubrirse de un aumento de precios. Si es un especulador, entonces pretende obtener ganancias de un incremento de precios. En ambos casos, la opción da el derecho de comprar el activo por debajo del precio vigente en el mercado a la hora de ejercerla.

Las opciones de venta dan a su comprador, denominado “*put* largo”, el derecho de vender el activo subyacente, a un precio de ejercicio E determinado, durante un plazo determinado. Por su parte, el vendedor, denominado “*put* corto”, recibe la prima o precio de la opción y adquiere la obligación de comprar el activo, cuando el comprador decida ejercer su derecho de venta.

El motivo principal que mueve al comprador o posición larga en una opción de venta (*put* largo), es fijar un precio mínimo o “piso” por lo que piensa vender en el futuro. Si actúa como cobertor, en este caso, procura cubrirse de una disminución de precios; pero si es especulador pretende obtener ganancia de una caída de precios.

Tanto en la opción *call* como en la opción *put*, el comprador paga un monto (prima) para asegurar un precio máximo o mínimo, por lo que piensa comprar o vender, es decir, el *call* largo y el *put* largo son los que pagan la prima. En todo caso, la pérdida máxima que puede sufrir la posición compradora es el monto de la prima que paga por su derecho de compra o venta.

En ambos casos, el vendedor (*put* corto o *call* corto), recibe la prima a cambio del compromiso que adquiere frente a la parte compradora. Es importante destacar que la parte vendedora se queda con la prima, en caso de que la contraparte decida no ejercer la opción. Esto implica entonces que el monto de la prima constituye la máxima ganancia que puede obtener el vendedor de un contrato de opciones.

Al igual que los demás productos derivados, este es un mercado de “suma cero”. Esto quiere decir que la ganancia de un participante será equivalente a la pérdida que experimente su contraparte.

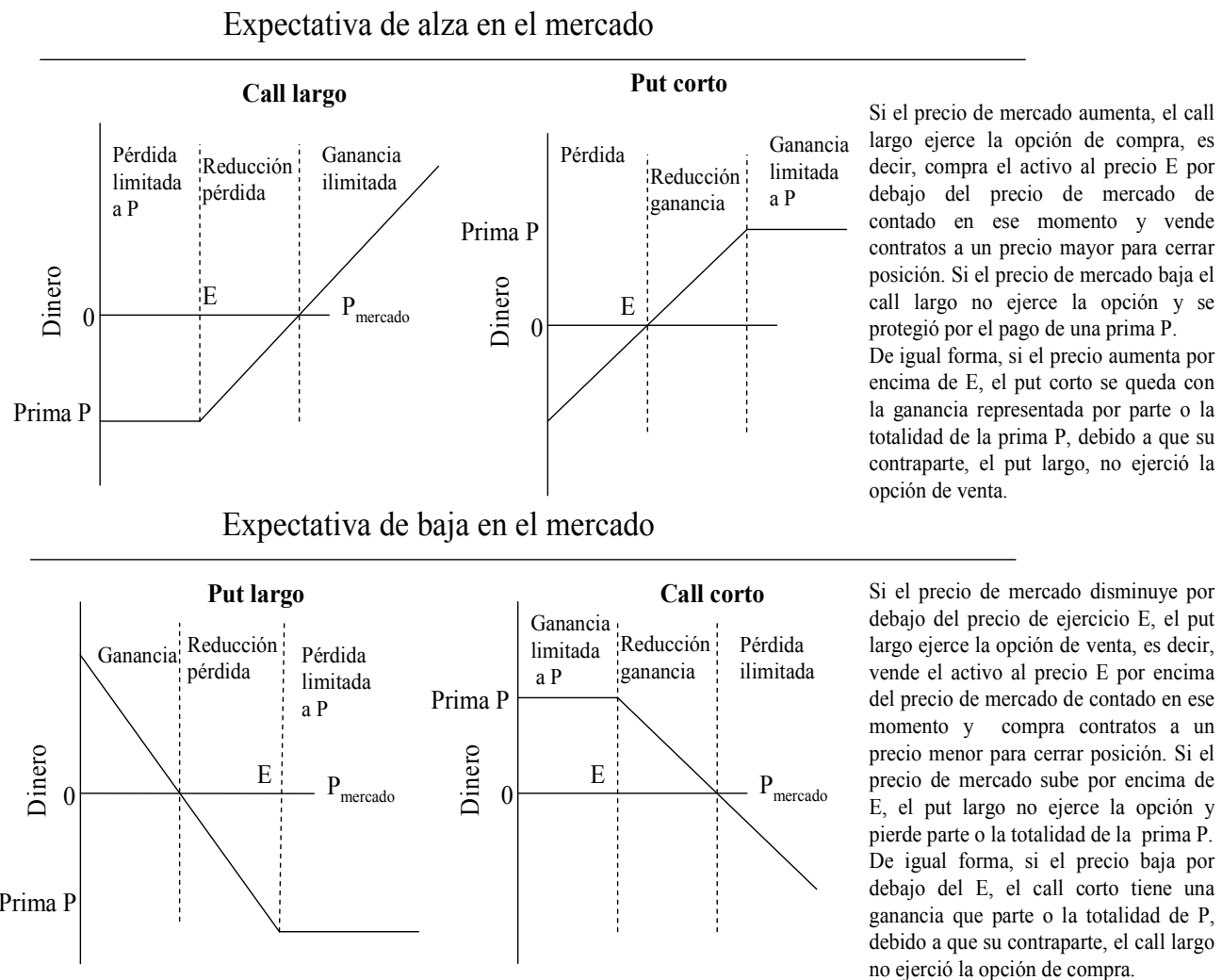
Un concepto muy importante que se debe tener presente, es el valor intrínseco de una opción, este es el valor que tiene su ejercicio para el comprador. Es decir, que cuando el valor intrínseco es positivo, el comprador obtiene algún beneficio al ejercerla, ya que puede obtener una ganancia neta al ejercer su derecho de compra, venta, o bien de reducir el monto de su pérdida. En este caso se dice que la opción está “dentro del dinero”, y la opción se ejercerá.

Cuando la opción no genera ningún beneficio para el comprador, es decir, cuando su valor intrínseco es cero, se dice que la opción está “fuera del dinero”, por tanto, no se ejercerá. Cuando el precio de mercado es igual al precio de ejercicio, se dice que la opción está “en el dinero”.

Para el comprador de una opción de venta (*put* largo), el contrato estará dentro del dinero si el precio de mercado es menor que el precio del ejercicio (E); de lo contrario, la opción estará fuera del dinero.

En la siguiente figura, se muestra las 4 posiciones en el mercado de opciones y su comportamiento según la expectativa de alza o baja en el mercado del activo subyacente.

Figura 1.12 Posiciones en el mercado de opciones



1.2.2.3 Valoración del precio de las opciones por el método Black-Scholes

La prima o precio de la opción es el monto que paga el comprador del contrato para adquirir el derecho de comprar o vender el activo subyacente en la fecha futura. Para el vendedor la prima se convierte en la compensación que recibe por asumir riesgos, debido a que esta posición queda obligada a vender o comprar cuando así lo decida el comprador.

La prima, que a menudo se llama precio de compra, es un precio determinado por el mercado mediante el mecanismo de oferta y demanda, pudiendo experimentar fluctuaciones en el tiempo. Este monto no es reembolsable para el comprador y el vendedor la conserva, independientemente de si el comprador ejerce su derecho o no. Esto es lo que explica que para el comprador de la opción, la pérdida máxima que pueda tener en opciones es el monto de la prima y para el vendedor se convierte en la ganancia máxima que pueda obtener en este mercado.

La prima es entonces un factor determinante para la valoración de opciones por parte de los participantes, por lo que se ha convertido en el principal objeto de determinación mediante distintos modelos como el de Black-Scholes.

El valor intrínseco se refiere al beneficio que obtiene el comprador al ejercer el derecho que le otorga la opción y se calcula mediante la diferencia entre el precio en el mercado de contado y el precio de ejercicio. En el caso de una opción *call*: $S - E$; en el caso de una opción *put*: $E - S$

En su obra, Hull (2002) presenta el modelo desarrollado simultáneamente por Black-Scholes (1973) y Merton (1973), éste es muy útil en la valoración de opciones de compra o venta sobre acciones que no pagan dividendos, y dado que las mercancías no pagan dividendos, también puede ser aplicable a las opciones de compra y venta sobre mercancías.

El modelo, denominado en la práctica como Black-Scholes, se basa en los siguientes supuestos:

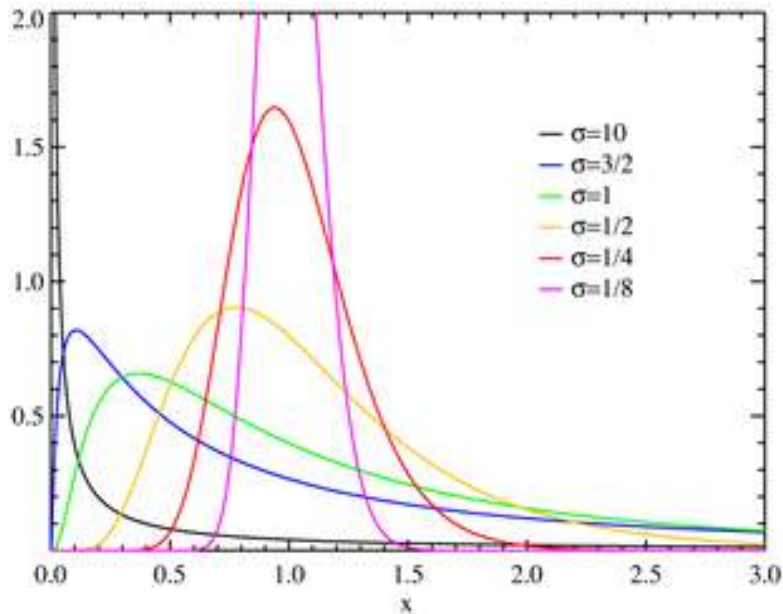
- El comportamiento del precio de las acciones, en ausencia de dividendos, sigue un paseo aleatorio (*random walk*) en donde los cambios en el precio de las acciones en un periodo corto, siguen una distribución log-normal con media y desviación estándar constantes.
- No hay costos de transacción, impuestos ni dividendos.
- No hay oportunidades de arbitraje.
- La negociación de valores financieros es continua.
- Los inversores pueden prestar o pedir prestado a la misma tasa de interés libre de riesgo.
- La tasa de interés libre de riesgo es constante a corto plazo.

Debido al primer supuesto, es necesario analizar la distribución log-normal, por lo que en la figura siguiente se muestra el patrón de dicha distribución para diferentes desviaciones estándar.

A diferencia de la distribución normal que puede tomar valores negativos y positivos, esta función log-normal, solamente toma valores positivos, lo cual está más acorde con la realidad de los precios de activos, tal y como se puede apreciar en la figura 1.13.

Una variable con distribución log-normal tiene la propiedad que su logaritmo neperiano está distribuido normalmente.

El supuesto de Black-Scholes para los precios de las acciones implica, por lo tanto, que el logaritmo natural del precio de las acciones sigue una distribución normal, de allí la importancia del uso de la distribución log-normal.

Figura 1.13 Distribución log-normal

Fuente: Sin autor, *Lognormal Distribution*. Recuperado el 1 de marzo del 2008 de:
http://gl.wikipedia.org/wiki/Distribuci%C3%B3n_lognormal

Según Hull (2002), puede demostrarse que la relación entre el precio de una acción en el periodo T futuro (S_T) y su precio en el momento inicio (S_0), sigue una distribución log-normal con las siguientes características:

$$\ln \frac{S_T}{S_0} \sim \phi \left[\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) T, \sigma \sqrt{T} \right] \quad \text{Ecuación 27}$$

Con base en estos supuestos y otros desarrollos matemáticos, Black y Scholes, obtuvieron las siguientes fórmulas de valoración para estimar el precio de las opciones europeas de compra (c) y de venta (p) sobre acciones que no pagan dividendos. El desarrollo de la obtención de estas fórmulas está más allá del alcance de este trabajo y se toman de Hull (2002), pero cabe indicar que estas ecuaciones tienen implícitas a otras ecuaciones para calcular las variables d_1 y d_2 , así también se aplica la fórmula para la normal estándar con media 0 y desviación estándar 1, $N(0,1)$ y que para una variable “x”, sería la función $N(x)$.

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{X}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} \quad \text{Ecuación 28}$$

$$d_2 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{X}\right) + \left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} = d_1 - \sigma\sqrt{T} \quad \text{Ecuación 29}$$

$$N(x) = \begin{cases} 1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}} (a_1 k + a_2 k^2 + a_3 k^3 + a_4 k^4 + a_5 k^5), & \text{si } x \geq 0 \\ \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}} (a_1 k + a_2 k^2 + a_3 k^3 + a_4 k^4 + a_5 k^5), & \text{si } x < 0 \end{cases} \quad \text{Ecuación 30}$$

Donde:

$$k = \frac{1}{1 + \gamma x}$$

con:

$$\gamma = 0.2316419$$

$$a_1 = 0.319381530$$

$$a_2 = -0.356563782$$

$$a_3 = 1.781477937$$

$$a_4 = -1.821255978$$

$$a_5 = 1.330274429$$

$$c = S_0 N(d_1) - X e^{-rT} N(d_2) \quad \text{Ecuación 31}$$

$$p = X e^{-rT} N(-d_2) - S_0 N(-d_1) \quad \text{Ecuación 32}$$

Donde:

S_0 = Precio de la acción

T = Período al vencimiento en años

X = Precio de ejercicio

r = tasa anual de rendimiento libre de riesgo

1.2.3 El mercado de futuros y la Teoría del Mercado Eficiente

Los precios de futuros para una mercancía o *commodity*, son un mecanismo para el descubrimiento de precios en el mercado de contado (Fatimah Mod Arshad y Zainalabidin Mohamed, 1994).

Si el mercado de futuros es eficiente, entonces los precios de futuros que se observan en el momento t , deben ser estimadores insesgados de los precios de contado que prevalecerán en el momento $t+j$, donde j representa el instante de vencimiento del contrato de futuro (Kamara, 1982 y Cox, 1976).

De acuerdo con Fama (1970), un mercado eficiente genera un precio tal que en cualquier punto del tiempo, refleja toda la información disponible sobre la oferta y la demanda que lo afecta. De manera simultánea, las expectativas correspondientes a los niveles futuros de oferta y demanda, serán introducidas dentro de los precios de futuros.

Muchos son los estudios que se han realizado sobre la eficiencia del mercado de futuros y una de las conclusiones más relevantes a que se ha llegado, es que entre más largo el horizonte de tiempo, disminuye la efectividad de los precios de futuros para estimar los precios de contado (Kofi, 1973; Leuthold, 1974; Bigman et al, 1983).

Para productos agrícolas como el maíz y el ganado, Leuthold (1972) encontró que los precios futuros son estimadores eficientes de los precios de contado solamente para momentos cerca de la maduración o vencimiento de los contratos.

Giles y Goss (1980), estudiando los precios futuros para la lana y el ganado vacuno vivo en Australia, encontraron que los precios de futuros fueron buenos estimadores de los precios de contado al vencimiento, para plazos anticipados de 1 a 12 meses y de 1 a 3 meses, respectivamente.

Bigman et al (1983) y Fama (1970), definen formalmente el modelo para la teoría del mercado eficiente por medio de la siguiente ecuación, la cual se puede ajustar utilizando regresión lineal:

$$S_T = a + bF_{t,T} + u_t \quad \text{Ecuación 33}$$

Donde:

S_T = precio de contado al momento del vencimiento del contrato de futuro

a = constante de la curva de regresión

b = pendiente de la curva de regresión

$F_{t,T}$ = precio futuro de la mercancía para el momento t antes del vencimiento al momento T

u_t = término de error aleatorio

Por ejemplo, si existe un contrato de futuros para aceite de palma cuyo precio de futuro observado en el mes de mayo (tiempo t) es de US\$1000/tonelada, entonces con una intersección de 100 y una pendiente de 0.8, el precio de contado estimado para el mes diciembre, mes de vencimiento del contrato, (tiempo T); será de $S_T = 100 + 0.8 (1.000) = \900 .

Fatimah Mod Arshad y Zainalabidin Mohamed (1994), ajustaron la ecuación (33) para el aceite crudo de palma aceitera, utilizando precios mensuales para el mercado de contado y el mercado de futuros reportados por la *Palm Registration and Licensing Authority* (PORLA), para el precio comprendido entre 1983 y 1992.

En la tabla siguiente se presenta los coeficientes o parámetros de regresión obtenidos por los autores anteriores para los contratos de futuros de aceite de palma con plazos de vencimientos de un mes.

Tabla 1.2 Regresiones entre los precios de futuros y de contado del aceite de palma

	B1	B2	R ²	F
Enero	-38,66	1,06	0,94	62,42
Febrero	66,6	0,91	0,96	84,65
Marzo	287,67	0,69	0,97	22,93
Abril	-111,35	1,11	0,97	58,24
Mayo	-403,32	1,53	0,93	23,55
Junio	112,78	0,88	0,89	24,85
Julio	456,17	0,41	0,55	3,71
Agosto	60,64	0,9	0,74	22,94
Setiembre	-77,09	1,12	0,9	72,28
Octubre	259,82	0,7	0,96	13,06
Noviembre	48,22	0,98	0,96	73,41
Diciembre	-36,99	1,06	0,86	8,5

Fuente: Fatimah Mod Arshad y Zainalabidin Mohamed (1994)

La función inversa de la ecuación planteada por Bigman et al (1983) y Fama (1970), permite plantear los precios de fututos en función de los precios de contado y puede representarse de la siguiente forma:

$$F_{t,T} = -a/b + 1/b S_T + u_t = \text{Ecuación 34}$$

$$F_{t,T} = c + d S_T + u_t$$

Donde:

S_T = precio de contado al momento del vencimiento del contrato de futuro

a = constante de la curva de regresión

b = pendiente de la curva de regresión

$F_{t,T}$ = precio futuro de la mercancía para el momento t antes del vencimiento al momento T

u_t = término de error aleatorio

Una vez estimado el precio de futuros, es posible determinar el precio efectivo que el inversionista recibe como el resultado de sumar al precio inicial en el mercado de contado, las ganancias o pérdidas de los mercados de contados y futuros.

De acuerdo con Hull (2002) y Chaves (2007); el precio efectivo que recibe el inversionista que posee una posición larga en el mercado de contado, se define como:

$$PE = PC_0 + (PC_o - PC_T) - (Pf_o - Pf_T) \quad \text{Ecuación 35}$$

Donde:

PE = precio efectivo o neto que recibe el inversionista

PC₀ = precio en el mercado de contado en el momento inicial

PC_T = precio en el mercado de contado al momento T de vencimiento del contrato

Pf₀ = precio de futuro en el momento inicial

Pf_T = precio de futuro en el momento del vencimiento del contrato

CAPÍTULO II: EL MERCADO MUNDIAL, EL SECTOR Y EL PROCESO DE PRODUCCION DE PALMA ACEITERA EN COSTA RICA

2.1 Caracterización de los productos de la industria de la palma aceitera

En este capítulo se analiza el mercado mundial de la palma aceitera con la finalidad de conocer la formación de precios, se ajusta una distribución de probabilidad para el precio internacional y se estudia el estado del sector en Costa Rica, así como la tecnología agrícola y agroindustrial. Este análisis servirá de fundamento para el diseño de estructuras de costos y el modelo de proyección financiera que se desarrollarán en el próximo capítulo.

2.1.1 El aceite de palma

El aceite de palma es obtenido del mesocarpio del fruto de la palma *Elaeis guineensis*, y es actualmente el segundo aceite de mayor consumo a nivel mundial y el de mayor nivel de exportaciones. Proporciona 9 kilocalorías por gramo, es fuente de vitaminas A, D y E, actúa como transporte de las mismas y también de la vitamina K .

El aceite de palma está constituido en su mayoría por una mezcla de triglicéridos, que son el producto de la reacción entre el glicerol y ácidos grasos de diferente composición. En la fracción restante se encuentran normalmente, en mayor o menor proporción, ácidos grasos libres, materiales resinosos, esteroides, vitaminas liposolubles, trazas de hidrocarburos, sustancias colorantes y trazas de minerales.

El aceite crudo de palma es una rica fuente de vitamina A en la forma de carotenoides (500-700 ppm) y en su forma refinada es fuente de ésta vitamina en muchos países. También es muy rico en vitamina E, presente en sus dos formas, tocoferoles y tocotrienoles (600-1000 ppm). Ambos, carotenoides y vitamina E actúan como agentes antioxidantes combatiendo los radicales libres dañinos a cualquier edad.

Por medio del proceso de fraccionamiento, es posible separar los componentes suaves y duros del aceite, es decir, por medio de este método de cristalización y filtrado a temperaturas controladas, se obtiene un aceite líquido llamado oleína y una parte sólida denominada estearina. Cuando la oleína (aceite crudo) se refina, blanquea y desodoriza, adquiere un mayor valor en el mercado, éste proceso es conocido como RBD (refinado, blanqueado y desodorizado).

Las propiedades físicas de la oleína difieren significativamente de las propiedades del aceite de palma que le dio origen, ya que es completamente líquida a temperatura ambiente en climas templados, tiene una composición más reducida de triglicéridos, está compuesta mayormente por ácidos grasos saturados y además se mezcla perfectamente con cualquier otro aceite.

Se encuentran principalmente dos tipos de oleína, la estándar y la super oleína que proviene de un doble fraccionamiento, por lo que tiene un punto menor de turbidez.

La estearina obtenida después del fraccionamiento del aceite de palma, es la fracción pequeña, la proporción promedio es de estearina/oleína es de 25/75, éste aceite tiene gran importancia comercial a nivel mundial.

Las características físicas de la estearina difieren significativamente de aquellas del aceite de palma y se puede obtener en un amplio rango de puntos de fusión y valores de yodo, lo que permite a los procesadores de aceite comercializar estearina suave, media y dura especificada por sus puntos de fusión y valores de yodo.

La estearina de palma es una fuente de grasa sólida, muy solicitada, es utilizada principalmente como componente en la formulación de mantecas para la panificación y margarinas; a su vez es un buen sustituto de grasas animales, ya sea para consumo humano, grasas de sobrepeso, materia prima para oleoquímicos, o como reemplazo parcial directo del sebo animal en la elaboración de jabones.

2.1.2 El aceite de palmiste o aceite de coquito

El aceite de palmiste se obtiene de la almendra de la semilla del fruto de la palma (*palm kernel oil*), su composición química es completamente diferente a aquella del aceite de palma y tiene ciertas similitudes con el aceite de coco, en cuanto a características y composición de allí que se conozca comúnmente como “aceite de coquito”.

En su estado crudo es ligeramente amarillo, pero una vez refinado es completamente claro, lo que le permite ser usado en muchas aplicaciones tanto comestibles como no comestibles.

Por su parte, el residuo sólido de la extracción del aceite de coquito es lo que se denomina harina de palmiste o coquito y tiene un valor importante para la industria de alimentación animal.

El aceite de palmiste es semisólido a temperatura ambiente promedio de 25 °C. A bajas temperaturas su contenido de sólidos grasos es alto pero disminuye rápidamente al acercarse a los 30°C. Esta curva de fusión muy pronunciada permite que este aceite sea muy utilizado en aplicaciones para la confitería.

El aceite de palmiste, al igual que el aceite de palma, es susceptible de ser fraccionado, en donde la parte líquida, es la oleína de palmiste, con un valor de yodo que se encuentra entre los 20 a los 25 meq, mientras que la parte sólida corresponde a la estearina de palmiste, la cual posee un valor de yodo que se encuentra entre las 5 y las 8 unidades.

2.2 El mercado mundial de la palma aceitera

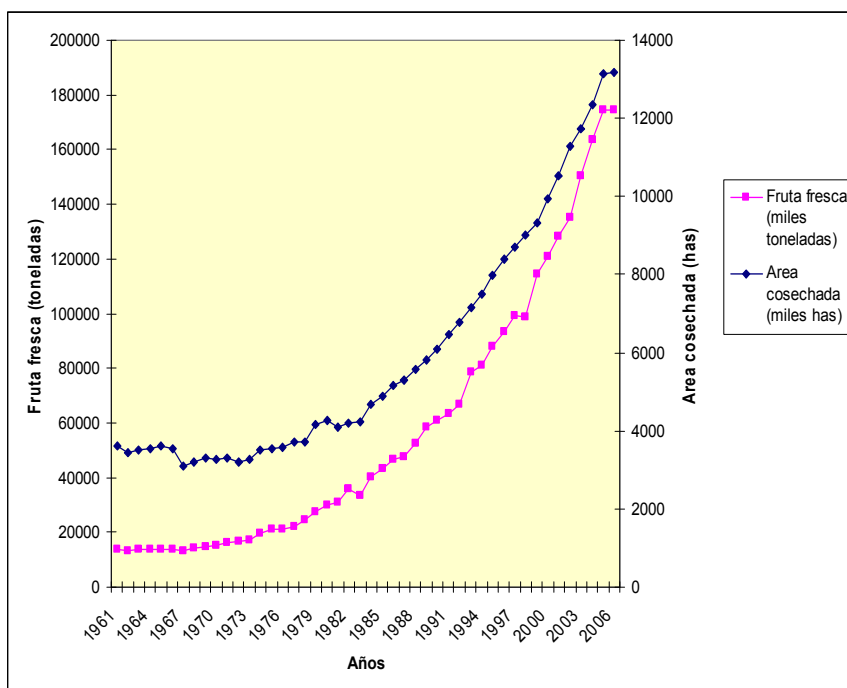
El análisis del mercado mundial de la palma aceitera permite visualizar cuales son los factores que más influyen en la formación de los precios internacionales, lo cual es de utilidad para medir el riesgo relacionado con su volatilidad, de tal manera que se pueda proponer una cobertura.

2.2.1 Producción y productividad mundial

El área cosechada de palma aceitera ha venido aumentando a un ritmo exponencial desde el año 1961, con una tasa promedio de crecimiento anual del 3% para llegar a un nivel de 13.185.161 hectáreas al año 2006. La producción mundial de fruta fresca, por su parte, presenta un crecimiento anual promedio de 5.86% para el periodo 1961-2006 para llegar a un nivel de 174.270.255 de toneladas métricas de fruta fresca para el año 2006.

Tanto el área como la producción de fruta fresca de palma, presentan un crecimiento que se aceleró a partir de mediados de la década de los años 80, motivado principalmente por el gran desarrollo de la industria oleoquímica y posteriormente por la industria del biodiesel, en la década de los 90. Ambos hechos incentivaron la demanda mundial y por tanto, la producción.

Figura 2.1 Producción mundial de palma

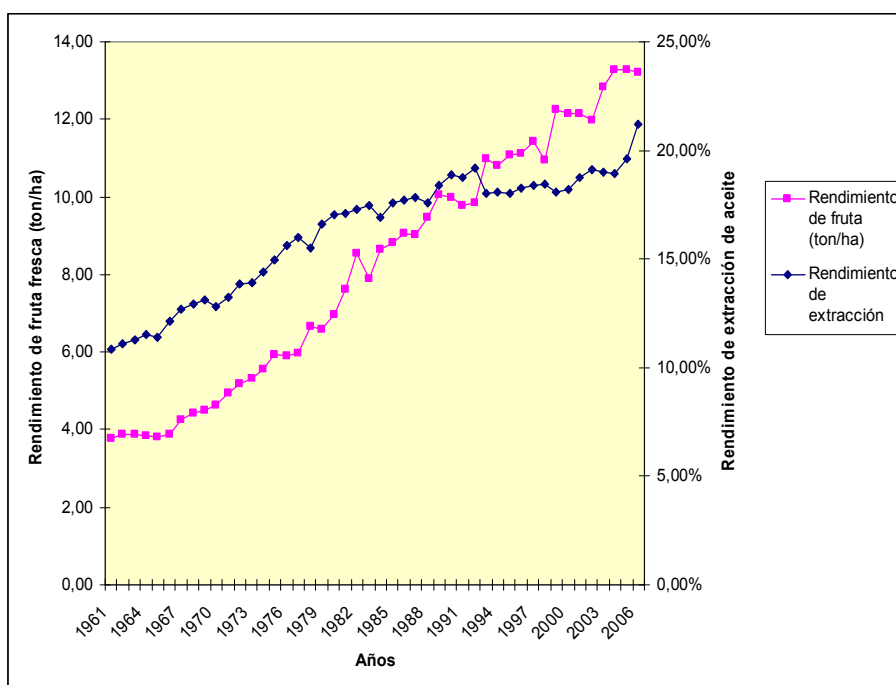


Fuente: www.faostat.org

El rendimiento o productividad de fruta puede ser estimado con tan solo dividir la producción de fruta fresca entre el área cosechada.

Para el periodo analizado (1961-2006), éste indicador de productividad agrícola ha venido aumentando en promedio 0.05% anual y para el año 2006, éste rendimiento fue de 13.21 toneladas de fruta fresca por hectárea, el cual es el valor promedio mundial actual considerando las diferentes edades de las plantaciones y su distribución entre de los países productores en el mundo.

Figura 2.2 Productividad mundial de palma



Fuente: www.faostat.org

Como indicador global de productividad industrial se puede citar el rendimiento de extracción de aceite, el cual se define como la cantidad de aceite obtenido por tonelada de fruta fresca procesada.

Para el periodo 1961-2006, la tasa promedio de crecimiento anual observada es del 2.92% para llegar a un nivel de 21.19% en el año 2006.

Con respecto a la distribución de la producción mundial de palma, es importante indicar que los principales productores son Malasia e Indonesia, los cuales aportaron juntos para el año 2006, un 80.28% de la producción mundial de fruta fresca, con un 43.41% y 36.87% cada uno respectivamente. De la misma forma, estos países son líderes en la producción de aceite de palma con un 42.99% y un 43.05% respectivamente, sumando un total de 86.04% de la producción mundial de aceite.

Tabla 2.1 Distribución de la producción mundial de fruta fresca y aceite de palma

Distribución de la producción de fruta fresca de palma					Distribución de la producción de aceite de palma				
País	2003	2004	2005	2006	País	2003	2004	2005	2006
Malasia	44,36%	42,64%	43,33%	43,41%	Indonesia	36,79%	38,92%	41,04%	43,05%
Indonesia	34,95%	36,87%	36,80%	36,87%	Malasia	46,66%	45,03%	43,65%	42,99%
Nigeria	5,73%	5,31%	5,16%	4,76%	Nigeria	3,57%	3,52%	3,41%	3,48%
Tailandia	3,26%	3,16%	2,87%	3,74%	Colombia	1,84%	2,03%	1,96%	1,92%
Colombia	1,71%	1,90%	1,87%	1,88%	Tailandia	2,24%	2,15%	2,00%	1,85%
Ghana	1,01%	1,19%	1,16%	1,20%	Costa de Marfil	1,12%	0,64%	0,93%	0,89%
Ecuador	1,01%	1,13%	1,11%	1,11%	Ecuador	0,77%	0,84%	0,85%	0,79%
Costa de Marfil	0,86%	0,95%	1,08%	1,08%	China	0,78%	0,72%	0,66%	0,62%
Camerún	0,83%	0,74%	0,70%	0,75%	República Democrática del Congo	0,61%	0,56%	0,51%	0,47%
Honduras	0,70%	0,69%	0,71%	0,71%	Honduras	0,55%	0,55%	0,51%	0,47%
República Democrática del Congo	0,71%	0,66%	0,63%	0,63%	Brasil	0,45%	0,46%	0,47%	0,46%
Guinea	0,55%	0,53%	0,51%	0,51%	Costa Rica	0,46%	0,49%	0,46%	0,44%
Costa Rica	0,39%	0,41%	0,45%	0,45%	Camerún	0,57%	0,55%	0,45%	0,43%
China	0,45%	0,41%	0,40%	0,37%	Ghana	0,38%	0,37%	0,34%	0,33%
Guatemala	0,38%	0,35%	0,34%	0,34%	Guatemala	0,30%	0,28%	0,27%	0,25%
Brasil	0,34%	0,34%	0,33%	0,33%	Venezuela	0,14%	0,20%	0,18%	0,18%
Filipinas	0,14%	0,22%	0,20%	0,21%	Filipinas	0,21%	0,19%	0,18%	0,16%
México	0,14%	0,15%	0,13%	0,18%	Angola	0,17%	0,16%	0,15%	0,15%
Venezuela	0,18%	0,20%	0,17%	0,17%	Guinea	0,17%	0,16%	0,15%	0,14%
Angola	0,19%	0,17%	0,17%	0,17%	México	0,14%	0,13%	0,12%	0,14%
Benin	0,16%	0,15%	0,15%	0,14%	Benin	0,11%	0,11%	0,11%	0,10%
Peru	0,12%	0,13%	0,11%	0,11%	Sierra Leona	0,13%	0,13%	0,11%	0,10%
Liberia	0,12%	0,11%	0,10%	0,11%	Islas Salomon	0,12%	0,11%	0,10%	0,10%
Sierra Leona	0,13%	0,11%	0,10%	0,10%	Liberia	0,15%	0,14%	0,00%	0,09%
Otros	1,58%	1,48%	1,43%	0,68%	Otros	1,58%	1,55%	1,39%	0,38%

Fuente: www.faostat.org

El segundo grupo de países productores en importancia son Nigeria, Tailandia y Colombia, todos con participaciones mayores al 1,5% para el año 2006, tanto en fruta fresca como en aceite crudo de palma.

Por su parte, Costa Rica ocupa el lugar número 13 en importancia con solamente un 0.45% de la participación mundial en lo que respecta a fruta fresca y una posición número 12 con un 0.44% en lo referente a producción de aceite crudo de palma.

2.2.2 Demanda mundial

La situación actual de precios altos del aceite de palma a nivel internacional, se debe entre otras razones, a un fuerte crecimiento de la demanda para la producción de biodiesel, principalmente en Europa.

El producto resultante de la transesterificación (separación) de las grasas neutras con ayuda de alcohol metílico (metilesterificación), luego de refinación, es conocido como biodiesel el cual surge como combustible alternativo a los derivados del petróleo o combustibles fósiles, pero más allá constituye un pilar fundamental de los programas mundiales para la descontaminación del medio ambiente por medio de la disminución de las emisiones de dióxido de carbono establecidas en el Protocolo de Kyoto.

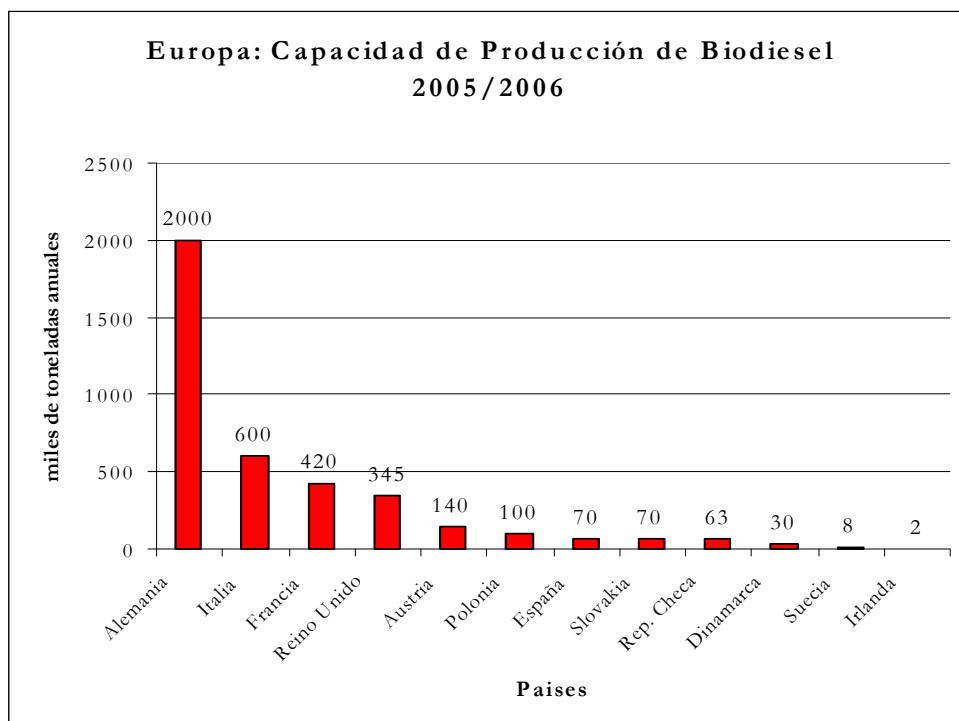
Dicho Protocolo tiene como objetivo que, entre el 2008 y el 2012, se reduzca un 5.2% las emisiones de CO₂ con respecto a las del año 1990, lo cual ha obligado, principalmente a los países industrializados, a realizar fuertes ajustes para lograr éstas metas, por ejemplo la utilización de combustibles alternativos, como el biodiesel, el cual presenta las siguientes ventajas:

- Reduce las emisiones de CO₂ entre el 45 y 70% en relación con la gasolina
- No contiene azufre
- Es biodegradable y de origen 100% vegetal
- Es el sustituto ideal al diesel de petróleo, pues no contamina y es renovable
- Su almacenamiento y transporte son más seguros que los del petróleo
- Se puede utilizar en los vehículos sin necesidad de que se modifiquen los motores

Actualmente en Europa, Alemania es el país con mayor capacidad de producción de biodiesel con una capacidad promedio de 2.000.000 de toneladas anuales, seguida por Italia con 600.000 toneladas y Francia con 420.000 de toneladas.

Por su parte, Estados Unidos de América posee una capacidad actual de 350 millones de galones anuales, equivalente a 1.312.000 de toneladas anuales y se espera que para el 2008 se duplique (*Emerging Markets Online*, 2006).

Figura 2.2 Capacidad de producción de biodiesel en Europa

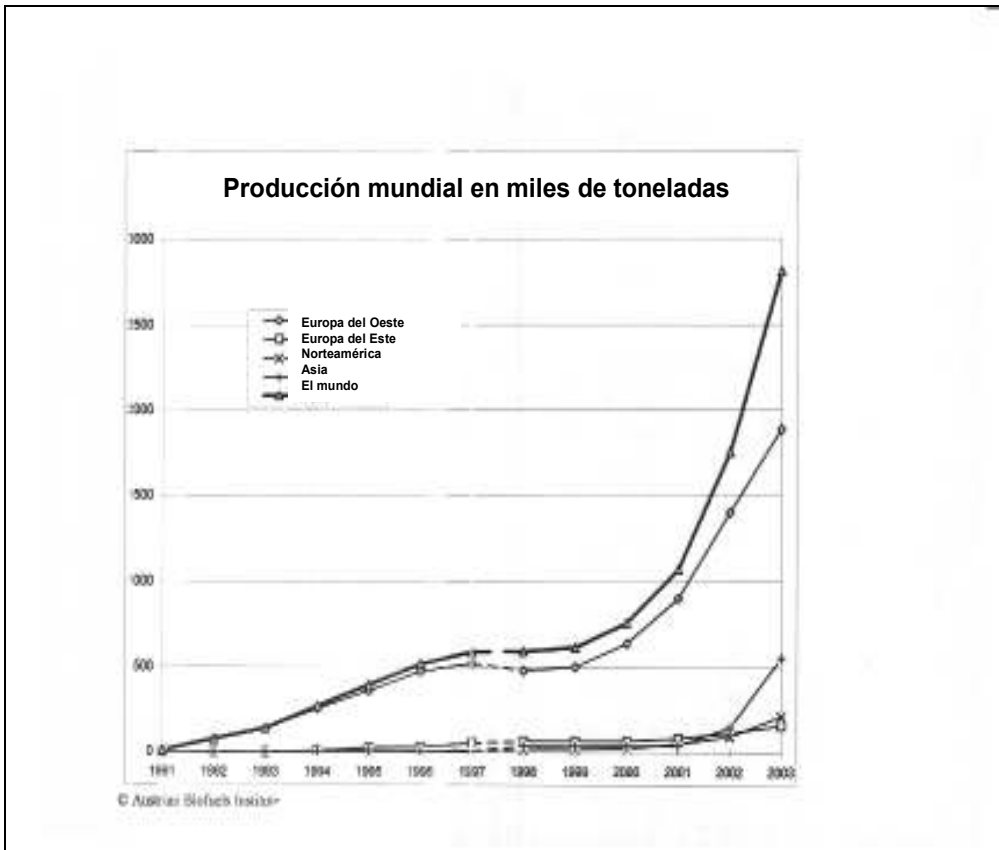


Fuente: *Austrian Biofuels Institute*

El mercado global de biodiesel está expuesto a un crecimiento explosivo para los próximos 10 años. A pesar que Europa representa el 90% del consumo y producción de biodiesel en el mundo, la producción de Estados Unidos de América se ha desarrollado a una tasa de crecimiento mayor que la europea y se espera además que Brasil sobrepase a los Estados Unidos América y Europa para el año 2015.

Se espera que el biodiesel represente más del 20% de sustitución del diesel utilizado por Brasil, Europa, China y la India para el año 2020 (*Emerging Markets Online*, 2006).

Figura 2.4 Producción mundial de biodiesel en miles de toneladas



Fuente: *Austrian Biofuels Institute*

En los Estados Unidos de América, el mercado de biodiesel ha crecido drásticamente, pasando de 25 millones de galones por año en el año 2004 a 78 millones de galones en el 2005.

En Europa el biodiesel representa el 2% del consumo total de transportes y se espera que crezca a un 6% para el año 2010, mientras que, China, Brasil y la India tienen objetivos de reemplazar de un 5% a un 20% del total de diesel con biodiesel.

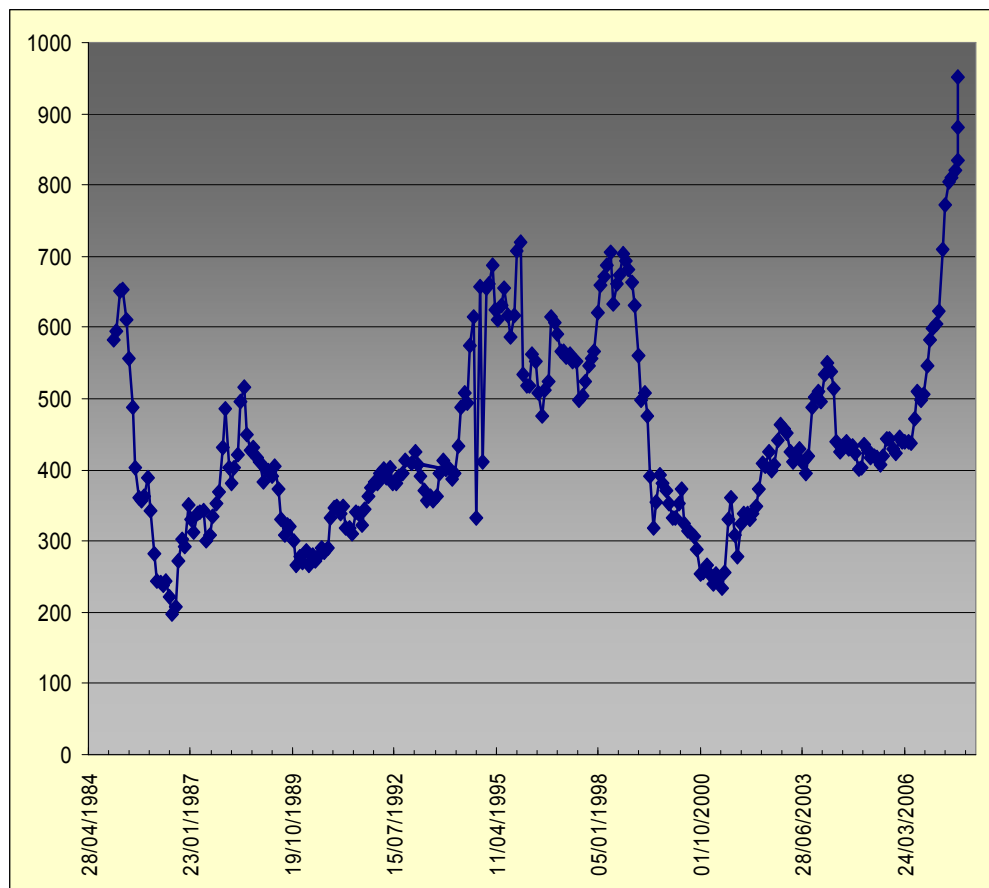
El precio del biodiesel depende en gran parte de cómo fluctúe el precio de las materias primas y el producto sustituto directo que es el diesel. Actualmente el precio de diesel está tendiendo al alza, lo cual favorece la competitividad del biodiesel.

2.2.3 Precios internacionales del aceite de palma

El aceite de palma se encuentra actualmente en una coyuntura de precios alcista, dada por una serie de factores a nivel mundial, como el incremento de la demanda para biodiesel y el mayor conocimiento del mercado sobre las bondades del consumo de aceite de palma.

Analizando la serie histórica de precios mensuales promedio del aceite de palma CIF Róterdam de 1985-2007, se observa como se han presentado ciclos de precios altos alternados con ciclos de precios bajos, actualmente se encuentra en un ciclo de precios altos, alcanzando precios como nunca antes se había registrado el mercado internacional.

Figura 2.5 Precio internacional del aceite de palma (\$/TM) CIF Róterdam



Fuente: www.faostat.com

La mayoría de los investigadores coinciden en que el periodo actual de crecimiento sostenido de los precios comenzó a mediados del año 2006, cuando la demanda mundial de biodiesel creció a niveles que impactaron al mercado.

El futuro comportamiento de los precios de la palma dependerá de cómo los productos competidores directos de la palma puedan aprovechar, el auge del crecimiento de la demanda para biocombustibles, tal como es el caso de la soya, el tempate, y otros cultivos oleaginosos.

Dado a que el mercado actual pasa por una coyuntura de precios alcistas, no se posible asumir que la tendencia va a permanecer porque bien puede ser que el comportamiento de los productos sustitutos del aceite de palma tenga un papel dinámico en el futuro, el cual afecte la oferta mundial y haga caer los precios y regresar a la volatilidad que los ha caracterizado históricamente.

Debido a lo anterior, se procedió a realizar un estudio de serie histórica de precios mensuales de aceite crudo disponible desde 1985 hasta 2007 y con base en ella se estimó una distribución de probabilidad, la cual fue muy similar a la distribución normal.

Los resultados indican que el precio promedio o valor esperado para el precio de la palma es de \$443.51/ton CIF Róterdam, con un mínimo de \$197/ton y un máximo de \$985/ton, con una mayor probabilidad de ocurrencia entre los \$400 y \$500/ton.

2.3 El sector de palma aceitera en Costa Rica

En esta sección se analiza el estado actual del sector de palma aceitera en Costa Rica, con la finalidad de conocer sus características principales.

2.3.1 Antecedentes históricos

La planta *Elaeis guineensis* es originaria de África Occidental y ha sido utilizada para la obtención del aceite desde hace 5 milenios, especialmente en la Guinea Occidental.

Se extendió a otras regiones cuando se comercializaba a esclavos africanos ya que éstos tenían la costumbre arraigada de unirse en el aceite de ésta planta, además que era una de sus principales fuentes de alimento.

La palma aceitera fue introducida a Centroamérica por compañías fruteras multinacionales; la *United Fruit Company*, en 1926 introdujo la especie a Panamá, y la *Standard Fruit Company* a Costa Rica en 1944, las plantas provenían Asia (Malasia e Indonesia) y África (Sierra Leona).

La explotación comercial de palma aceitera ha tomado un auge considerable en Costa Rica particularmente durante la última década. En la actualidad, el área sembrada es de más de 50.000 hectáreas, distribuidas en las regiones del Pacífico Central, Zona Sur y Zona Atlántica del país.

La importancia social del cultivo se ha incrementado notablemente, al involucrarse en esta actividad, una gran cantidad de pequeños y medianos productores, así como cooperativas.

2.3.2 Desempeño del sector

En el cuadro siguiente, se muestra como México ha representado tradicionalmente el mayor mercado para las exportaciones costarricenses de aceite de palma, seguido por Nicaragua y Panamá. Sin embargo, a partir del año 2005 las exportaciones a Nicaragua cayeron fuertemente debido, en parte a que Nicaragua ha venido incrementando su producción de palma y ganando posiciones en mercados de exportación como el mismo mercado mexicano, de manera que se ha ido consolidando como un competidor importante para Costa Rica.

Tabla 2.2 Costa Rica: Exportaciones de aceite crudo de palma en TM (1997-2005)

País	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
El Salvador	111.624	0	0	29.450	24.420	388.500	2.266.700	870.615	0
Guatemala	0	12.675	0	0	0	253.239	0	0	0
Honduras	0	0	0	540.000	0	0	790.132	1.152.380	258.745
México	45.197.171	39.101.717	72.143.958	75.478.442	49.885.426	57.385.689	65.183.893	76.453.888	115.392.995
Nicaragua	7.045.524	2.035.709	6.510.030	9.612.408	7.258.875	2.096.006	2.425.490	2.902.290	653.870
Panamá	386.000	969.495	1.310.000	320.000	960.849	444.848	225.000	1.487.255	1.080.855
Puerto Rico	0	0	0	0	163.510	0	0	0	0
Venezuela	0	0	0	0	0	0	2.998.500	0	0
TOTAL	52.740.319	42.119.596	79.963.988	85.980.300	58.293.080	60.568.282	73.889.715	82.866.428	117.336.465

Fuente: PROCOMER

Según las estadísticas de importación de México con corte a junio de 2007, Costa Rica es el líder del mercado y posee un 32.48% del mercado mexicano, un tanto menos que el 32.82% reportado para el cierre del año 2006.

Los principales competidores en ese mercado son Honduras, Guatemala, Ecuador y Colombia cuya participación si ha mostrado una redistribución interesante del 2006 a lo que va del 2007, puesto que Guatemala aparenta ganar el mercado que Honduras dejó perder y muestra un crecimiento agresivo.

Ecuador por su parte ha incrementado fuertemente su participación en el mercado mexicano pasando de 1 6.84% al 17.87% del 2006 al 2007 y Nicaragua, a pesar de una pequeña participación, es el país que más crecimiento tuvo en ganancia de mercado pasando del 0.31% al 1.44% para ese mismo periodo.

El mercado panameño se ha mantenido estable para el período analizado con ciertos indicadores de comportamiento cíclico, mientras que Venezuela solo presentó una demanda ocasional par el año 2003, al igual que Guatemala. El Salvador se perfila como un buen mercado por consolidar.

Tabla 2.3 México: Distribución del mercado de aceite de palma importado

País	2006	2007
Costa Rica	32,82%	32,48%
Honduras	27,90%	24,48%
Guatemala	21,78%	23,72%
Ecuador	7,12%	17,87%
Colombia	6,84%	0,00%
Brasil	2,95%	0,00%
Nicaragua	0,31%	1,44%
Indonesia	0,28%	0,00%
Estados Unidos de America	0,00%	0,01%
Total	100,00%	100,00%

Fuente: Estadísticas de Comercio Exterior, Gobierno de la República de México proporcionadas por PROCOMER

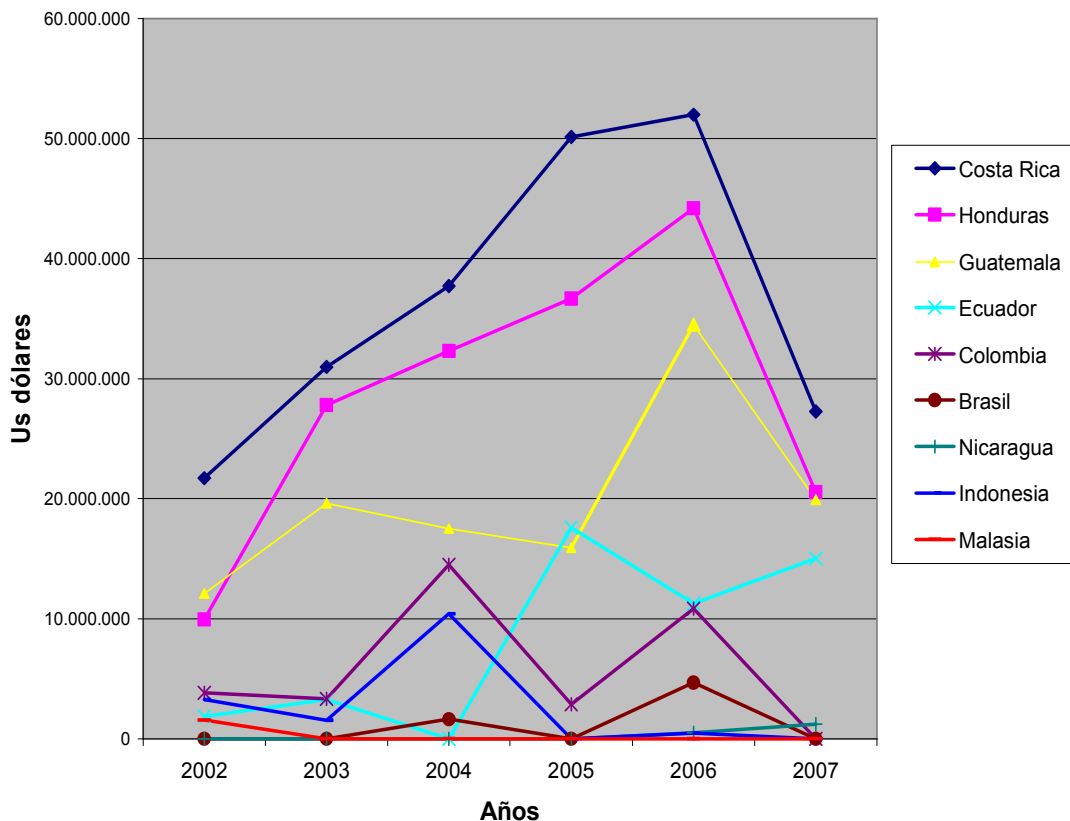
Tabla 2.4 México: Importaciones de aceite de palma en US dólares

País	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Costa Rica	21.697.790	30.989.324	37.711.728,00	50.137.155,00	51.997.349,00	27.263.585,00
Honduras	9.935.599	27.793.613	32.296.420,00	36.661.984,00	44.206.262,00	20.553.091,00
Guatemala	12.107.768	19.622.719	17.506.816,00	15.906.791,00	34.503.496,00	19.910.945,00
Ecuador	1.864.267	3.277.874	0,00	17.581.016,00	11.275.303,00	15.005.115,00
Colombia	3.825.609	3.315.601	14.487.679,00	2.886.664,00	10.831.660,00	0,00
Brasil	0	0	1.635.702,00	0,00	4.674.158,00	0,00
Nicaragua	0	0	0,00	0,00	497.374,00	1.211.394,00
Indonesia	3.266.501	1.542.522	10.409.862,00	0,00	449.953,00	0,00
Malasia	1.559.877	0	0,00	0,00	344,00	0,00
Francia	0	0	0,00	2.559,00	0,00	0,00
Estados Unidos de América	0	0	0,00	0,00	0,00	4.486,00
	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTALES	54.257.411	86.541.653	114.048.207	123.176.169	158.435.899	83.948.616

Fuente: Estadísticas de Comercio Exterior, República de México, proporcionadas por PROCOMER

En Costa Rica el mercado para aceites, grasas vegetales y otros derivados de palma aceitera se estima en 48.500 TM anuales que representan cerca del 75% del consumo de grasas y aceites totales a nivel nacional.

Esto representa un mercado relativamente reducido, por lo que es de gran importancia el orientar la producción de aceite de palma y sus derivados de acuerdo con la demanda mundial.

Figura 2.6 México: Tendencia de las importaciones de aceite de palma

Fuente: PROCOMER

2.3.3 Producción y productividad nacional

Para el año 2006, la palma de aceite en Costa Rica ocupó un área aproximada de 52.625 hectáreas, ligeramente mayor que las 50.125 hectáreas reportadas en el 2005; el valor agregado de la producción es cercano al 85%, ya que es poco el insumo importado que se necesita en los procesos de producción (Alfaro, 2005).

Se espera que el área cultivada de palma aceitera aumente fuertemente a partir del 2007 gracias al repunte en el precio internacional del aceite, el cual oscila actualmente alrededor de los \$900/TM CIF Róterdam con expectativas de superar los \$1.000/TM CIF Róterdam.

Tabla 2.5 Distribución de las áreas de siembra de palma aceitera al 2005

Región	Area (hectáreas)	% Area	Productividad (TM/ha)
Parrita - Quepos	15.450	30.80	18-23
Palmar - Río Claro - Puerto Jiménez	8.350	16.65	13-18
Coto - Laurel	25.100	50.05	22-25
Matina - Siquirres - Guápiles	1.225	2.5	Apenas inician las cosechas
Total	50.125	100	20.65

Fuente: CNP

La palma se ha desarrollado en la franja Pacífica, algunos ejes de desarrollo son: Parrita - Quepos, Palmar - Río Claro - Puerto Jiménez, Coto - Laurel, y recientemente se han desarrollado plantaciones en la zona Atlántica en donde se está generando un eje Matina - Guápiles - Siquirres.

La región del Caribe tiene más de siete años en el negocio de la palma, en el 2001 allí se establecieron 888 hectáreas de cultivo y para el 2007, el total se estima en 2.400 hectáreas. La meta es alcanzar las 5.000 hectáreas al 2009 según Walter Chavarría, gerente de la Asociación de Palmeros del Atlántico (Asopalma). Esta asociación nació por medio de un plan maestro realizado por la Universidad de Costa Rica para desarrollar nuevas opciones de producción en la zona.

Asopalma firmó un convenio a principios del 2007 con la empresa Palmatica para instalar en el 2009 una planta extractora de fruta, que tendrá capacidad para procesar unas 10 toneladas de fruta por hora y que podrá alcanzar las 30 toneladas por hora.

El 40% de los ingresos que genere la comercialización de la fruta será para Asopalma y el 60% de Palmatica, empresa que proveerá la infraestructura.

Asopalma, además, otorga créditos blandos a pequeños y medianos productores de la zona expresó Saúl Calderón, director regional del CNP en el Atlántico.

Tabla 2.6 Producción de fruta fresca y aceite de palma en Costa Rica

Año	Area Has	Fruta fresca		Aceite		
		Producción TM	Productividad TM /ha	Producción TM	Productividad TM/ha	Extracción %
1990	23.183	332.600	14,35	73.178	3,16	22,00%
1991	23.891	359.389	15,04	76.298	3,19	21,23%
1992	24.600	356.890	14,51	75.155	3,06	21,06%
1993	26.600	364.000	13,68	84.858	3,19	23,31%
1994	26.652	474.598	17,81	89.457	3,36	18,85%
1995	28.190	490.000	17,38	93.217	3,31	19,02%
1996	27.239	422.000	15,49	96.789	3,55	22,94%
1997	26.586	489.000	18,39	101.000	3,80	20,65%
1998	26.455	444.000	16,78	108.586	4,10	24,46%
1999	37.503	492.000	13,12	108.972	2,91	22,15%
2000	39.790	609.117	15,31	137.051	3,44	22,50%
2001	39.790	666.084	16,74	149.868	3,77	22,50%
2002	42.480	571.200	13,45	128.400	3,02	22,48%
2003	43.200	581.000	13,45	131.460	3,04	22,63%
2004	46.600	670.000	14,38	150.750	3,23	22,50%
2005	50.125	780.000	15,56	157.500	3,14	20,19%
2006	52.625	780.000	14,82	164.250	3,12	21,06%

Fuente: Consejo Nacional de Producción, Departamento Inteligencia de Mercados

Según los datos la tabla anterior, la productividad para Costa Rica se ubica para el año 2006 en 14.82 TM/ha para fruta fresca, 3.12 TM/ha para aceite y un rendimiento de extracción de aceite del 21.06%.

Tabla 2.7 Plantas extractoras de aceite de palma en Costa Rica

Localización	Propietario	Capacidad de proceso (TM fruta fresca/hora)
Naranjo	Palma Tica	30
Palo Seco	Palma Tica	32
Coto	Palma Tica	75
Laurel	Coopeagropal	45
Guaria	CIPA-Coopeagropal	15
Total		197

Fuente: Consejo Nacional de Producción (CNP)

El sector industrial de palma lo constituyen las plantas extractoras, refinadoras, oleoquímicas y todas las que utilizan subproductos para agregarle un peldaño más de la agrocadena.

La convertibilidad promedio de extracción de aceite de la fruta de palma en planta extractora, está en un rango de 22 a 23 %, siendo su potencial de extracción en laboratorio alrededor de un 28 %, sin embargo, Costa Rica se mantiene en un promedio de 21.06%.

La semilla representa el 6% en peso del racimo de fruta, de este porcentaje 2% es cáscara, y 4% es almendra a la que se le extrae un 40% en aceite de su peso, 50% se convierte en harina de coquito y el restante 10% se pierde como vapor de agua en las calderas (Alfaro, 2005)

La tasa de extracción de aceite y la tasa de extracción de almendras, son índices de uso común para medir la eficiencia de una operación de palma aceitera. Estos parámetros son útiles como indicadores de costos de operación; sin embargo, ellos no muestran el nivel de productividad real de la plantación, pues no miden ni la eficiencia de la cosecha, ni otros factores ambientales que impiden lograr rendimientos óptimos.

2.3.4 Tecnología de producción agrícola

En esta sección se describe los antecedentes fundamentales para el diseño de la estructura de costos de producción agrícola que se utilizará en el modelo de proyección a desarrollar en el capítulo III.

2.3.4.1 Generalidades del cultivo

La palma aceitera pertenece a la familia botánica palmacea, tribu coconeae. Jacquin, la describió en el año de 1763 y le dio el nombre de *Elaes guineensis*. Según León (1987), este género incluye tres especies que son *E. guineensis* proveniente de Africa Occidental, *E.*

oleifera que se extiende de Centroamérica a Brasil, y *E. odora*, una especie poco conocida de América del Sur.

La génesis del nombre parte de lo siguiente: por producir aceite, del griego *Eleia* = Olivo, y por proceder de Guinea *guineensis*.

Las principales características de éste género es que son monoicas de troncos solitarios, poseen hojas pinnadas con peciolo ligeramente espinoso, foliolos insertados irregularmente dando un aspecto plumoso, las flores masculinas tienen 6 estambres y el fruto es ovoide.

Los frutos se agrupan en una fruticencia, estos forman una drupa, están cubiertos con un tejido ceroso llamado exocarpo, una pulpa denominada mesocarpo y una estructura dura y redonda, en cuyo interior se aloja una almendra, denominada endocarpo, que es la que protege el embrión.

Los frutos que produce *E. guineensis* son normales, aunque a veces produce frutos blancos caracterizados por no contener ni aceite, ni almendra, también se producen con poca frecuencia algunos sin almendra denominados frutos partenocárpico, pero son más comunes en *E. oleifera* o en el híbrido *oleifera x guineensi* (*Elaeis*). Este género de palmas comprende tres especies de palma aceitera: la palma africana (*Elaeis guineensis*); el Nolí o palma americana nolí (*Elaeis oleifera*) y el Corozo colorado (*Elaeis odora*).

La cantidad de aceite producido por una palma aceitera depende de dos factores: composición de racimo y calidad del fruto. La calidad del fruto a la vez, está determinada por una serie de características que cambian con la variedad que se cultive.

La especie posee tres variedades que son: dura, ténera y psífera, de las cuales la ténera es la que se explota comercialmente para la extracción de aceite y es un cruce resultante de las otras dos.

La producción de semilla de palma aceitera a nivel local ha sido basada en el cruce Deli x AVROS por casi dos décadas. El alto rendimiento y la precocidad de este material ha sido también la base de la industria de palma aceitera en Asia por un período aún más largo. La debilidad del material AVROS es su excesivo crecimiento vegetativo, desde el punto de vista de longitud de la hoja y altura de tronco.

El término compacto, utilizado para referirse a materiales de reciente desarrollo, se refiere al tipo de crecimiento de palma caracterizado por troncos cortos y hojas cortas, que proviene de un suceso único de un retrocruce de un híbrido específico *E. oleifera* x *E. guineensis*.

El principal objetivo de usar clones es la intensificación del cultivo de la palma aceitera, ya que una hectárea sembrada con clones comerciales puede rendir igual que tres o más hectáreas sembradas con plantas de semilla.

Debido a la gran variación en la producción individual observada en palmas provenientes de semilla, aún en las plantaciones comerciales más exitosas rara vez se logran rendimientos superiores a 7 toneladas de aceite/ha/año.

Por esta razón, la propagación clonal de los individuos más productivos (*ortets*) es una opción promisoriosa para el aumento significativo en la producción de la palma aceitera. Con base en esto, en 1982 se comenzó con las investigaciones en el cultivo de tejidos de palma aceitera y en el año 2002 inició la producción de clones en escala comercial.

2.3.4.2 Ecología del cultivo

León (2007) indica que la palma requiere de alta humedad, entre 1.500 y 2.500 mm al año, sin embargo, el mejor desempeño de la palma aceitera se ha observado en zonas con una precipitación anual mayor y que se ubica entre 2500 y 3500 mm bien distribuida. De esta forma, la humedad relativa mínima para el desarrollo del cultivo es del 75%.

La temperatura media necesaria está en el ámbito entre 24 y 27 °C, con una máxima de 29 a 33 °C y una temperatura mínima de 18 °C. La luminosidad es de gran importancia, requiriendo al menos 5 horas diarias de sol durante todos los meses de año (Uexkull y Fairhurst, s.f; Hartley, 1988).

Es una planta propia de la región tropical calurosa (selva húmeda tropical cálida), por lo que crece a altitudes por debajo de los 500 metros sobre el nivel del mar.

Los suelos óptimos para el cultivo de la palma aceitera, deben ser fértiles y bien drenados, pues la expansión del sistema radical no es muy amplia.

La mayor parte de las plantaciones de palma aceitera en el sur del país están sembradas en suelos clasificados dentro de los órdenes Entisoles, Inceptisoles y Alfisoles.

Los contenidos de calcio son generalmente altos, lo cual crea problemas con los bajos contenidos de potasio y/o magnesio. Otros elementos como el azufre, el zinc y el boro presentan problemas de disponibilidad en estos suelos (Durán et al, 1999).

En esta zona también existen suelos de origen volcánico (Antisoles) con una alta capacidad de fijación de fósforo, y bajos contenidos de potasio y otros nutrientes. Siendo la fertilidad actual baja.

En el área del Pacífico Central del país, los órdenes del suelos predominantes son también los Entisoles, Inceptisoles y Alfisoles. Muchos de estos suelos tienen altos contenidos de calcio y magnesio y muy bajos contenidos de potasio.

Los contenidos de azufre, boro, zinc y aún cobre, son con frecuencia bajos o muy bajos.

2.3.4.3 Establecimiento del cultivo

La palma aceitera se reproduce por semilla sexual y se propaga por medio de viveros, los cuales pueden establecerse como previvero a vivero principal o bien solo como vivero principal.

Las plántulas en etapa de vivero planeado para una duración de 12 meses, deben colocarse a una distancia de 0.90 m entre ellas en forma de triángulo y si se desea que permanezcan por más tiempo, se debe aumentar esta distancia a 1.20 m.

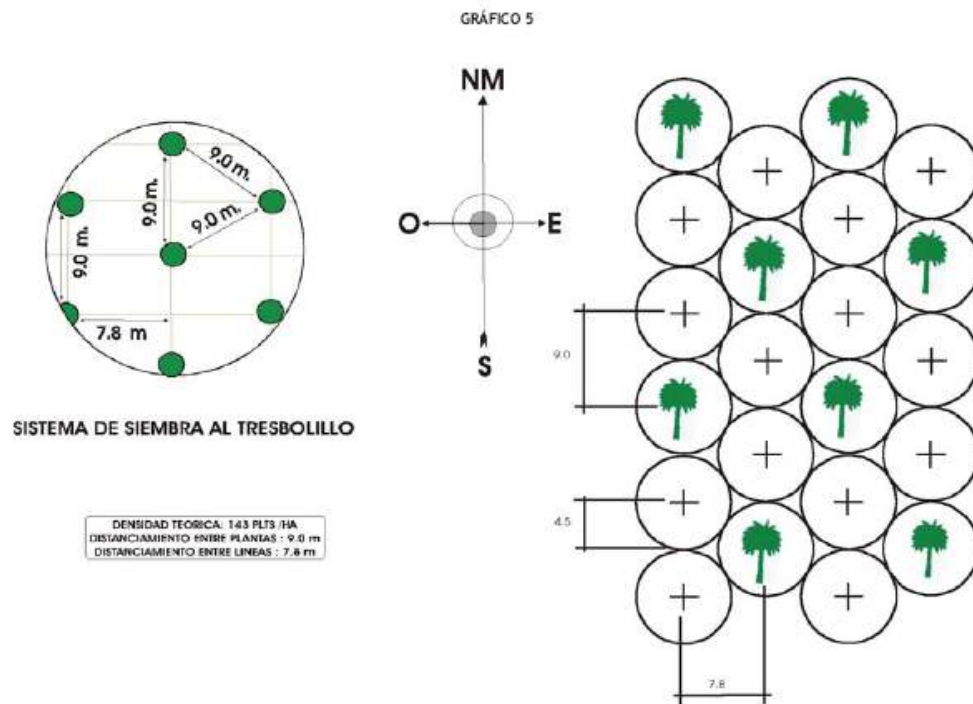
Los distanciamientos de siembra más usados son de 9 x 9 m. entre plantas, al tresbolillo, lo que da una densidad de 143 plantas por hectárea. (Rasgada, 2005, Ortiz y Fernández, 1994).

Después de una selección rigurosa al final de la etapa de vivero, las plantas se siembran en el campo siguiendo un patrón de “tres bolillos”, en donde cada una ocupa la esquina de un triángulo equilátero de nueve metros de lado. Este sistema también es conocido con el nombre “pata de gallo”.

En plantaciones comerciales, se debe establecer un sistema de caminos que permita una buena siembra con mantenimiento adecuado y eficiente cosecha, siempre hay que tener presente que se siembra palma aceitera con la finalidad de obtener racimos los que deben ser transportados de una manera económica y rápida a la planta extractora.

Diseñar un sistema de drenaje es indispensable para obtener buenos rendimientos en una plantación; la evacuación de los excesos de agua de una precipitación debe tener lugar en menos de 48 horas; evitando así acumulaciones de agua que producen amarillamiento en las plantas afectadas. Si los suelos son arcillosos el requerimiento de drenaje es mayor que en los suelos francos (Raygada, 2005).

Figura 2.7 Sistema de siembra de palma en tres bolillo



Fuente: Raygada, 2005

El término coberturas naturales, se refiere a cualquier tipo de vegetación que emerja del suelo, pero su uso agronómico implica que debe tener ventajas al cultivo. Las coberturas leguminosas asociados con el cultivo de palma aceitera son muy importantes para la conservación y el mejoramiento químico, físico y biológico del suelo.

El tipo de planta leguminoso más usado en el país es el kudzú o *Pueraria phaseoloides*, la dosis de semilla recomendada para su siembra es de 5 kg por hectárea.

Generalmente se siembra manualmente al voleo; si el área tiene muchas malezas se limpian caminos de 1 m. de ancho y se siembra o se hacen plateos en las interlíneas donde se siembra y de allí se difunde al resto del área.

2.3.4.4 Manejo del cultivo

Según Durán et al (1999), los ámbitos de variación, de las cantidades por hectárea, de los diferentes elementos utilizados actualmente en Costa Rica para la palma aceitera son: nitrógeno (80-120 Kg), potasio (100-200 Kg), fósforo (15-40 Kg) magnesio (30-79 Kg), boro (3-6 Kg), azufre (10-30 Kg). Recientemente, se han suplido otros elementos en áreas pequeñas que muestran bajos contenidos de zinc y cobre.

Entre los elementos menores, la palma absorbe relativamente cantidades muy altas de Zn y Cu (aproximadamente 5 g/t de racimos de cada uno de estos elementos).

Una fracción de los elementos absorbidos se incorpora en los diferentes órganos de la planta durante el crecimiento. En palmas adultas, con una producción de 25 t/ha de racimos de fruta fresca, Ng (1972) reporta estimados de absorción de 192.5, 26, 251.4, 61.3 y 99.3 Kg/ha de N, K, Mg y Ca, respectivamente. Finalmente, una fracción muy importante es sacada del sistema de la cosecha, y se estima que una cosecha de 25 t/ha contiene 73.2, 11.6, 93.4, 20.8 y 17.5 Kg de N, P, K, Mg y Ca, respectivamente Durán et al, 1999).

En plantaciones se hacen tres aplicaciones al año, colocando el fertilizante en la rodaja. En palmas adultas se hacen dos aplicaciones al año, y debido a una distribución del sistema radical, en un mayor volumen del suelo, el fertilizante se aplica tanto al área de la rodaja como en los cúmulos de materia orgánica formados por las hojas que son podadas.

La fertilización adecuada de la palma durante los primeros años de crecimiento es muy importante para obtener una alta producción durante la edad adulta del cultivo. El tipo y cantidad de nutrientes necesarios dependerán de las características de suelo, clima y, en menor grado, del material genético y del manejo de la plantación.

Las enfermedades que atacan la palma aceitera joven en Costa Rica son relativamente pocas. Posiblemente, la más importante es el arqueo foliar-pudrición de flecha, la cual ocurre generalmente entre el primer y tercer año de siembra en el campo y su aparición está asociada a aspectos de susceptibilidad genética.

Existen relativamente pocas plagas que afectan el cultivo de la palma aceitera durante los primeros años de crecimiento en el campo. En Costa Rica pueden mencionarse las siguientes:

- Minador de la raíz o Sagalassa (*Sagalassa valioda*). Este insecto es un minador de las raíces que causa serios daños en los tejidos radiculares de la palma. Se ha recomendado que para identificar el grado de daño causado por este insecto, debe cavarse un hoyo de 40 x 40 x 50 cm de profundidad al lado del tronco de la palma. Este examen deber efectuarse a razón de uno cada veinte hectáreas. Si ocurre un ataque mayor al 20 por ciento de las raíces primarias, debe realizarse un muestreo más intensivo y efectuarse aplicaciones de insecticidas tales como: Furadan 10% (Carbofurán) (30 a 50 g palma-l), Thiodan 35 EC (Endosulfán) (4 a 5 ml l-1) u otro insecticida registrado.

- Daño por hormigas (*Atta cephalotes* y *Acromyrex octospinosus*). Estas hormigas pueden causar severos daños a las hojas. Es importante llevar a cabo un combate constante y oportuno destruyendo las nuevas colonias (hormigueros) lo antes posible. Normalmente, se utilizan insecticidas tales como Mirex (10 g de producto / m² del hormiguero) u otros productos selectos para el combate de hormigas, Ej: Lorsban / clorpirifos).

- Daño por roedores: el daño principal es causado por ratas (*Rattus spp.*) que afectan la base de las palmas y el fruto. El mejor método de combate consiste en la adecuada eliminación de malezas en rodajas y entrelíneas. También, se utilizan varios productos rodenticidas y se fomenta la instalación de perchas, en el campo que permiten a las aves predatoras posarse para divisar las ratas y capturarlas. En algunos países cuando el daño es muy severo, se ha utilizado mallas protectoras de cedazo, las que son colocadas alrededor del bulbo basal de las plantas.

Con respecto a las malezas, el combate de malezas en una plantación de palma aceitera requiere de un programa extenso y de alto costo. El objetivo de un programa de combate de

malezas consiste en evitar al menor costo la competencia de estas plantas con la palma por agua, luz, nutrientes y espacio, sin afectar el cultivo ni el ambiente. Además está orientado a facilitar las labores de fertilización, cosecha, recolección de fruta, poda, etc.

En una plantación de palma, los programas de combate de malezas generalmente se dividen en dos sitios principales:

- 1) círculo de 2 m de radio alrededor de la palma, conocido como rodajas y
- 2) área, con una intensidad de ciclos que depende inversamente de la edad de la plantación.

El combate de malezas en palma, se puede realizar mediante los siguientes cuatro métodos principales:

El mecánico consiste en la eliminación de malezas por medio de cortadoras accionadas por un tractor.

El manual consiste en el combate manual de malezas y el costo de la labor es más alto que el mecánico; sin embargo, con este sistema no se compacta el suelo y puede realizarse el combate localizado sin afectar la cobertura ni el suelo.

El químico consiste en el combate de malezas mediante el uso de herbicidas y ha desplazado al combate manual y mecánico, especialmente por el costo y la eficiencia de las aplicaciones.

El combate integrado es el método más utilizado en la actualidad y consiste en la combinación de la siembra de coberturas leguminosa, con la purificación química, manual o ambas de las malezas gramíneas o de hojas anchas que no han sido eliminadas por la cobertura plantada.

En el combate de malezas en rodajas, es necesario mantener la rodaja libre de malezas para lograr un mayor aprovechamiento de los fertilizantes y para facilitar las labores de cosecha y recolección de fruta. En la rodaja se ha optado por el combate químico de malezas, para evitar el daño del sistema radicular debido a que las raíces absorbentes de la palma se concentran en los primeros 50 centímetros del suelo.

Ortiz y Fernández (1994), indican que en palmas menores de 5 años de edad, el combate de malezas en rodajas se realiza con mezclas de herbicidas de contacto con un preemergente y se adiciona un coadyuvante.

La mezcla más utilizada ha sido de los herbicidas Paraquat con Diurón en dosis de 2.5 a 3.01 y de 1.9 a 2.3 kg de producto comercial por hectárea, respectivamente, y en palmas mayores de 5 años, se utilizan herbicidas sistémicos como el Glifosato mezclado con Oxifluorfen en dosis de 2.5 y 21P.C. ha/l, con ciclos de aplicación cada cuatro o seis meses de duración.

Las malezas que tradicionalmente representan el principal problema de competencia tanto para el cultivo como para las coberturas son las gramíneas, las que rápidamente colonizan toda el área eliminando la cobertura. Actualmente, con el uso de herbicidas graminicidas como el Galant 240 (haloxifop-metil) y el Fusilade (fluazifop-butil) entre otros, en dosis de 40-60 y 100 a 125 g.i.a.ha/l, respectivamente, se ha logrado una purificación eficiente de las coberturas, siempre que se mantengan los ciclos de aplicación bien definidos. La dosificación adecuada evita la creación de resistencia de algunas especies de gramíneas a estos productos, como ha ocurrido en el *Ichanantus pallens*, y el *Homolepsis aturensis*.

El combate de malezas de especies de hoja ancha y ciperáceas, puede llevarse a cabo manualmente, dado que aún no existen herbicidas que combatan estas malezas sin afectar la cobertura de leguminosas.

En algunos casos se realizan aplicaciones dirigidas con herbicidas sistémicos como el Glifosato para la eliminación de estas malezas. Un sistema que está dando buenos

resultados es la utilización de aplicadores de mecha con el herbicida Glifosato a una concentración del 25% de la mezcla (1 parte de herbicida por tres de agua), para combatir estas malezas en una forma eficiente y sin dañar la cobertura.

2.3.4.5 Manejo de la cosecha

El manejo de la cosecha consiste básicamente en la etapa de cosecha propiamente, el control de calidad y el transporte hacia la planta procesadora.

La cosecha es la actividad más costosa del cultivo de la palma debido a lo delicado de su proceso y al esfuerzo que conlleva, debido a la altura de las plantas, desplazamiento en el terreno, peso de la fruta, mano de obra especializada, etc.

Los racimos están formados por una gran cantidad de frutos que no maduran al mismo tiempo, por esta razón, se debe cosechar cuando se logra el punto óptimo de maduración.

El periodo de inicio de cosecha para las plantaciones varía entre 24 y 36 meses después de la siembra en el campo y esta diferencia radica en el tipo de material genético utilizado y en el manejo que se haya dado al cultivo.

La vida útil del cultivo en cosecha o duración de la plantación, está definida principalmente por la altura de las plantas, factor que dificulta y eleva el costo de la cosecha, a tal punto que resulta un mejor costo-beneficio, el eliminar la plantación y establecer una nueva. Esta vida útil se estima en 25 años como media general para las condiciones tropicales.

El pago de la cosecha, usualmente es subcontratado y se realiza por número de racimos, por peso y algunas veces, utilizando ambos parámetros.

En un periodo comprendido entre cinco y seis meses, el cual va desde la antesis hasta la cosecha, se alcanza la madurez del racimo. En un inicio, los frutos están compuestos principalmente de agua y carbohidratos, a partir de los cuales, se sintetiza el aceite y ocurre

la formación de ácidos grasos libres, especialmente en los últimos días de su maduración, además conforme aumenta el contenido de aceite, la calidad de éste baja debido al incremento de la acidez (Ortiz y Fernández, 1994).

Una vez cortado el racimo, la síntesis de aceite se detiene pero no así la formación de ácidos grasos libres que deterioran la calidad del aceite y esto obliga que la fruta sea llevada a la planta extractora lo antes posible.

El grado óptimo de cosecha se determina por el número de frutos desprendidos corresponde entre un 6 y 8% del peso total de la fruta, cambio de coloración y por la textura del mesocarpio. Un cortador experimentado es el que define cual racimo cortar.

El racimo en estado óptimo para su cosecha, presenta un grado de desprendimiento de 2 a 3 frutos (desprendidos en forma natural), y una apariencia de coloración opaca, sana y de consistencia suave. Por su parte, el racimo sobremaduro, presenta desprendimiento que oscila entre 30 y 75%, con una coloración anaranjada rojiza, de consistencia suave y con ligeros signos de descomposición

Debido a que la maduración de los racimos no es homogénea en una plantación, se debe establecer ciclos de cosecha para una misma área, tan flexibles como para que se evite la sobremaduración de la fruta.

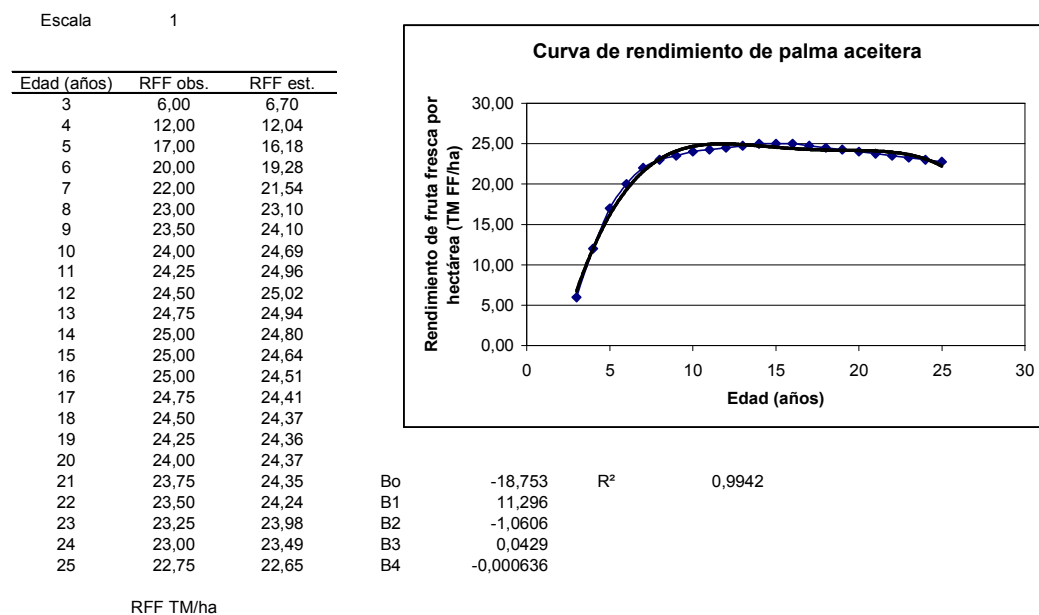
Para realizar la cosecha, hay que tener cuidado de que tipo de herramienta utilizar, puesto que se debe evitar el causar daños a las plantas que pudieran propiciar la entrada de plagas y enfermedades. Además es necesario personal capacitado, debido a que el corte de las hojas y el pinzote del racimo no es a base de fuerza, sino más bien tomando en cuenta el ángulo en que se coloque el extremo distal del cuchillo y esta labor se torna más difícil conforme aumenta la altura de la planta.

Los rendimientos de palma aceitera no son homogéneos en el tiempo, de manera que se genera una curva rendimiento en función del tiempo. Este fenómeno ha sido estudiado y algunos modelos biométricos, han sido ajustados.

Paniagua, Solano y Villatoro (2007), ajustaron un modelo biométrico con datos obtenidos de una investigación privada en las plantaciones propiedad de la cooperativa Coopeagropal, en la zona sur del país. Este modelo permite estimar el rendimiento de fruta fresca en toneladas anuales por hectárea para cada edad de la plantación y en términos generales los resultados del modelo, indica para las edades de 3, 4, 5 y 6 años, los rendimientos de 7, 12, 18 y 22 toneladas anuales por hectárea. A partir del año 7 en adelante, el rendimiento se estabiliza en 25 ton/ha/año.

En la figura siguiente, se muestra el resultado de ese modelo y los coeficientes de regresión para un modelo polinomial de grado cuatro.

Figura 2.8 Curva de rendimiento de palma aceitera



Fuente: Paniagua, Solano y Villatoro (2007)

De acuerdo con la genética de la planta, el rendimiento potencial es de 40 ton/año, pero comercialmente sólo se han obtenido rendimientos de 35 toneladas por unos pocos años en los mejores suelos.

Bajo buenas prácticas agronómicas las plantas comienzan a producir racimos de buen peso a partir de los dos y medio años de edad. A partir de aquí la producción aumenta marcadamente cada año, hasta alcanzar un máximo a los 5-6 años. Durante el año ocurre una variación importante en la cantidad de racimos producidos. Generalmente, la producción empieza a aumentar hacia el final de la estación seca y alcanza el pico durante los primeros meses de la época de lluvia.

Normalmente, el rendimiento comienza a disminuir después de que las palmas alcanzan cierta edad, lo cual se asocia a un factor de dificultad de la cosecha, la vida útil de la plantación la determina entonces la altura de las palmas y la reducción del rendimiento por la edad.

2.3.5 Tecnología de producción industrial

El proceso de producción industrial del aceite de palma se debe conocer con detalle porque dependiendo de que tan eficiente sea así serán los costos de producción, es decir dependiendo de los balances de masa así será el costo.

Este proceso se divide en los siguientes subprocesos básicos que son:

- Recibo de fruta
- Esterilización
- Desfrutado
- Digestión
- Prensado
- Clarificación
- Desfibrado y despedrado de nueces

- Quebrado de nueces
- Secado de almendra
- Prensado de almendra

2.3.5.1 Recibo de racimos

Lo primero es el pesado de la fruta o materia prima, el cual consiste en pesar el camión lleno de fruta en una romana camionera y luego descargarlo para obtener por diferencia el peso neto de la fruta.

Una vez pesada la fruta, se procede a depositar los racimos y el fruto suelto en tolvas para luego a evaluar la calidad de la materia prima por medio de un muestreo aleatorio del 10 % de la carga se determina el porcentaje (%) de fruta verde, porcentaje (%) de fruta pasada, porcentaje (%) de Pinzote. Además se evalúa la cantidad de fruta suelta por medio del conteo de los sacos traídos.

En las tolvas de recepción de racimos se almacena la fruta que es transportada desde las plantaciones y desde allí es entregada a vagones metálicos, para su posterior esterilización.

2.3.5.2 Esterilizado

La esterilización consiste en someter el fruto a la acción del vapor para cumplir con ciertos objetivos básicos. Es la primera etapa y posiblemente la más importante del proceso de extracción del aceite de palma y sus objetivos primordiales son:

1. Inactivar las enzimas que causan el desdoblamiento del aceite y en consecuencia el incremento del porcentaje de ácidos grasos libres. Se busca específicamente inactivar la lipasa, enzima responsable de la alta acidificación del aceite.

2. Acelerar el proceso de ablandamiento de la unión de los frutos con su soporte natural (raquíz o tuza), lo cual facilita posteriormente, el desprendimiento de los frutos del racimo por ablandado de la unión entre ellos, desfrutado (Ortiz y Fernández, 1994).
3. Ablandar los tejidos de la pulpa al disminuir la resistencia de los tejidos de la pulpa para lograr el fácil rompimiento de las celdas de aceite durante los procesos de digestión y prensado.
4. Coagular las proteínas para hacerlas más pesadas, facilitando su sedimentación en el proceso de clarificación. Las proteínas favorecen la dispersión del aceite en el agua en forma de pequeñas gotas (emulsificación).
6. Hidrolizar y descomponer el material mucilaginoso (gomas), sustancias que forman en buena parte los llamados lodos livianos y que dificultan el proceso de clarificación del aceite.
7. Calentar y deshidratar parcialmente las almendras contenidas en las nueces para facilitar su posterior recuperación.

El proceso de esterilización se lleva a cabo, generalmente sometiendo los racimos de fruto fresco de palma a la acción de vapor de agua en recipientes cilíndricos horizontales (autoclaves), en donde los factores principales son el tiempo de cocción y la temperatura, dependiendo del tamaño de los racimos y del grado de madurez del racimo.

2.3.5.3 Desfrutado

El desfrutado tiene como objeto la separación de los frutos sueltos de los racimos. Los frutos separados pasan a la siguiente etapa del proceso (digestión), mientras los racimos vacíos son conducidos por medio de un transportador de banda hacia el exterior.

Este proceso se lleva a cabo en un tambor de volteo o rotatorio, el fruto se separa para luego enviarlo al digestor por medio de un elevador y el racimo vacío es llevado al campo para utilizarlo como abono orgánico o combustible para calderas. Con esto se produce el racimo vacío como desecho que representa 23 % sobre fruta.

2.3.5.4 Digestión y prensado

Mediante la maceración de la pulpa del fruto se desprende por completo el coco (semilla) y por medio de la acción del molino de dientes, se logra el rompimiento de las células aceitosas de la pulpa, y de esta forma el aceite se puede liberar con mayor facilidad mediante el prensado (Atmalla y Dávila, 2000).

El fruto es depositado en un cilindro llamado digestor el cual presenta unas paletas en las cuales va a macerar el fruto por medio de la agitación circular, además se le aplica vapor a 45 psi, esto ayuda a que las células de aceite se desprendan del fruto y la recuperación del aceite en el momento del prensado sea eficiente. Se mantiene la temperatura entre 90°C y 100°C con un tiempo de retención dentro del digestor de 20 a 30 minutos.

2.3.5.5 Prensado

La extracción del aceite se obtiene mediante el proceso de prensado, el cual sirve para separar los componentes de la pulpa (aceite y fibra).

A nivel industrial se utiliza prensas hidráulicas de tornillo, las cuales ejercen mayor capacidad y hacen que los rendimientos de extracción de aceite sean más altos.

El fruto ya digestado es prensado para extraer la fracción líquida de la masa de frutos que proviene del digestor y que está compuesta por aceite de palma, agua y una cierta cantidad de sólidos que quedan en suspensión en el agua.

Del prensado se producen dos efluentes uno sólido y otro líquido, el sólido está compuesto por la semilla del fruto y las fibras producidas en el proceso de prensado, el líquido va a ser una mezcla aceite – agua – lodos que representa el 60 % sobre fruta y además se produce 6 % de semilla (4% almendra y 2% de cáscara) y un 9 % de fibra.

Para facilitar la salida del aceite durante el prensado, se agrega agua caliente cuya cantidad debe controlarse, para asegurar una buena extracción y obtener una adecuada dilución del aceite crudo, de modo que se facilite su clarificación.

La torta o masa sin aceite, la cual está compuesta por fibra y nueces, pasa luego al proceso de desfibración.

2.3.5.6 Clarificación

El aceite crudo de palma que se obtiene del prensado del mesocarpio del fruto contiene cantidades variables de impurezas de tipo vegetal (solubles e insolubles), arena y agua, que deben ser removidos con el fin de dar al producto terminado claridad, estabilidad y buena apariencia, lo anterior se logra mediante el clarificado del licor por decantación y centrifugado.

En la fase de clarificación, la mezcla aceite – agua – lodos es pasada por un proceso de desarenado con el fin de remover las arenas y tierras. Para esto, se cuenta con un tanque desarenador diseñado para evitar la entrada de arena a los procesos subsiguientes.

El tanque clarificador de aceite está diseñado para separar el aceite del agua y los sólidos con los cuales está mezclada el agua lodosa proveniente del desarenador, obrando éste de forma continua. En este tanque es necesario tener una dilución adecuada para mejorar la decantación estática y una altura suficiente entre la salida de aceite clarificado y los lodos, para lograr un trabajo continuo y óptimo en la separación del aceite.

Los lodos de la clarificación son depositados en un tanque para luego procesarlos en las centrífugas y así recuperar el aceite contenidos en ellos (aceite recuperado), este lodo centrifugado es mandado a los florentinos donde se trata de recuperar el aceite residual, y posteriormente se manda a las lagunas de tratamiento.

2.3.5.7 Tratamiento de estopa

Básicamente esta etapa consiste en el proceso de los racimos que resultan de la separación de la fruta en el desfrutado. Aquí se cuenta con una máquina extractora de aceite de los racimos y una trituradora.

El subproducto obtenido es una materia orgánica apta para abono orgánico o bien para ser utilizada como combustible de calderas.

La prensa de racimo es un equipo diseñado y desarrollado para extraer los líquidos aceitosos de los racimos de una forma eficiente. Estos racimos ya desfrutados y cortados previamente son sometidos a un incremento de presión a medida que avanzan por el tornillo, para extraer los líquidos aceitosos que estos contienen y que representan un porcentaje importante dentro del proceso de extracción de aceite (aproximadamente entre el 0.4% y 0.9%), varía según la cantidad de la esterilización y de la madurez del fruto.

La destrozadora de racimos está diseñada para reducir el tamaño de los racimos y facilitar el prensado.

2.3.5.8 Desfibrado y despedrado

La mezcla sólida del prensado o torta es transportada por un tornillo sin fin de aspas para el proceso de palmistería que incluye las fases de desfibrado, despedrado, quebrado, secado y prensado de almendra.

En la etapa de desfibrado y despedrado, la torta es separada por medio de una columna de aire la cual separa las fibras y las enviará a la caldera por medio de transportador sinfín para ser utilizadas como combustible en las calderas.

Para la separación de la fibra y las nueces se utiliza la columna neumática de separación, la cual somete las fibras a una corriente de aire y las transporta hasta el ciclón y mediante una esclusa las dosifica al sinfín de fibras a la caldera. Las nueces por ser pesadas caen hacia el elevador de nueces.

Antes del proceso de quebrado de la almendra, se necesita eliminar la piedra, por lo que se cuenta con un equipo denominado columna despedradota y que pertenece al sistema neumático de separación de cáscaras y almendras. Se utiliza para extraer las piedras o nueces de gran tamaño que pueden llegar a perjudicar las varillas de los rompedores de nueces.

2.3.5.9 Clasificación y quebrado de las nueces

Por otra parte la semilla o nuez es enviada a los quebradores donde se clasifica por tamaño y es alimentada a cualquiera de los tres quebradores.

El tambor clasificador de nueces está diseñado para repartir las nueces de acuerdo con su tamaño y entregar cada grupo al correspondiente quebrador.

El quebrador está compuesto por un cuerpo fabricado en fundición de acero y un tambor rotatorio conformado por barras de gran resistencia. El cuerpo en su parte tangencial al tambor tiene la forma de dientes de sierra que varían en tamaño y forma de acuerdo con el tamaño de la nuez.

Después de quebrada la nuez, se procede a separar la almendra de la cáscara por medio de un ciclón.

Se utiliza generalmente una doble columna de separación o ciclón que forma parte de la palmistería neumática y tiene como función aspirar las partículas que van mezcladas con las almendras y cáscaras.

La doble columna está compuesta de dos cuerpos semicirculares, una cámara de desviación con dos ductos, uno de entrega de cáscaras y almendra rota y pequeña al hidrociclón y el otro de descarga de la nueces enteras al sinfín recolector de almendra.

2.3.5.10 Secado de almendras

La almendra es enviada a un secador en donde se le elimina la humedad para luego ser almacenada con una humedad no mayor del 5 % y la cáscara es enviada, por medio de un transportador sinfín, a la caldera para ser utilizada como combustible.

El silo de almendras es utilizado para el secado de las almendras producidas en la planta y para su posterior proceso (extracción del aceite).

El silo de almendras es un recipiente para la recepción de las almendras, fabricado en lámina y con aberturas de entrada y salida las cuales en conexión con un ventilador de tiro inducido y radiadores de calefacción sirven para entregar aire caliente a las almendras dentro del silo. En su parte inferior, el silo está rematado en una sección inclinada sobre la cual hay una compuerta de regulación de salida.

2.3.5.11 Prensado de almendra

La almendra producida se prensa y se extrae un 40 % de aceite sobre almendra y 50 % de harina sobre almendra y un 10 % humedad sobre almendra.

Para ello se utilizan prensas tipo *espeller*, que consisten en un equipo en el cual las almendras secas y partidas previamente son sometidas a presión a medida que avanzan por el tornillo, para extraer el aceite que estas contienen.

Las almendras son conducidas dentro de la canasta perforada por el tornillo, al final se encuentra un cono graduable que impide el paso libre de la masa y ejerce una presión sobre la masa para así lograr que el aceite pase a través de la canastilla y caigan al tanque receptor de aceite.

2.3.5.12 Servicios

Para la operación de una planta de extracción de aceite de palma, se requiere del suministro de electricidad, agua para proceso y vapor.

Para aprovechar los desechos generados por el proceso, usualmente se utiliza un sistema de calderas de baja presión que son alimentadas con fibra, cascarilla y estopa picada.

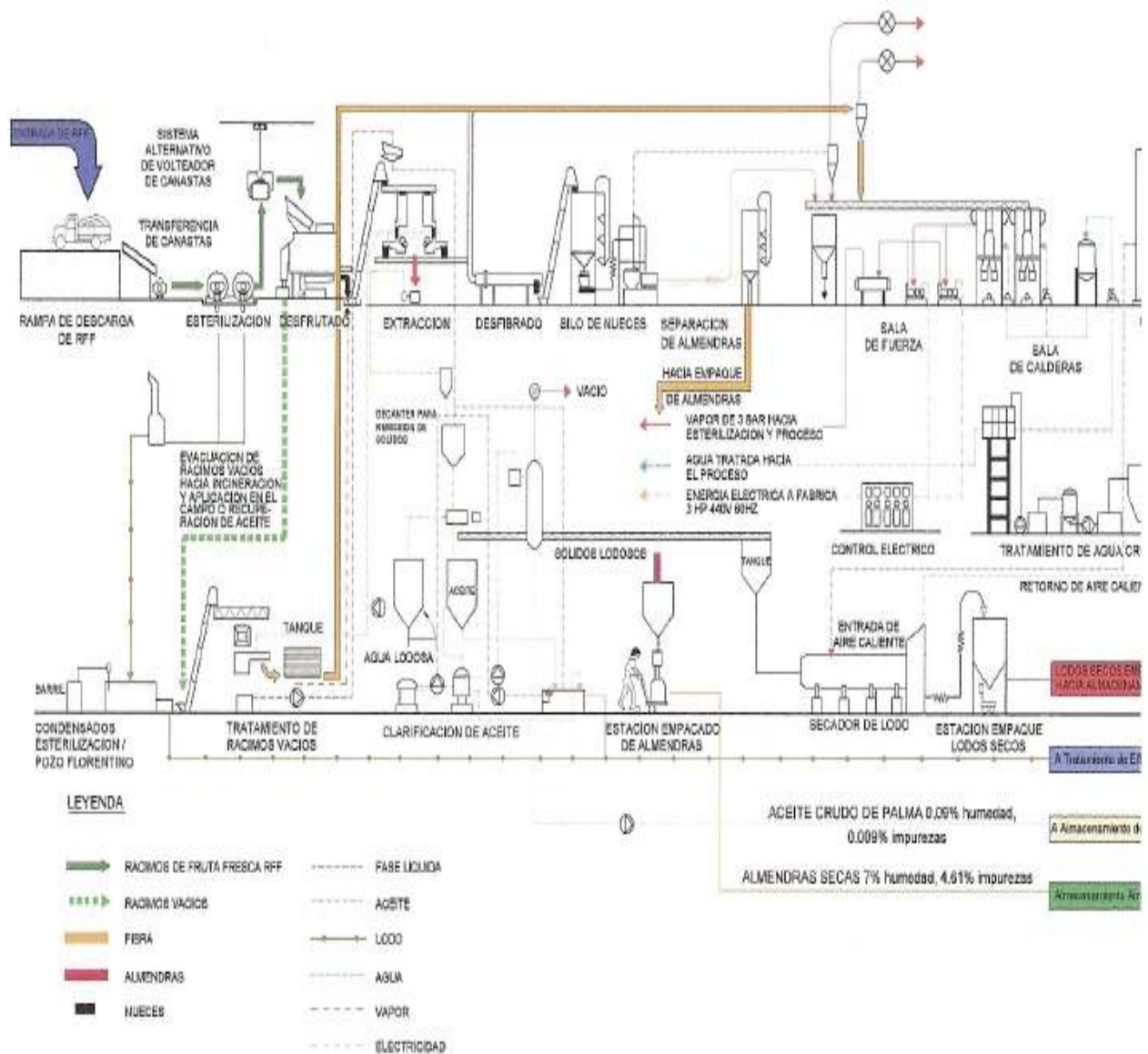
El agua para proceso debe provenir de una fuente de agua de alta calidad y bajo contenido de minerales, para evitar incrustaciones de metales en las calderas y/o corrosión de la maquinaria y equipo.

En la figura siguiente, se muestra el diagrama de flujo típico para el proceso de extracción de aceite de palma, mientras que la tabla posterior, se presenta el balance de masa correspondiente para el proceso industrial, cuyos datos serán útiles para la estimación de costos de producción industrial en el capítulo III.

El balance de masa corresponde a los porcentajes que resultan de la transformación de la masa durante los diferentes subprocesos del proceso de producción.

Por ejemplo, el proceso inicia con la masa de los racimos de fruta fresca que representan el 100%. En la fase de esterilización se presenta una pérdida de aceite en el condensado igual a 0.06% y otra pérdida por evaporación del 12%, de manera que el resultado es de 87.94% de masa que entra al subproceso siguiente.

Figura 2.9 Flujo de proceso genérico para la extracción de aceite de palma



Fuente: Cala, 2003

La figura anterior muestra el resumen del proceso de extracción de aceite de palma, el cual se presenta debidamente esquematizado por medio de figuras que ayudan a su entendimiento claro.

Tabla 2.8 Balance de masa para el proceso de extracción de aceite de palma

		RFF	Aceite	Agua	Sólidos	
Tratamiento de fruta	Esterilización	Racimos de fruta fresca	100,00%	25,32%	48,43%	26,25%
		Pérdida de aceite en el condensado	0,06%	0,06%		
		Pérdida de humedad en evaporación	12,00%		12,00%	
	Desfrutado	Masa para desfrutado	87,94%	25,26%	36,43%	26,25%
		Fruta y residuos de racimos	65,00%	23,88%	26,80%	14,32%
		Pérdidas de fruta suelta	2,00%	0,73%	0,82%	0,44%
Fruta y residuos de racimos netos		63,00%	23,15%	25,97%	13,88%	
Racimos vacíos		22,94%	1,38%	9,63%	11,93%	
Aceite crudo	Pinztle	Racimos vacíos	22,94%	1,38%	9,63%	11,93%
		Pérdida de aceite de racimos	0,48%	0,48%		
		Racimos vacíos netos	22,46%	0,90%	9,63%	11,93%
	Digestión y Prensado	Masa para digestión	63,00%	23,15%	25,97%	13,88%
		Torta prensada (fibra+nueces)	25,20%	1,51%	10,58%	13,10%
		Mezcla extraída de aceite	37,80%	21,84%	15,12%	0,84%
	Clarificación y Secado	Masa de mezcla de aceite para diluir	37,80%	21,84%	15,12%	0,84%
		Aceite crudo clarificado	24,87%	21,84%	2,19%	0,84%
		Pérdidas en lodos	0,44%	0,42%	0,02%	0,00%
		Aceite limpio hacia el secador	23,59%	21,43%	2,17%	0,00%
		Pérdida de humedad por secado	2,07%	0,00%	2,07%	0,00%
		Aceite limpio y seco para almacenar	21,53%	21,43%	0,10%	0,00%
Palmistería	Desfibrado	Fibra húmedas y nueces	25,20%	1,51%	10,58%	13,10%
		Fibra húmeda hacia caldera	13,36%	0,84%	7,84%	4,68%
		Nueces húmedas desfibradas	11,84%	0,64%	1,15%	10,05%
	Separación	Mezcla rota de nueces	11,84%	0,64%	1,15%	10,05%
		Almendra	4,15%	0,22%	1,15%	10,05%
		Cáscara	7,70%	0,42%	0,75%	6,53%
	Prensado	Almendra	4,15%	0,22%	1,15%	10,05%
		Harina de almendra	2,49%			
		Aceite de almendra	1,66%			
	Servicios	Vapor	Fibra	13,36%		
Cáscara			7,70%			
Partícula livianas			0,50%			
Racimos vacíos desaceitados			20,65%			
Agua		Agua de proceso (kg/ton RFF)	120		120	
		Agua doméstica (kg/ton RFF)	180		180	
		Agua para caldera (kg/ton RFF)	700		700	
		Efluentes (kg/ton RFF)	1000		1000	
Electricidad		Proceso (kw/ton RFF/hr)	20			
		Alumbrado general (kw/ton RFF/hr)	2			
		Doméstico (kw/ton RFF/hr)	3			

Fuente: Elaboración propia con base en Consultécnica (2000), Cala (2003) y Corporación CEA (2008)

2.3.6 Modelo de pago de fruta por parte de la industria

En Costa Rica prevalece el sistema de pago de fruta establecido por la Cámara Nacional de Productores de Palma Aceitera (CANAPALMA).

Este sistema establece que para el pago de la fruta, es necesario primero, una clasificación por calidad, el siguiente cuadro muestra los parámetros de inspección sobre los cuales se determina la calidad de la fruta para bonificarla o castigarla sobre un nivel de referencia de fruta “Calidad A”:

Tabla 2.9 Sistema de clasificación por calidad del modelo CANAPALMA

	Fruta bonificada	Fruta Calidad A	Castigo
Calidad de fruta en racimos			
Racimos verdes	Máximo 1.5%	Máximo 2.5%	Por cada por ciento o fracción sobre el factor combinado del 12.5% se castigará el precio en dos por ciento o fracción del precio de calidad “A”
Racimos sobre maduros	Máximo 4.0%	Máximo 7.0%	
Racimos pasados	Máximo 1.0%	Máximo 1.0%	
Racimos con pinzote largo	Máximo 1.0%	Máximo 2.0%	
Factor de calidad combinado	Máximo 7.5%	Máximo 12.5%	
Fruta suelta y calidad			
Fruta suelta en coyol	Más del 7.0%	Más del 7.0%	2.5% por cada 1% de deterioro
Acidez de fruta suelta	Menos de 7.5%	Menos de 7.5%	1.0% por cada 1% de deterioro
Materia extraña	Menos de 2.5%	Menos de 4.0%	1.0% por cada 1% de deterioro

Fuente: CANAPALMA

- La calidad de la Fruta Suelta es medida por el % de acidez y % de materia extraña en el coyol.
- Para calificar la fruta como “Bonificada” toda la fruta entregada durante una semana debe alcanzar los niveles de aceptación establecidos.
- El precio que la Compradora paga a fruta que no califique como “Calidad A” no es inferior al 90% del precio que rija para ésta.

- La fruta en racimo que excede un 17.5% su Factor de Calidad Combinado y la fruta suelta que exceda un 10.0% de acidez, la compradora tendrá la discrecionalidad de aceptarla o rechazarla.
- La compradora extiende un comprobante de calidad resumiendo las entregas del día del vendedor, el cual estará disponible en la planta extractora de la compradora para ser retirado por el vendedor a más tardar al cierre del siguiente día hábil de la entrega de la fruta.

Con respecto al pago de la fruta, existe un modelo aprobado por la Cámara Nacional de Productores de Palma (CANAPALMA), el cual considera como referencia el precio promedio mensual CIF Róterdam. Se define el siguiente sistema de precios para la compra venta de fruta que califique según los parámetros de calidad

A. Fruta “Calidad A”

1. Efectivo Agosto 2001, para cuando el precio promedio mensual del aceite crudo de palma sea superior a US\$300.00 por tonelada métrica, rige un Precio Base en US dólares de US\$66.73 por tonelada métrica, al cual se le aplica un sistema de bonificación o descuento para determinar el precio a pagar por la fruta mensualmente de acuerdo al precio promedio del aceite crudo de palma según la cotización CIF Róterdam de Oil World para el mes de entrega. El sistema de bonificación es el siguiente:

a. Cuando el precio promedio mensual del aceite crudo de palma CIF Róterdam se encuentre entre US\$500.00 a US\$550 por tonelada métrica, no se aplica ningún bono o descuento; por lo tanto el precio de la fruta es el Precio Base en US dólares establecido en el numeral 1.

b. Cuando el precio promedio mensual de aceite crudo de palma CIF Róterdam sea superior a los US\$550 por tonelada métrica, se aplica una bonificación de US\$0.11 por

tonelada métrica de fruta por cada US\$1.00 por tonelada métrica de aceite que suba de dicho precio.

Ej.: Si el precio del aceite crudo de palma CIF Róterdam para el mes es de US\$675.00, el bono sería entonces de US\$13.75 por tonelada métrica de fruta ($(\$675 - \$550) \times \$0.11$), por lo que el precio a pagar por tonelada métrica de fruta de calidad A sería igual a $\$66.73 + \$13.75 = \$80.48$.

c. Cuando el precio promedio mensual del aceite crudo de palma según CIF Róterdam sea inferior a los US\$500.00 por tonelada métrica se aplica un descuento de US\$0.07 por tonelada métrica de fruta por cada US\$1.00 por tonelada métrica de aceite que baje de dicho precio hasta un CIF Róterdam de US\$300.00. Esto significa que si el precio se ubica entre \$300 y \$500 por tonelada métrica se aplicará un descuento de \$0.07 por tonelada métrica de fruta por cada dólar por tonelada métrica de aceite que baje.

Ej. Si el precio promedio CIF Róterdam del mes del crudo es US\$425 entonces $US\$500 - US\$425 = US\$75$ luego $US\$75 \times US\$0.07 = US\$5.25$ que será el descuento por tonelada métrica de fruta, de manera que el precio a pagar por tonelada métrica de fruta de calidad A quedaría en $\$66.73 - \$5.25 = \$61.48$.

2- Si el precio promedio mensual del crudo CIF Róterdam se ubica entre US\$180 y US\$300, el precio base que rige es US\$52.73, al cual se le hace un descuento de US\$0.181 por tonelada métrica de fruta por cada dólar por tonelada métrica de aceite crudo de palma que se encuentre bajo dicho precio a partir de US\$300 por tonelada métrica de aceite CIF Róterdam.

Ej. Si el precio promedio mensual de aceite CIF Róterdam es US\$250, entonces $US\$300 - US\$250 = US\$50$ luego $US\$50 \times US\$0.181 = US\$9.05$ que será el descuento por tonelada métrica de fruta. Queda $US\$52.73 - US\$9.05 = US\$43.68$ por tonelada métrica de fruta calidad A.

3- Para cuando el precio promedio del aceite crudo sea inferior a US\$180, las partes renegociarán una fórmula de precios para estos niveles.

B. Fruta Calidad “Bonificada”

Gozará de un premio de US\$0.90 por tonelada métrica sobre el precio de la fruta Calidad “A”. La Compradora pagará el premio acumulado por la fruta que califique como Calidad “Bonificada” cada mes.

C. Liquidación

La Compradora entregará al productor para cada mes de entrega de fruta un reporte de liquidación con la identificación del productor, el peso de la fruta entregada, el precio de la fruta pagada en colones y el tipo de cambio utilizado para el cálculo del pago. El tipo de cambio a utilizar será el promedio entre el precio de venta y el precio de compra del U.S. dólar determinado por el Banco Central de Costa Rica para el último día reportado en el mes de entrega.

A continuación se presenta el modelo de pago representado por el siguiente algoritmo:

Dados:	$Si \quad 180 < P_{CIF} < 300$
$P_{CIF} = \text{precio CIF-Rotterdam} / \text{TM}$	$P = P_{Base1} + 0.181(P_{CIF} - 300)$
$P_{Base1} = \$52.73 / \text{TM}$	
$P_{Base2} = \$66.73 / \text{TM}$	$Si \quad 300 < P_{CIF} < 500$
	$P = P_{Base2} + 0.07(P_{CIF} - 500)$
Entonces se ejecutan las decisiones lógicas presentadas al lado.	$Si \quad 500 < P_{CIF} < 550$
	$P = P_{Base1}$
	$Si \quad P_{CIF} > 550$
	$P = P_{Base2} + 0.11(P_{CIF} - 550)$

Es importante mencionar que bajo este sistema de pago de fruta, conforme disminuya el precio internacional CIF Róterdam del aceite crudo, según los rangos indicados anteriormente, la importancia relativa del pago de la fruta a los productores se incrementa con la intención de “minimizar el impacto”, pero cuando los precios internacionales aumentan, disminuye éste beneficio para los productores con el fin de “minimizar el impacto” del encarecimiento de la materia prima para las industrias de extracción.

CAPÍTULO III: MEDICION DEL RIESGO DE PRECIO DE MERCADO EN PALMA ACEITERA Y PROPUESTA PARA SU CONTROL

En este capítulo se determina el riesgo para las actividades de producción agrícola de palma aceitera e industria de extracción de aceite, y se propone una estrategia de cobertura de riesgo de precio de mercado, por medio del uso de los mercados de derivados. La organización propuesta consiste en una primera sección en donde se define los modelos de evaluación de rentabilidad financiera debidamente parametrizados; una segunda parte donde, se ajusta las distribuciones de probabilidad para las variables de riesgo de mercado, y finalmente, la corrida de la simulación Monte Carlo y el análisis de resultados.

3.1 Modelo para el análisis de riesgo

Dados los objetivos de este trabajo, es necesaria la definición de un modelo de evaluación de rentabilidad financiera tanto para la producción agrícola, como para la industria de extracción de aceite de palma.

3.1.1 Definición de los modelos de evaluación de rentabilidad financiera

A continuación se presenta los resultados del diseño de modelos de evaluación financiera basados en proyección de flujos de efectivo, estructuras de costos de producción y estimación de otros parámetros clave.

3.1.1.1 Producción agrícola de palma aceitera

Los modelos de costos de producción propuestos, son el resultado de la revisión de literatura expuesta en el Capítulo II, así como la revisión de otras fuentes de información como avíos bancarios, registros e informes técnicos de consultoría aportados por Corporación CEA de Costa Rica y cotizaciones disponibles al momento de la elaboración de este estudio. Los cuadros siguientes muestran las estructuras de costos propuestas para la producción de palma aceitera desde el primer año de establecimiento del cultivo, hasta el séptimo año en que se estabilizan dichos costos para años posteriores.

Tabla 3.1 Costos de producción agrícola para el primer año

Año 1									
	Unidad	Cant/unidad	Ciclos	Cantidad	Costo unitario	Costo total			
						Colones	US\$	Dólares	%
<i>Labores</i>									
Chapea pre-siembra	Hectárea		1	1	1	26.000,00	26.000,00	\$52,00	3,01%
Estaquillada	Hora hombre		8	1	8	581,00	4.648,00	\$9,30	0,54%
Distribución-hoyada-siembra-fertilización	Planta		143	1	143	160,00	22.880,00	\$45,76	2,64%
Rodajea manual	Planta		143	2	286	60,00	17.160,00	\$34,32	1,98%
Rodajea química	Planta		143	2	286	20,00	5.720,00	\$11,44	0,66%
Fertilización	Planta		143	2	286	12,00	3.432,00	\$6,86	0,40%
Siembra de cobertura viva	Hora hombre		4	2	8	600,00	4.800,00	\$9,60	0,55%
Chapea manual entre calles	Hectárea		1	2	2	24.000,00	48.000,00	\$96,00	5,55%
Control de plagas y enfermedades	Hora hombre		2	3	6	600,00	3.600,00	\$7,20	0,42%
Mantenimiento de drenajes	Metros/Ha		140	4	560	30,00	16.800,00	\$33,60	1,94%
Subtotal labores							153.040,00	\$306,08	17,69%
Cargas sociales	29,2%						44.687,68	\$89,38	5,17%
Total labores							197.727,68	\$395,46	22,86%
<i>Materiales</i>									
Plantas	Unidades		143	1	143	1.600,00	228.800,00	\$457,60	26,45%
Estaquillas	Unidades		150	1	150	7,00	1.050,00	\$2,10	0,12%
Fertilizante fosfatado (18-46-0 o similar)	Kg		36	1	36	220,00	7.920,00	\$15,84	0,92%
Fertilizante nitrogenado (Nitrato amonio)	Kg		71,5	1	71,5	146,00	10.439,00	\$20,88	1,21%
Fertilizante completo (13,62-8,12-23,24)	Kg		71,5	4	286	150,00	42.900,00	\$85,80	4,96%
Semilla de cobertura viva (Kudzú)	Kg		100	1	100	55,00	5.500,00	\$11,00	0,64%
Insecticida granulado	Kg		1,5	1	1,5	3.228,00	4.842,00	\$9,68	0,56%
Rodenticida	Kg		0,5	1	0,5	5.000,00	2.500,00	\$5,00	0,29%
Adherente	Lt		0,2	1	0,2	1.840,00	368,00	\$0,74	0,04%
Herbicida de contacto (Paraquat o similar)	Lt		0,3	1	0,3	3.150,00	945,00	\$1,89	0,11%
Herbicida pre-emergente (Galant o similar)	Kg		0,14	1	0,14	7.100,00	994,00	\$1,99	0,11%
Total materiales							306.258,00	\$612,52	35,40%
<i>Otros</i>									
Transporte de insumos	Kg		495,64	1	495,64	15,00	7.434,60	\$14,87	0,86%
Transporte de plantas del vivero	Unidades		143	1	143	180,00	25.740,00	\$51,48	2,98%
Transporte interno de plantas	Kg		143	1	143	60,00	8.580,00	\$17,16	0,99%
Construcción de drenajes colectores	Metros/Ha		35	1	35	1.320,00	46.200,00	\$92,40	5,34%
Construcción de drenajes laterales	Metros/Ha		140	1	140	700,00	98.000,00	\$196,00	11,33%
Construcción de boquetes	Metros/Ha		116	1	116	180,00	20.880,00	\$41,76	2,41%
Conformación de centro frutero	Global		1	1	1	17.250,00	17.250,00	34,5	1,99%
Camino secundarios	Global		1	1	1	120.000,00	120.000,00	240	13,87%
Total otros							344.084,60	\$688,17	39,78%
Imprevistos	2,0%						16.961,41	\$33,92	1,96%
COSTO TOTAL DE PRODUCCION							865.031,69	\$1.730,06	100,00%

Fuente: Elaboración propia con base en Capítulo II, CIA (2000), Paniagua y otros (2007) y Palma Tica (2000)

El primero y segundo año son considerados como inversión, puesto que hasta el tercer año de establecida la plantación, comienza la cosecha.

De acuerdo con lo anterior, el año 0 del flujo de efectivo proyecto corresponde al año 1 de vida del cultivo en donde se hace la inversión de establecimiento de la plantación, el año 1 del flujo del proyecto, corresponde al año 2 de vida de la plantación y el año 2 del proyecto corresponde al año 3 de vida de la plantación, momento en que ya hay ingresos por la venta de las primeras cosechas.

Tabla 3.2 Costos de producción agrícola para el segundo año

Año 2									
Rubros	Unidad	Cant/unidad	Ciclos	Cantidad	Costo unitario	Costo total			
						Colones	US\$	Dólares	%
<i>Labores</i>									
Resiembra (2%)	Planta	3	1	3	160,00	480,00		\$0,96	0,17%
Rodajea manual	Planta	143	3	429	60,00	25.740,00		\$51,48	9,26%
Rodajea química	Planta	143	3	429	20,00	8.580,00		\$17,16	3,09%
Fertilización	Planta	143	3	429	12,00	5.148,00		\$10,30	1,85%
Chapea manual entre calles	Hectárea	1	2	2	24.000,00	48.000,00		\$96,00	17,27%
Control de plagas y enfermedades	Hora hombre	2	3	6	600,00	3.600,00		\$7,20	1,30%
Mantenimiento de drenajes	Metros/Ha	140	4	560	30,00	16.800,00		\$33,60	6,05%
Subtotal labores						108.348,00		\$216,70	38,99%
Cargas sociales	29,2%					31.637,62		\$63,28	11,38%
Total labores						139.985,62		\$279,97	50,37%
<i>Materiales</i>									
Plantas para resiembra	Unidades	3	1	3	1.600,00	4.800,00		\$9,60	1,73%
Fertilizante completo (13,62-8,12-23,24)	Kg	150	4	600	150,00	90.000,00		\$180,00	32,38%
Insecticida granulado	Kg	0,5	1	0,5	3.228,00	1.614,00		\$3,23	0,58%
Adherente	Lt	0,2	1	0,2	1.840,00	368,00		\$0,74	0,13%
Herbicida de contacto (Paraquat o similar)	Lt	0,4	1	0,4	3.150,00	1.260,00		\$2,52	0,45%
Herbicida pre-emergente (Galant o similar)	Kg	0,21	1	0,21	7.100,00	1.491,00		\$2,98	0,54%
Total materiales						99.533,00		\$199,07	35,81%
<i>Otros</i>									
Transporte de insumos	Kg	600,71	1	600,71	15,00	9.010,65		\$18,02	3,24%
Transporte de plantas del vivero	Unidades	143	1	143	180	25.740,00		\$51,48	9,26%
Total otros						34.750,65		\$69,50	12,50%
Imprevistos	2,0%					3.645,67		\$7,29	1,31%
COSTO TOTAL DE PRODUCCION						277.914,94		\$555,83	100,00%

Fuente: Elaboración propia con base en Capítulo II, CIA (2000), Paniagua y otros (2007) y Palma Tica (2000)

Tabla 3.3 Costos de producción agrícola para el tercer año

Año 3									
Rubros	Unidad	Cant/unidad	Ciclos	Cantidad	Costo unitario	Costo total			
						Colones	US\$	Dólares	%
<i>Labores</i>									
Rodajea manual	Planta	143	3	429	60,00	25.740,00		\$51,48	8,81%
Rodajea química	Planta	143	3	429	20,00	8.580,00		\$17,16	2,94%
Fertilización	Planta	143	3	429	12,00	5.148,00		\$10,30	1,76%
Chapea manual entre calles	Hectárea	1	2	2	24.000,00	48.000,00		\$96,00	16,43%
Control de plagas y enfermedades	Hora hombre	2	3	6	600,00	3.600,00		\$7,20	1,23%
Mantenimiento de drenajes	Metros/Ha	140	4	560	30,00	16.800,00		\$33,60	5,75%
Subtotal labores						107.868,00		\$215,74	36,92%
Cargas sociales	29,2%					31.497,46		\$62,99	10,78%
Total labores						139.365,46		\$278,73	47,70%
<i>Materiales</i>									
Fertilizante completo (13,62-8,12-23,24)	Kg	150	4	600	150,00	90.000,00		\$180,00	30,80%
Insecticida granulado	Kg	0,5	1	0,5	3.228,00	1.614,00		\$3,23	0,55%
Adherente	Lt	0,2	1	0,2	1.840,00	368,00		\$0,74	0,13%
Herbicida de contacto (Paraquat o similar)	Lt	0,4	1	0,4	3.150,00	1.260,00		\$2,52	0,43%
Herbicida pre-emergente (Galant o similar)	Kg	0,21	1	0,21	7.100,00	1.491,00		\$2,98	0,51%
Total materiales						94.733,00		\$189,47	32,42%
<i>Otros</i>									
Transporte de insumos	Kg	600,71	1	600,71	15,00	9.010,65		\$18,02	3,08%
Corta y coyolea	TM	7,00	1	7	4.200,00	29.400,00		\$58,80	10,06%
Transporte de cosecha	TM	7,00	1	7	2.250,00	15.750,00		\$31,50	5,39%
Total otros						54.160,65		\$108,32	18,54%
Imprevistos	2,0%					3.937,87		\$7,88	1,35%
COSTO TOTAL DE PRODUCCION						292.196,98		\$584,39	100,00%

Fuente: Elaboración propia con base en Capítulo II, CIA (2000), Paniagua y otros (2007) y Palma Tica (2000)

Tabla 3.4 Costos de producción agrícola para el cuarto año

Año 4									
Rubros	Unidad	Cant/unidad	Ciclos	Cantidad	Costo unitario	Costo total			
						Colones	US\$ Dólares	%	
<i>Labores</i>									
Rodajea manual	Planta	143	3	429	60,00	25.740,00	\$51,48	7,92%	
Rodajea química	Planta	143	3	429	20,00	8.580,00	\$17,16	2,64%	
Fertilización	Planta	143	3	429	12,00	5.148,00	\$10,30	1,58%	
Chapea manual entre calles	Hectárea	1	2	2	24.000,00	48.000,00	\$96,00	14,77%	
Control de plagas y enfermedades	Hora hombre	2	3	6	600,00	3.600,00	\$7,20	1,11%	
Mantenimiento de drenajes	Metros/Ha	140	4	560	30,00	16.800,00	\$33,60	5,17%	
Subtotal labores						107.868,00	\$215,74	33,18%	
Cargas sociales 29,2%						31.497,46	\$62,99	9,69%	
Total labores						139.365,46	\$278,73	42,87%	
<i>Materiales</i>									
Fertilizante completo (13,62-8,12-23,24)	Kg	150	4	600	150,00	90.000,00	\$180,00	27,68%	
Insecticida granulado	Kg	0,5	1	0,5	3.228,00	1.614,00	\$3,23	0,50%	
Adherente	Lt	0,2	1	0,2	1.840,00	368,00	\$0,74	0,11%	
Herbicida de contacto (Paraquat o similar)	Lt	0,4	1	0,4	3.150,00	1.260,00	\$2,52	0,39%	
Herbicida pre-emergente (Galant o similar)	Kg	0,21	1	0,21	7.100,00	1.491,00	\$2,98	0,46%	
Total materiales						94.733,00	\$189,47	29,14%	
<i>Otros</i>									
Transporte de insumos	Kg	600,71	1	600,71	15,00	9.010,65	\$18,02	2,77%	
Corta y coyolea	TM	12,00	1	12	4.200,00	50.400,00	\$100,80	15,50%	
Transporte de cosecha	TM	12,00	1	12	2.250,00	27.000,00	\$54,00	8,31%	
Total otros						86.410,65	\$172,82	26,58%	
Imprevistos 2,0%						4.582,87	\$9,17	1,41%	
COSTO TOTAL DE PRODUCCION						325.091,98	\$650,18	100,00%	

Fuente: Elaboración propia con base en Capítulo II, CIA (2000), Paniagua y otros (2007) y Palma Tica (2000)

Tabla 3.5 Costos de producción agrícola para el quinto año

Año 5									
Rubros	Unidad	Cant/unidad	Ciclos	Cantidad	Costo unitario	Costo total			
						Colones	US\$ Dólares	%	
<i>Labores</i>									
Rodajea manual	Planta	143	3	429	60,00	25.740,00	\$51,48	7,06%	
Rodajea química	Planta	143	3	429	20,00	8.580,00	\$17,16	2,35%	
Fertilización	Planta	143	3	429	12,00	5.148,00	\$10,30	1,41%	
Chapea manual entre calles	Hectárea	1	2	2	24.000,00	48.000,00	\$96,00	13,17%	
Control de plagas y enfermedades	Hora hombre	2	3	6	600,00	3.600,00	\$7,20	0,99%	
Mantenimiento de drenajes	Metros/Ha	140	4	560	30,00	16.800,00	\$33,60	4,61%	
Subtotal labores						107.868,00	\$215,74	29,59%	
Cargas sociales 29,2%						31.497,46	\$62,99	8,64%	
Total labores						139.365,46	\$278,73	38,23%	
<i>Materiales</i>									
Fertilizante completo (13,62-8,12-23,24)	Kg	150	4	600	150,00	90.000,00	\$180,00	24,69%	
Insecticida granulado	Kg	0,5	1	0,5	3.228,00	1.614,00	\$3,23	0,44%	
Adherente	Lt	0,2	1	0,2	1.840,00	368,00	\$0,74	0,10%	
Herbicida de contacto (Paraquat o similar)	Lt	0,4	1	0,4	3.150,00	1.260,00	\$2,52	0,35%	
Herbicida pre-emergente (Galant o similar)	Kg	0,21	1	0,21	7.100,00	1.491,00	\$2,98	0,41%	
Total materiales						94.733,00	\$189,47	25,99%	
<i>Otros</i>									
Transporte de insumos	Kg	600,71	1	600,71	15,00	9.010,65	\$18,02	2,47%	
Corta y coyolea	TM	18,00	1	18	4.200,00	75.600,00	\$151,20	20,74%	
Transporte de cosecha	TM	18,00	1	18	2.250,00	40.500,00	\$81,00	11,11%	
Total otros						125.110,65	\$250,22	34,32%	
Imprevistos 2,0%						5.356,87	\$10,71	1,47%	
COSTO TOTAL DE PRODUCCION						364.565,98	\$729,13	100,00%	

Fuente: Elaboración propia con base en Capítulo II, CIA (2000), Paniagua y otros (2007) y Palma Tica (2000)

Tabla 3.6 Costos de producción agrícola para el sexto año

Año 6									
Rubros	Unidad	Cant/unidad	Ciclos	Cantidad	Costo unitario	Costo total			
						Colones	US\$	Dólares	%
<i>Labores</i>									
Rodajea manual	Planta	143	3	429	60,00	25.740,00		\$51,48	6,59%
Rodajea química	Planta	143	3	429	20,00	8.580,00		\$17,16	2,20%
Fertilización	Planta	143	3	429	12,00	5.148,00		\$10,30	1,32%
Chapea manual entre calles	Hectárea	1	2	2	24.000,00	48.000,00		\$96,00	12,28%
Control de plagas y enfermedades	Hora hombre	2	3	6	600,00	3.600,00		\$7,20	0,92%
Mantenimiento de drenajes	Metros/Ha	140	4	560	30,00	16.800,00		\$33,60	4,30%
Subtotal labores						107.868,00		\$215,74	27,60%
Cargas sociales	29,2%					31.497,46		\$62,99	8,06%
Total labores						139.365,46		\$278,73	35,65%
<i>Materiales</i>									
Fertilizante completo (13,62-8,12-23,24)	Kg	150	4	600	150,00	90.000,00		\$180,00	23,02%
Insecticida granulado	Kg	0,5	1	0,5	3.228,00	1.614,00		\$3,23	0,41%
Adherente	Lt	0,2	1	0,2	1.840,00	368,00		\$0,74	0,09%
Herbicida de contacto (Paraquat o similar)	Lt	0,4	1	0,4	3.150,00	1.260,00		\$2,52	0,32%
Herbicida pre-emergente (Galant o similar)	Kg	0,21	1	0,21	7.100,00	1.491,00		\$2,98	0,38%
Total materiales						94.733,00		\$189,47	24,24%
<i>Otros</i>									
Transporte de insumos	Kg	600,71	1	600,71	15,00	9.010,65		\$18,02	2,31%
Corta y coyolea	TM	22,00	1	22	4.200,00	92.400,00		\$184,80	23,64%
Transporte de cosecha	TM	22,00	1	22	2.250,00	49.500,00		\$99,00	12,66%
Total otros						150.910,65		\$301,82	38,61%
Imprevistos	2,0%					5.872,87		\$11,75	1,50%
COSTO TOTAL DE PRODUCCION						390.881,98		\$781,76	100,00%

Fuente: Elaboración propia con base en Capítulo II, CIA (2000), Paniagua y otros (2007) y Palma Tica (2000)

Tabla 3.7 Costos de producción agrícola para el séptimo año y posteriores

Año 7									
Rubros	Unidad	Cant/unidad	Ciclos	Cantidad	Costo unitario	Costo total			
						Colones	US\$	Dólares	%
<i>Labores</i>									
Rodajea manual	Planta	143	3	429	60,00	25.740,00		\$51,48	6,27%
Rodajea química	Planta	143	3	429	20,00	8.580,00		\$17,16	2,09%
Fertilización	Planta	143	3	429	12,00	5.148,00		\$10,30	1,25%
Chapea manual entre calles	Hectárea	1	2	2	24.000,00	48.000,00		\$96,00	11,69%
Control de plagas y enfermedades	Hora hombre	2	3	6	600,00	3.600,00		\$7,20	0,88%
Mantenimiento de drenajes	Metros/Ha	140	4	560	30,00	16.800,00		\$33,60	4,09%
Subtotal labores						107.868,00		\$215,74	26,27%
Cargas sociales	29,2%					31.497,46		\$62,99	7,67%
Total labores						139.365,46		\$278,73	33,94%
<i>Materiales</i>									
Fertilizante completo (13,62-8,12-23,24)	Kg	150	4	600	150,00	90.000,00		\$180,00	21,92%
Insecticida granulado	Kg	0,5	1	0,5	3.228,00	1.614,00		\$3,23	0,39%
Adherente	Lt	0,2	1	0,2	1.840,00	368,00		\$0,74	0,09%
Herbicida de contacto (Paraquat o similar)	Lt	0,4	1	0,4	3.150,00	1.260,00		\$2,52	0,31%
Herbicida pre-emergente (Galant o similar)	Kg	0,21	1	0,21	7.100,00	1.491,00		\$2,98	0,36%
Total materiales						94.733,00		\$189,47	23,07%
<i>Otros</i>									
Transporte de insumos	Kg	600,71	1	600,71	15,00	9.010,65		\$18,02	2,19%
Corta y coyolea	TM	25,00	1	25	4.200,00	105.000,00		\$210,00	25,57%
Transporte de cosecha	TM	25,00	1	25	2.250,00	56.250,00		\$112,50	13,70%
Total otros						170.260,65		\$340,52	41,46%
Imprevistos	2,0%					6.259,87		\$12,52	1,52%
COSTO TOTAL DE PRODUCCION						410.618,98		\$821,24	100,00%

Fuente: Elaboración propia con base en Capítulo II, CIA (2000), Paniagua y otros (2007) y Palma Tica (2000)

Para continuar con el diseño de un modelo de evaluación de rentabilidad financiera para la producción de palma aceitera, se definen a continuación los supuestos en los que se fundamenta dicho modelo:

- La producción inicia a partir del año 3 y de acuerdo con el modelo biométrico de Paniagua, Solano y Villatoro (2007), las productividades esperadas son 7, 12, 18, 22 y 25 toneladas por hectárea, para los años 3 al 7 respectivamente. A partir de éste último año, la productividad se mantiene en un promedio de 25 toneladas por hectárea, para una vida útil estimada de 25 años.
- El precio base internacional CIF-Róterdam para el aceite de palma se estima en US\$500 por tonelada, considerando como referencia, el promedio anual de la serie histórica mensual 1986-2008.
- El precio de venta de la palma a la industria local, se fijó con base en el algoritmo definido por el modelo de CANAPALMA.
- Los costos directos de producción se definieron con base en las tablas 3.3 a 3.7, puesto que los costos reflejados en las tablas 3.1 y 3.2, se consideraron como parte de la inversión. Esto porque a partir del año 3 de establecido en cultivo, inicia la producción y los ingresos se cotejan contra los costos.
- La plantación establecida durante los años 0 y 1 del proyecto, está sujeta a depreciación, considerando una vida útil de 25 años, cuyos montos se reflejan a partir del año 1.
- Se asigna un 5% sobre las ventas para la supervisión y control de la plantación, una vez que inicia la producción.
- Se supone que la inversión se realiza totalmente con capital propio, por lo que no hay gastos financieros y se considera una tasa de impuesto sobre la renta de un 30%.

- Se estima un 2% de imprevistos sobre los costos de producción.
- Sobre los costos de mano de obra se consideran los siguientes rubros como cargas sociales correspondientes a aporte patronal: 4.75% por seguro por invalidez, vejez; 9.25% por seguro de enfermedad y maternidad, 5% de Asignaciones Familiares, 0.25% por cuota obrero patronal al Banco Popular y de Desarrollo Comunal, 0.5% del Instituto Mixto de Ayuda Social (IMAS), 1.5% del Instituto Nacional de Aprendizaje (INA), 0.25% al Banco Popular y de Desarrollo Comunal por Ley de Protección al Trabajador, 3% al Fondo de Capitalización Laboral (FCL) y 1.5% al régimen de fondos de pensiones complementaria Todos estos cargos suman un 26%.
- Por concepto de vacaciones se considera 4.17%, por aguinaldo un 8.33% y por cesantía otro 8.33%, todo lo cual suma un 20.83%, de manera que consideran un 3.17% por póliza de riesgos del trabajo, la carga total del patrono sobre la planilla sería 50% representada por $26\%+20.83\%+3.17\%$.
- En lo concerniente a la cobertura en el mercado de derivados, se supone un plazo de vencimiento de un mes tanto para futuros como para opciones y la prima para las opciones, se determina con el modelo *Black-Scholes*, para el cual se considera una volatilidad del 31.42%, medida por el coeficiente de variación de la serie histórica de precios utilizada.
- El precio de los contratos de futuros se estima con base en el trabajo de Fatimah y Zainalabidin (1994) utilizando una regresión de la función inversa, cuya intersección es de 5.9379 y pendiente igual a 0.9804.
- La tasa de descuento se determinó como la tasa básica pasiva promedio en dólares del Sistema Financiero Nacional más un prima por riesgo sistemático, estimada en dos veces la desviación estándar de la tasa básica e igual a 4.19%. Como el valor promedio de la tasa básica es de 3.76%, al sumar la prima de 4.19%, se obtuvo una tasa de descuento del 7.95% nominal, porque los flujos de efectivo son nominales.

Tabla 3.8 Modelo de evaluación de rentabilidad financiera de la producción agrícola de palma aceitera (US dólares)

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13
Índice de inflación internacional	1,00	1,03	1,06	1,09	1,13	1,16	1,19	1,23	1,27	1,30	1,34	1,38	1,43	1,47
Precio internacional aceite CIF-Rott. (\$/TM)	\$500,00	\$515,00	\$530,45	\$546,36	\$562,75	\$579,64	\$597,03	\$614,94	\$633,39	\$652,39	\$671,96	\$692,12	\$712,88	\$734,27
Precio de futuros del aceite (\$/TM)	\$496,14	\$510,84	\$525,99	\$541,59	\$557,66	\$574,21	\$591,26	\$608,82	\$626,91	\$645,54	\$664,73	\$684,49	\$704,85	\$725,81
Prima de opciones (Black-Scholes):	\$19,16	\$19,82	\$20,51	\$21,21	\$21,94	\$22,69	\$23,46	\$24,26	\$25,08	\$25,92	\$26,79	\$27,68	\$28,61	\$29,56
Precio efectivo internacional aceite (PE) (\$/TM)	\$480,84	\$495,18	\$509,94	\$525,15	\$540,81	\$556,95	\$573,56	\$590,68	\$608,31	\$626,47	\$645,17	\$664,43	\$684,27	\$704,71
Precio de venta al productor local (\$/TM FF)	\$66,39	\$66,73	\$66,73	\$66,73	\$66,73	\$67,49	\$69,32	\$71,20	\$73,14	\$75,14	\$77,20	\$79,32	\$81,50	\$83,75
Producción de fruta fresca (TM/ha):	0,00	7,00	12,00	18,00	22,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00
Ventas de fruta fresca puesta en planta	\$0,00	\$467,11	\$800,76	\$1.201,14	\$1.484,87	\$1.733,05	\$1.780,12	\$1.828,60	\$1.878,53	\$1.929,96	\$1.982,94	\$2.037,50	\$2.093,70	
Ingresos	\$0,00	\$467,11	\$800,76	\$1.201,14	\$1.484,87	\$1.733,05	\$1.780,12	\$1.828,60	\$1.878,53	\$1.929,96	\$1.982,94	\$2.037,50	\$2.093,70	
Labores	\$0,00	\$343,31	\$353,61	\$364,22	\$375,15	\$386,40	\$397,99	\$409,93	\$422,23	\$434,90	\$447,94	\$461,38	\$475,22	
Materiales	\$0,00	\$201,00	\$207,03	\$213,25	\$219,64	\$226,23	\$233,02	\$240,01	\$247,21	\$254,63	\$262,27	\$270,13	\$278,24	
Otros	\$0,00	\$114,92	\$188,85	\$281,63	\$349,89	\$406,60	\$418,80	\$431,36	\$444,30	\$457,63	\$471,36	\$485,50	\$500,07	
Imprevistos	\$0,00	\$8,36	\$10,02	\$12,06	\$13,62	\$14,95	\$15,40	\$15,86	\$16,34	\$16,83	\$17,33	\$17,85	\$18,39	
Costos de venta	\$0,00	\$667,59	\$759,51	\$871,15	\$958,30	\$1.034,18	\$1.065,21	\$1.097,16	\$1.130,08	\$1.163,98	\$1.198,90	\$1.234,87	\$1.271,91	
Utilidad bruta	\$0,00	(\$200,48)	\$41,25	\$329,99	\$526,57	\$698,87	\$714,91	\$731,44	\$748,45	\$765,98	\$784,04	\$802,63	\$821,79	
Supervisión y control	\$0,00	\$23,36	\$40,04	\$60,06	\$74,24	\$86,65	\$89,01	\$91,43	\$93,93	\$96,50	\$99,15	\$101,88	\$104,68	
Depreciación del cultivo	\$71,80	\$96,56	\$96,56	\$96,56	\$96,56	\$96,56	\$96,56	\$96,56	\$96,56	\$96,56	\$96,56	\$96,56	\$96,56	
Gastos de operación	\$71,80	\$119,91	\$136,60	\$156,61	\$170,80	\$183,21	\$185,56	\$187,99	\$190,48	\$193,06	\$195,70	\$198,43	\$201,24	
Utilidad de operación	(\$71,80)	(\$320,39)	(\$95,34)	\$173,38	\$355,77	\$515,66	\$529,35	\$543,45	\$557,97	\$572,93	\$588,33	\$604,20	\$620,54	
Utilidad antes de impuestos	(\$71,80)	(\$320,39)	(\$95,34)	\$173,38	\$355,77	\$515,66	\$529,35	\$543,45	\$557,97	\$572,93	\$588,33	\$604,20	\$620,54	
Impuestos	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$52,01	\$106,73	\$154,70	\$158,80	\$163,03	\$167,39	\$171,88	\$176,50	\$181,26	\$186,16	
Utilidad neta	(\$71,80)	(\$320,39)	(\$95,34)	\$121,36	\$249,04	\$360,96	\$370,54	\$380,41	\$390,58	\$401,05	\$411,83	\$422,94	\$434,38	
Inversión en labores	\$459,12	\$334,80												
Inversión en materiales	\$612,52	\$205,04												
Inversión en otros	\$688,17	\$71,59												
Inversión en imprevistos	\$35,20	\$7,51												
Más depreciación del cultivo	\$71,80	\$96,56	\$96,56	\$96,56	\$96,56	\$96,56	\$96,56	\$96,56	\$96,56	\$96,56	\$96,56	\$96,56	\$96,56	
Valor residual														
FLUJO NETO	(\$1.795,00)	(\$618,93)	(\$223,83)	\$1,21	\$217,92	\$345,60	\$457,52	\$467,10	\$476,97	\$487,14	\$497,61	\$508,39	\$519,50	\$530,94

.... continuación

	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20	Año 21	Año 22	Año 23	Año 24	Año 25
Índice de inflación internacional	1,51	1,56	1,60	1,65	1,70	1,75	1,81	1,86	1,92	1,97	2,03	2,09
Precio internacional aceite CIF-Rott. (\$/TM)	\$756,29	\$778,98	\$802,35	\$826,42	\$851,22	\$876,75	\$903,06	\$930,15	\$958,05	\$986,79	\$1.016,40	\$1.046,89
Precio de futuros del aceite (\$/TM)	\$747,41	\$769,65	\$792,56	\$816,16	\$840,47	\$865,51	\$891,29	\$917,85	\$945,21	\$973,39	\$1.002,41	\$1.032,31
Prima de opciones (Black-Scholes):	\$30,54	\$31,55	\$32,59	\$33,66	\$34,76	\$35,90	\$37,07	\$38,27	\$39,51	\$40,79	\$42,11	\$43,47
Precio efectivo internacional aceite (PE) (\$/TM)	\$725,76	\$747,44	\$769,77	\$792,77	\$816,46	\$840,86	\$865,99	\$891,88	\$918,54	\$946,00	\$974,29	\$1.003,42
Precio de venta al productor local (\$/TM FF)	\$86,06	\$88,45	\$90,90	\$93,43	\$96,04	\$98,72	\$101,49	\$104,34	\$107,27	\$110,29	\$113,40	\$116,61
Producción de fruta fresca (TM/ha):	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00
Ventas de fruta fresca puesta en planta	\$2.151,58	\$2.211,20	\$2.272,61	\$2.335,86	\$2.401,01	\$2.468,11	\$2.537,22	\$2.608,41	\$2.681,73	\$2.757,25	\$2.835,04	\$2.915,16
Ingresos	\$2.151,58	\$2.211,20	\$2.272,61	\$2.335,86	\$2.401,01	\$2.468,11	\$2.537,22	\$2.608,41	\$2.681,73	\$2.757,25	\$2.835,04	\$2.915,16
Labores	\$489,48	\$504,16	\$519,29	\$534,87	\$550,91	\$567,44	\$584,46	\$602,00	\$620,06	\$638,66	\$657,82	\$677,55
Materiales	\$286,58	\$295,18	\$304,04	\$313,16	\$322,55	\$332,23	\$342,20	\$352,46	\$363,04	\$373,93	\$385,15	\$396,70
Otros	\$515,07	\$530,52	\$546,44	\$562,83	\$579,71	\$597,11	\$615,02	\$633,47	\$652,47	\$672,05	\$692,21	\$712,98
Imprevistos	\$18,94	\$19,51	\$20,09	\$20,69	\$21,31	\$21,95	\$22,61	\$23,29	\$23,99	\$24,71	\$25,45	\$26,21
Costos de venta	\$1.310,07	\$1.349,37	\$1.389,85	\$1.431,55	\$1.474,50	\$1.518,73	\$1.564,29	\$1.611,22	\$1.659,56	\$1.709,35	\$1.760,63	\$1.813,44
Utilidad bruta	\$841,51	\$861,83	\$882,76	\$904,31	\$926,51	\$949,38	\$972,93	\$997,19	\$1.022,17	\$1.047,91	\$1.074,41	\$1.101,71
Supervisión y control	\$107,58	\$110,56	\$113,63	\$116,79	\$120,05	\$123,41	\$126,86	\$130,42	\$134,09	\$137,86	\$141,75	\$145,76
Depreciación del cultivo	\$96,56	\$96,56	\$96,56	\$96,56	\$96,56	\$96,56	\$96,56	\$96,56	\$96,56	\$96,56	\$96,56	\$96,56
Gastos de operación	\$204,14	\$207,12	\$210,19	\$213,35	\$216,61	\$219,96	\$223,42	\$226,98	\$230,64	\$234,42	\$238,31	\$242,32
Utilidad de operación	\$637,38	\$654,71	\$672,57	\$690,96	\$709,90	\$729,41	\$749,51	\$770,21	\$791,53	\$813,49	\$836,10	\$859,40
Utilidad antes de impuestos	\$637,38	\$654,71	\$672,57	\$690,96	\$709,90	\$729,41	\$749,51	\$770,21	\$791,53	\$813,49	\$836,10	\$859,40
Impuestos	\$191,21	\$196,41	\$201,77	\$207,29	\$212,97	\$218,82	\$224,85	\$231,06	\$237,46	\$244,05	\$250,83	\$257,82
Utilidad neta	\$446,16	\$458,30	\$470,80	\$483,67	\$496,93	\$510,59	\$524,66	\$539,15	\$554,07	\$569,44	\$585,27	\$601,58
Inversión en labores												
Inversión en materiales												
Inversión en otros												
Inversión en imprevistos												
Más depreciación del cultivo	\$96,56	\$96,56	\$96,56	\$96,56	\$96,56	\$96,56	\$96,56	\$96,56	\$96,56	\$96,56	\$96,56	\$96,56
Valor residual												\$8.776,88
FLUJO NETO	\$542,72	\$554,86	\$567,36	\$580,23	\$593,49	\$607,15	\$621,21	\$635,70	\$650,63	\$666,00	\$681,83	\$9.475,01

Fuente: Elaboración propia

3.1.1.2 Modelo para la industria de extracción de aceite

De acuerdo a la información suministrada por la empresa Corporación CEA de Costa Rica y su interés manifestado, se decidió seleccionar como modelo para este estudio, una planta industrial de capacidad de 15 a 20 toneladas de fruta fresca por hora. Esta planta se considera de tamaño medio para la realidad del país y de acceso relativamente cómodo para organizaciones rurales como cooperativas y asociaciones.

En la tabla siguiente, se presenta la inversión global fija organizada por partidas. Dentro de esta inversión, se incluye el terreno, la infraestructura, la maquinaria, el equipo y el mobiliario considerado como adecuado para las operaciones.

Por otra parte, la inversión en capital de trabajo se calcula como la mitad de los costos de operación del primer año y se presenta en la tabla correspondiente a los flujos de efectivo.

Tabla 3.9 Inversión fija estimada para una planta de 15 ton FF/hora

Nombre	Unidad	Cantidad	Total
Infraestructura	Global	1	\$1.699.535,70
Maquinaria y equipo	Global	1	\$2.841.625,57
Vehículos	Global	1	\$82.826,00
Mobiliario y equipo de oficina	Global	1	\$35.411,23
Total inversión fija depreciable			\$4.659.398,51
Terreno			\$247.314,93
Total inversión fija			\$4.906.713,44

Fuente: Elaboración propia con base en Capítulo II, Cala (2003), Corp. CEA (2007), Consultécnica (2000)

En la próxima tabla se presenta la inversión en activos depreciables debidamente detallada con base en los informes que la empresa Corporación CEA de Costa Rica S.A. suministró como material de referencia.

Tabla 3.10 Inversión depreciable detallada para una planta de 15 ton FF/hora

Tipo de cambio:

500,00

Rubros	Medida	Cantidad	Colones		US\$ Dólares	
			Valor unitario	Valor Total	Valor unitario	Valor Total
Terrenos	m²	308.130,13	401,32	123.657.467,02	\$0,80	\$247.314,93
Finca 1	m ²	268.432,00	367,63	98.683.656,16	\$0,74	\$197.367,31
Finca 2	m ²	25.543,36	622,55	15.902.018,77	\$1,25	\$31.804,04
Finca 3	m ²	14.154,77	640,90	9.071.792,09	\$1,28	\$18.143,58
Infraestructura	m²	25.602,88	33.190,32	849.767.851,47	\$66,38	\$1.699.535,70
Oficinas administrativas	m ²	60,00	238.508,92	14.310.535,32	\$477,02	\$28.621,07
Caseta de seguridad	m ²	5,17	238.508,92	1.233.091,13	\$477,02	\$2.466,18
Caseta de romana	m ²	17,32	238.508,92	4.130.974,53	\$477,02	\$8.261,95
Comedor	m ²	92,76	208.695,31	19.358.576,65	\$417,39	\$38.717,15
Laboratorio	m ²	37,82	238.508,92	9.020.407,43	\$477,02	\$18.040,81
Taller	m ²	114,41	188.819,56	21.602.846,23	\$377,64	\$43.205,69
Bodega	m ²	63,60	149.068,08	9.480.729,65	\$298,14	\$18.961,46
Batería de baños	m ²	38,00	258.384,67	9.818.617,29	\$516,77	\$19.637,23
Area de esterilización	m ²	504,00	96.074,02	48.421.306,84	\$192,15	\$96.842,61
Area de aceite y palmistería	m ²	658,80	220.970,25	145.575.200,35	\$441,94	\$291.150,40
Area de pinzote	m ²	99,00	96.074,02	9.511.328,13	\$192,15	\$19.022,66
Area de fuerza	m ²	183,00	144.111,03	26.372.318,90	\$288,22	\$52.744,64
Area de florentinos	m ²	240,00	99.378,72	23.850.892,20	\$198,76	\$47.701,78
Area de tolvas	m ²	320,00	129.699,93	41.503.977,29	\$259,40	\$83.007,95
Obras complementarias	m ²	11.169,00	17.079,09	190.756.367,41	\$34,16	\$381.512,73
Lagunas de oxidación	m ²	12.000,00	22.901,72	274.820.682,13	\$45,80	\$549.641,36
Maquinaria y equipo	Unidad	264,00		1.420.812.783,64		\$2.841.625,57
Tratamiento racimos	Unidad	45,00	5.345.025,75	240.526.158,64	\$10.690,05	\$481.052,32
Aceite crudo	Unidad	47,00	6.652.138,40	312.650.505,00	\$13.304,28	\$625.301,01
Pinzote	Unidad	11,00	10.082.604,55	110.908.650,00	\$20.165,21	\$221.817,30
Palmistería	Unidad	59,00	4.086.105,85	241.080.245,00	\$8.172,21	\$482.160,49
Servicios	Unidad	27,00	19.098.045,37	515.647.225,00	\$38.196,09	\$1.031.294,45
Vehículos	Unidad			41.413.001,71		\$82.826,00
Vagoneta	Unidad	1,00	28.253.350,28	28.253.350,28	\$56.506,70	\$56.506,70
Minicargador	Unidad	1,00	13.159.651,44	13.159.651,44	\$26.319,30	\$26.319,30
Mobiliario y equipo	Unidad			17.705.616,28		\$35.411,23
Oficina	Unidad	44,00	139.471,83	6.136.760,36	\$278,94	\$12.273,52
Taller	Unidad	18,00	542.148,95	9.758.681,16	\$1.084,30	\$19.517,36
Laboratorio	Unidad	11,00	164.561,34	1.810.174,76	\$329,12	\$3.620,35
VALOR TOTAL				2.453.356.720,12		\$4.906.713,44

Fuente: Corporación CEA (2007) y Consulténica (2000)

Tabla 3.11 Costos indirectos de fabricación por tonelada de aceite

Nombre	Unidad	Cantidad	Costo/unid	Total
Agua	kg	4.651,16	\$0,00	\$1,86
Electricidad	kw-hr/TM RFF	75,00	\$0,09	\$6,75
Reparaciones y manteni.	%/CD	10%	\$0,00	\$0,00
Imprevistos	%/CD	5%	\$0,00	\$0,00
Seguridad	Mes	1,00	\$1.100,00	\$1.100,00

Fuente: Elaboración propia con base en Capítulo II, Cala (2003), Corp. CEA (2007)

Tabla 3.12 Costos de mano de obra directa por turno de 8 horas/día

Subproceso	Unidad	Cantidad	Unidad	Cantidad	US\$ Dólares			Total
					Costo bruto/hora	Cargas sociales	Costo neto/hora	
Báscula	Hombre	1	Hora	8	\$1,70	\$0,82	\$2,52	\$20,13
Rampa y calidad	Hombre	3	Hora	24	\$1,70	\$0,82	\$2,52	\$60,38
Esterilización	Hombre	2	Hora	16	\$1,57	\$0,75	\$2,32	\$37,18
Volteador	Hombre	1	Hora	8	\$1,57	\$0,75	\$2,32	\$18,59
Clarificación	Hombre	1	Hora	8	\$1,57	\$0,75	\$2,32	\$18,59
Prensado	Hombre	1	Hora	8	\$1,57	\$0,75	\$2,32	\$18,59
Palmistería	Hombre	2	Hora	16	\$1,57	\$0,75	\$2,32	\$37,18
Calderas	Hombre	2	Hora	16	\$2,00	\$0,96	\$2,96	\$47,36
Misceláneo	Hombre	2	Hora	16	\$1,37	\$0,66	\$2,03	\$32,44
Costo de salarios directos por turno								\$290,44
				Producción:	25,8 TM aceite/turno/día			
Costo de salarios directos por TM de aceite								\$11,26

Fuente: Elaboración propia con base en Capítulo II, Cala (2003), Corp. CEA (2007)

Tabla 3.13 Gastos de operación para una planta de 15 ton FF/hora

Nombre	Unidad	Cantidad	Costo/unid	Total	Costo/unid	Total
Salarios						
Salario gerente general	Mensual	12	800.000	9.600.000	\$1.600	\$19.200
Salario jefe de planta	Mensual	12	600.000	7.200.000	\$1.200	\$14.400
Salario coordinador financiero	Mensual	12	400.000	4.800.000	\$800	\$9.600
Salario de secretaria	Mensual	12	200.000	2.400.000	\$400	\$4.800
Subtotal			2.000.000	24.000.000	\$4.000	\$48.000
Cargas sociales		48,0%	960.000	11.520.000	\$1.920	\$23.040
Total			2.960.000	35.520.000	\$5.920	\$71.040
Generales						
Suministros de oficina	Mensual	12	75.000	900.000	\$150	\$1.800
Alimentación y viáticos	Mensual	12	150.000	1.800.000	\$300	\$3.600
Combustibles y lubricantes	Mensual	12	50.000	600.000	\$100	\$1.200
Alquiler de transformadores	Mensual	12	215.000	2.580.000	\$430	\$5.160
Alquiler de oficina	Mensual	12	60.000	720.000	\$120	\$1.440
Servicios						
Servicios legales	Mensual	12	50.000	600.000	\$100	\$1.200
Regencia química ambiental	Mensual	12	300.000	3.600.000	\$600	\$7.200
Contrato de seguridad	Mensual	12	900.000	10.800.000	\$1.800	\$21.600
Electricidad oficinas	Mensual	12	50.000	600.000	\$100	\$1.200
Agua	Mensual	12	10.000	120.000	\$20	\$240
Teléfonos	Mensual	12	60.000	720.000	\$120	\$1.440
Subtotal gastos de administración				58.560.000		\$117.120
Comercialización						
Publicidad	Mensual	12	90.000	1.080.000	\$180,0	\$2.160,0
Eventos especiales	Mensual	12	150.000	1.800.000	\$300,0	\$3.600,0
Subtotal gastos de ventas				2.880.000	\$20.160,0	\$5.760,0
TOTAL GASTOS DE OPERACIÓN (SIN DEPRECIACION)				61.440.000		\$122.880

Fuente: Corporación CEA (2007) y otros reportes de consultoría de dicha empresa

A continuación se citan, más supuestos igualmente importantes, que los anteriormente mencionados, con el fin de diseñar un modelo financiero de proyección de flujos de efectivo para la industria de extracción de aceite de palma.

- El precio internacional del aceite de palma se define como se indicó el modelo de producción agrícola.
- Para efectos de cancelar el costo de la materia prima de la planta a los productores agrícolas, se utiliza el modelo o algoritmo de CANAPALMA.
- La planta está en capacidad de generar los siguientes productos: aceite crudo, aceite de palmiste o coquito y harina de palmiste o coquito.
- Se supone que en promedio el precio del aceite de coquito representa un 115% del precio del aceite de referencia, mientras que el precio de la harina de coquito, representa en promedio un 20%.
- La planta trabajará a su capacidad máxima de 15 toneladas de fruta fresca por hora pero esto se logrará luego de un proceso de consolidación de los sistemas de producción, curva de aprendizaje, abastecimiento de materia y el mercadeo. Considerando 18 horas efectivas diarias, 5 días de operación por semana y 52 semanas en el año, la capacidad anual máxima de la planta se estima en 70.200 toneladas de fruta fresca por año.
- Se estima un aprovechamiento de la capacidad de planta del 25% para el primer año de operación, un 50% para el segundo, un 75% para el tercero y un 100% a partir del cuarto año.
- Los rendimientos promedio sobre la fruta fresca para la planta modelo: 21.50% de aceite crudo, 4,15% de almendra, 1.66% de aceite de coquito y 2.50% de harina de coquito.

- Las cargas sobre la planilla son las mismas que se describieron anteriormente para el modelo de producción agrícola.
- Los costos por suministros varios para producción se estiman como un 1% de los costos de materia prima.
- De acuerdo con la disponibilidad de materia prima, si la capacidad de planta es menor o igual al 33%, solo se trabajará con un turno de 8 horas, si es de menor o igual al 66%, se trabajará con dos turnos y si es mayor, se trabajará con 3 turnos. Esto incrementaría en 2 y 3 respectivamente, los costos definidos para un turno.
- Para la operación de un turno de la planta, se estima los siguientes requerimientos de mano de obra: 1 operador de báscula, 3 operarios para el área de rampa y calidad, 2 operarios para el área de esterilización y vagones, 1 operario para el área de volteo de fruta, 2 operarios para el área de clarificación y prensado, 2 operarios para el área de palmistería, 2 operarios para el área de calderas y 2 misceláneos.
- La tasa de impuesto de la renta es del 30% y la tasa de cambio de la moneda es de ¢500 por US dólar.
- Se considera una estructura de capital con una proporción de capital propio del 100%.
- Se estima una vida útil de 10 años, definido en gran parte, por la vida útil de la maquinaria industrial y el valor residual se estima con el Método de Gordon.
- Se estima una inversión en capital de trabajo del 50% de los costos y gastos de operación para el primer año.

Tabla 3.14 Modelo de evaluación de rentabilidad financiera para la industria de extracción de aceite de palma (en miles US\$ dólares)

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Índice de inflación internacional	1,00	1,03	1,06	1,09	1,13	1,16	1,19	1,23	1,27	1,30	1,34
Precio internacional de aceite CIF-Rotterdam (\$/TM)		\$530,45	\$562,75	\$597,03	\$633,39	\$671,96	\$712,88	\$756,29	\$802,35	\$851,22	\$903,06
Precio de futuros del aceite (\$/TM)		\$526,17	\$558,02	\$591,81	\$627,65	\$665,67	\$706,00	\$748,77	\$794,15	\$842,28	\$893,34
Prima de opciones (Black-Scholes):		\$19,82	\$20,51	\$21,21	\$21,94	\$22,69	\$23,46	\$24,26	\$25,08	\$25,92	\$26,79
Precio efectivo internacional del aceite (PE) (\$/TM)		\$515,12	\$530,72	\$546,81	\$563,39	\$580,50	\$598,14	\$616,34	\$635,11	\$654,47	\$674,45
Precio de venta al productor local (\$/TM FF)		\$66,73	\$66,73	\$66,73	\$68,20	\$70,09	\$72,03	\$74,03	\$76,09	\$78,22	\$80,42
Ventas de aceite crudo limpio y seco		\$1.942,03	\$4.001,67	\$6.184,42	\$8.496,03	\$8.754,01	\$9.020,08	\$9.294,51	\$9.577,56	\$9.869,53	\$10.170,71
Ventas de aceite de almendra		\$172,43	\$355,31	\$549,12	\$754,37	\$777,27	\$800,90	\$825,27	\$850,40	\$876,32	\$903,06
Ventas de harina de almendra		\$45,16	\$93,06	\$143,82	\$197,58	\$203,58	\$209,77	\$216,15	\$222,73	\$229,52	\$236,53
Ingresos		\$2.159,63	\$4.450,04	\$6.877,36	\$9.447,98	\$9.734,87	\$10.030,75	\$10.335,92	\$10.650,70	\$10.975,38	\$11.310,30
Materia prima		\$1.205,21	\$2.482,74	\$3.835,83	\$5.384,18	\$5.698,72	\$6.032,23	\$6.385,88	\$6.760,91	\$7.158,64	\$7.580,48
Mano de obra directa		\$78,83	\$162,39	\$250,89	\$258,42	\$266,17	\$274,16	\$282,38	\$290,85	\$299,58	\$308,56
Suministros varios		\$12,41	\$26,34	\$41,92	\$60,60	\$66,06	\$72,03	\$78,54	\$85,65	\$93,40	\$101,88
Costos directos		\$1.296,46	\$2.671,47	\$4.128,64	\$5.703,20	\$6.030,96	\$6.378,41	\$6.746,79	\$7.137,40	\$7.551,62	\$7.990,92
Agua		\$7,22	\$14,88	\$22,99	\$31,58	\$32,52	\$33,50	\$34,51	\$35,54	\$36,61	\$37,70
Electricidad		\$26,21	\$53,99	\$83,42	\$114,57	\$118,00	\$121,54	\$125,19	\$128,95	\$132,81	\$136,80
Reparaciones y mantenimiento		\$13,35	\$28,34	\$45,11	\$64,19	\$69,92	\$76,16	\$82,98	\$90,41	\$98,53	\$107,39
Seguridad		\$13,60	\$14,00	\$14,42	\$14,86	\$15,30	\$15,76	\$16,23	\$16,72	\$17,22	\$17,74
Depreciación infraestructura		\$42,49	\$42,49	\$42,49	\$42,49	\$42,49	\$42,49	\$42,49	\$42,49	\$42,49	\$42,49
Depreciación maquinaria y equipo		\$142,08	\$142,08	\$142,08	\$142,08	\$142,08	\$142,08	\$142,08	\$142,08	\$142,08	\$142,08
Depreciación vehículos		\$8,28	\$8,28	\$8,28	\$8,28	\$8,28	\$8,28	\$8,28	\$8,28	\$8,28	\$8,28
Seguros		\$23,30	\$23,30	\$23,30	\$23,30	\$23,30	\$23,30	\$23,30	\$23,30	\$23,30	\$23,30
Imprevistos		\$64,82	\$133,57	\$206,43	\$285,16	\$301,55	\$318,92	\$337,34	\$356,87	\$377,58	\$399,55
Costos indirectos		\$341,36	\$460,95	\$588,54	\$726,50	\$753,44	\$782,04	\$812,40	\$844,64	\$878,91	\$915,33
Total costos de venta		\$1.637,81	\$3.132,41	\$4.717,18	\$6.429,70	\$6.784,40	\$7.160,45	\$7.559,19	\$7.982,04	\$8.430,52	\$8.906,25
Utilidad bruta		\$521,82	\$1.317,63	\$2.160,18	\$3.018,28	\$2.950,47	\$2.870,30	\$2.776,74	\$2.668,65	\$2.544,85	\$2.404,05
Gastos de administración		\$121,62	\$125,27	\$129,03	\$132,90	\$136,89	\$140,99	\$145,22	\$149,58	\$154,07	\$158,69
Gastos de ventas		\$5,93	\$6,11	\$6,29	\$6,48	\$6,68	\$6,88	\$7,08	\$7,30	\$7,52	\$7,74
Depreciación mobiliario y equipo		\$3,54	\$3,54	\$3,54	\$3,54	\$3,54	\$3,54	\$3,54	\$3,54	\$3,54	\$3,54
Total gastos de operación		\$131,10	\$134,92	\$138,86	\$142,92	\$147,11	\$151,41	\$155,85	\$160,42	\$165,12	\$169,97
Utilidad de operación		\$390,72	\$1.182,70	\$2.021,32	\$2.875,36	\$2.803,36	\$2.718,89	\$2.620,89	\$2.508,24	\$2.379,73	\$2.234,08
Utilidad antes de impuestos		\$390,72	\$1.182,70	\$2.021,32	\$2.875,36	\$2.803,36	\$2.718,89	\$2.620,89	\$2.508,24	\$2.379,73	\$2.234,08
Impuestos		\$117,22	\$354,81	\$606,40	\$862,61	\$841,01	\$815,67	\$786,27	\$752,47	\$713,92	\$670,22
Utilidad neta		\$273,50	\$827,89	\$1.414,92	\$2.012,75	\$1.962,35	\$1.903,22	\$1.834,62	\$1.755,76	\$1.665,81	\$1.563,85
Menos la inversión inicial	\$4.906,71										
Menos capital de trabajo	\$884,46										
Más depreciaciones		\$196,39	\$196,39	\$196,39	\$196,39	\$196,39	\$196,39	\$196,39	\$196,39	\$196,39	\$196,39
Menos amortizaciones		\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
Más Valor Residual											\$22.129,65
FLUJO NETO	(\$5.791,17)	\$469,90	\$1.024,29	\$1.611,32	\$2.209,14	\$2.158,75	\$2.099,61	\$2.031,01	\$1.952,16	\$1.862,20	\$23.889,90

Fuente: Elaboración propia

Una vez elaborados los modelos anteriores, es posible continuar con el ajuste de las distribuciones de probabilidad para las variables clave de este estudio, para finalmente correr la simulación de Monte Carlo y medir el riesgo con cobertura y luego con el efecto de distintas estrategias de cobertura.

3.1.2 Ajuste de distribuciones de probabilidad

Para ambos casos, producción agrícola e industria de extracción, se procedió a ajustar distribuciones de probabilidad para el precio internacional del aceite de palma, la tasa de interés (tasa pasiva promedio del Sistema Financiero en dólares para depósitos a 6 meses), y la tasa de inflación de los Estados Unidos de América.

Esto debido a que este trabajo busca cuantificar el riesgo de precio de mercado del aceite de palma mediante la variabilidad del VAN, es decir, por medio del VAN esperado o probabilístico y éste a su vez, se ve influenciado por la tasa de descuento y por la tasa de inflación de la moneda con la que se construyeron los flujos de efectivo nominales proyectados.

Para la industria de extracción, se procedió también ajustar una distribución para la variable denominada rendimiento de extracción, por ser considerada como clave en esta industria y porque no puede ser ignorada, ya que es parte integral que resume el funcionamiento de una planta de extracción de aceite.¹

De esta forma, para la variable precio de mercado del aceite de palma se utilizó la serie histórica mensual de precios CIF-Róterdam desde el enero de 1985 a diciembre del 2007 obtenida directamente de las estadísticas de comercio de la FAO (datos de enero del 2003 a diciembre del 2007), junto a la serie disponible suministrada por el Departamento de Inteligencia de Mercados del Consejo Nacional de Producción (datos de enero de 1985 a diciembre del 2002). Esta serie de datos se presenta en el anexo complementario #2.

A continuación se presenta las tablas de distribuciones de frecuencia absoluta y los histogramas de frecuencia para las variables indicadas anteriormente:

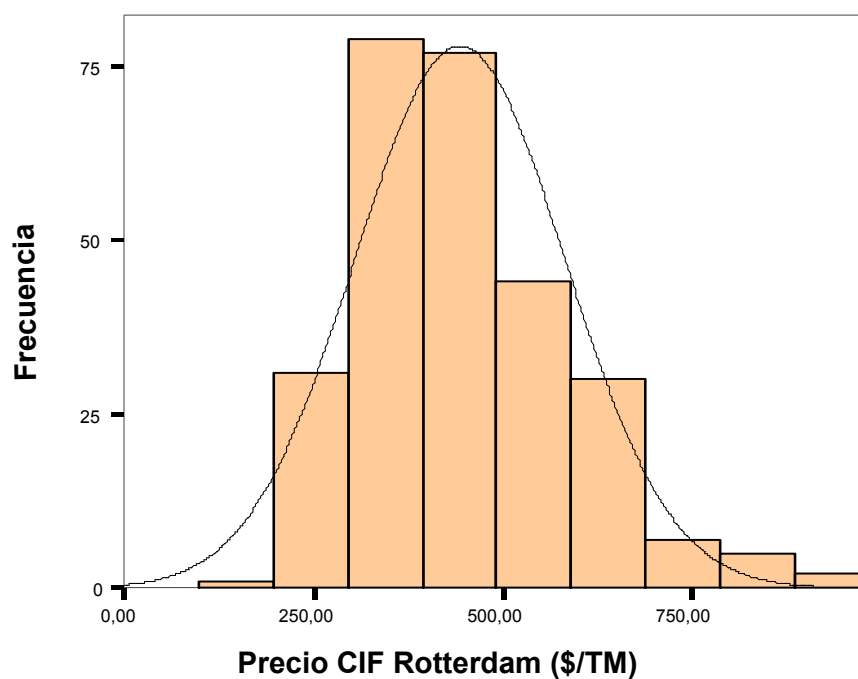
¹ Entrevista con Arq. Ricardo Solano Alvarado, presidente Corp. CEA

Tabla 3.15 Distribución de frecuencia del precio mundial del aceite de palma

Clases	Cantidad	Cantidad acumulada	% de validez	% acumulado
100.00 $\leq x < 200.00$	1	1	0,362	0,36
200.00 $\leq x < 300.00$	31	32	11,232	11,59
300.00 $\leq x < 400.00$	86	118	31,159	42,75
400.00 $\leq x < 500.00$	76	194	27,536	70,29
500.00 $\leq x < 600.00$	40	234	14,493	84,78
600.00 $\leq x < 700.00$	29	263	10,507	95,29
700.00 $\leq x < 800.00$	6	269	2,174	97,46
800.00 $\leq x < 900.00$	5	274	1,812	99,28
900.00 $\leq x < 1000.0$	2	276	0,725	100,00

N	Media	Mínimo	Máximo	Desviación	CV
276	443,51	197,00	985,00	139,33	31,42%

Fuente: Elaboración propia con base en los precios de Oil World y la FAO

Figura 3.1 Distribución de probabilidad del precio mundial del aceite de palma

Fuente: Elaboración propia con base en datos recopilados de www.faostat.com

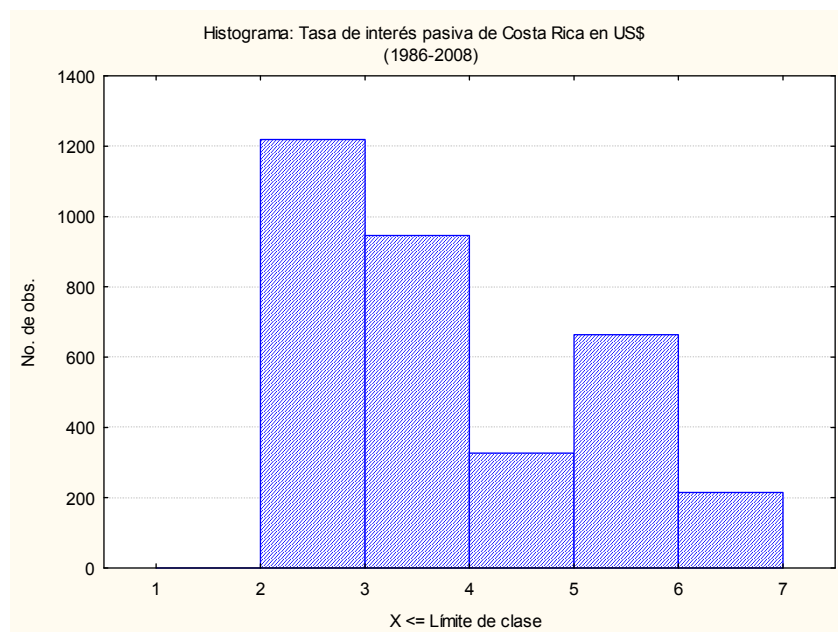
En la siguiente tabla, se presenta el resultado de la distribución de frecuencias, aplicada a la tasa de interés pasiva promedio del Sistema Financiero de Costa Rica, para depósitos a 6 meses en dólares.

Tabla 3.16 Distribución de frecuencias del precio mundial del aceite de palma

Clases	Cantidad		%	%
	Cantidad	acumulada	de validez	acumulado
2% <= x <= 3%	1219	1219	36,16138	36,1614
3% <= x <= 4%	946	2165	28,06289	64,2243
4% <= x <= 5%	327	2492	9,70039	73,9247
5% <= x <= 6%	664	3156	19,69742	93,6221
6% <= x <= 7%	215	3371	6,37793	100,0000

N	Media	Minimo	Maximo	Desviacion	CV
3371	3,76%	2,04%	6,52%	1,40%	37,14%

Fuente: Elaboración propia con base en datos del Banco Central de Costa Rica (1986-2008)

Figura 3.2 Distribución de probabilidad de la tasa pasiva promedio

Fuente: Elaboración propia con base en datos recopilados del Banco Central de Costa Rica

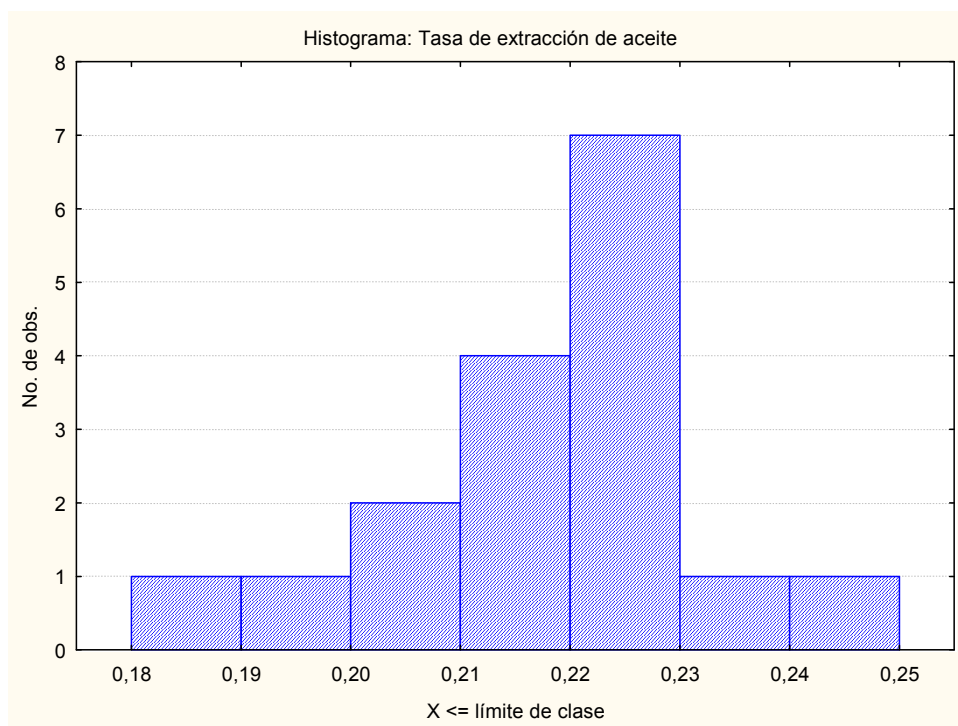
Para estimar el comportamiento probabilístico de la variable, rendimiento de extracción de aceite, se ajustó una tabla de frecuencia y distribución de probabilidad a los datos presentados en la tabla 2.7 de este estudio.

Tabla 3.17 Distribución de frecuencias del rendimiento de extracción de aceite

Clases	Cantidad	Cantidad		%	
		acumulada	% de validez	% acumulado	
18% <= x <= 19%	1	1	5,88	5,8824	
19% <= x <= 20%	1	2	5,88	11,7647	
20% <= x <= 21%	2	4	11,76	23,5294	
21% <= x <= 22%	4	8	23,53	47,0588	
22% <= x <= 23%	7	15	41,18	88,2353	
23% <= x <= 24%	1	16	5,88	94,1176	
24% <= x <= 25%	1	17	5,88	100,0000	

N	Media	Minimo	Maximo	Desviacion	CV
17	21,74%	18,85%	24,46%	1,48%	6,82%

Fuente: Elaboración propia con base en datos del Consejo Nacional de Producción

Figura 3.3 Distribución de probabilidad de la tasa de extracción de aceite

Fuente: Elaboración propia con base en datos recopilados del CNP

Finamente, se incluye también la tasa de inflación internacional de los Estados Unidos de América con un valor promedio de un 3%, una desviación estándar del 0.93% y suponiendo una distribución normal.

3.2 Medición del riesgo sin cobertura

El análisis de riesgo es la técnica mediante la cual se somete un modelo matemático a repetidas simulaciones, durante las cuales los valores de las variables son seleccionadas al azar entre distribuciones de probabilidad de múltiples valores, que definen el rango de los valores posibles y rigen su probabilidad de selección.

La selección aleatoria de valores durante cada corrida de simulación está aún más limitada para que se ajuste a condiciones de correlación que se espera razonablemente que existan entre las variables del modelo.

Los resultados de todas las simulaciones se reúnen y se analizan estadísticamente, a fin de lograr una distribución de probabilidad que una muestra una gama de todos los posibles resultados con sus respectivas probabilidades.

El análisis de riesgo puede desglosarse en las siguientes etapas:

- Modelo Matemático
- Análisis de sensibilidad e incertidumbre
- Distribución de probabilidad-Definición de límites de rango para valores de variable
- Distribuciones de probabilidad (Asignación de probabilidad a valores de rango)
- Condiciones de correlación (Fijación de dirección y fuerza de asociación para variables correlacionadas)
- Corridas de simulación
- Análisis de resultados

El modelo matemático define las relaciones algebraicas entre las variables numéricas. Es un conjunto de fórmulas que procesan una serie de variables, las cuales conducen a la evaluación de un resultado requerido.

Para este estudio, se empleó dos modelos matemáticos, uno es el modelo de evaluación de rentabilidad financiera para la producción agrícola de palma de aceite y el otro, es un modelo similar pero para la producción industrial de aceite de palma (tablas 3.8 y 3.14).

Las distribuciones de probabilidad regulan la probabilidad de selección de los valores dentro de los rangos definidos. Son funciones matemáticas que asignan valores a todos los posibles resultados, controlando así la selección aleatoria de valores para una variable dada durante una simulación de proyecto.

El análisis de riesgo utiliza distribuciones de probabilidad de valores múltiples para las variables claves de riesgo en el modelo de evaluación, en lugar de distribuciones deterministas, esto es lo que distingue la simulación del método determinista para la evaluación de proyectos.

La existencia de variables correlacionadas en modelos de evaluación de proyectos plantea un inconveniente, ya que ésta puede ser positiva o negativa. Se dice que existe una relación positiva o directa cuando un cambio en el valor de la variable independiente causa un cambio en la misma dirección en el valor de la variable dependiente.

Una relación inversa o negativa se da cuando el cambio en el valor de la variable dependiente ocurre en dirección opuesta al cambio de la variable independiente. La fuerza de asociación de las dos variables está indicada por su coeficiente de correlación, que puede variar de 0 a 1. Un valor de 0 significa que no hay correlación entre las variables, mientras que por el contrario un coeficiente de 1 indica correlación absoluta.

El modelo se simula en la computadora un número de veces n , y durante cada corrida de simulación, los valores de las variables claves de riesgo se seleccionan aleatoriamente dentro de los rangos especificados y de acuerdo con las distribuciones de probabilidad y las condiciones de correlación.

Una vez que se han hecho todas las suposiciones, se procesa repetidamente el modelo hasta que se reúnan suficientes resultados para formar una muestra representativa del número casi infinito de combinaciones posibles.

Debido a que el análisis de riesgo trata directamente con el riesgo inherente a las variables, no hay necesidad de agregar una prima por el riesgo de proyecto a la tasa de descuento que se usa para calcular el valor actual neto. Sin embargo, se debe incluir una prima de riesgo por el riesgo del mercado, el componente de riesgo derivado del grado en el cual el rendimiento de un valor aumenta o disminuye en respuesta a las fluctuaciones del mercado de valores, riesgo sistemático (Savvakis, 1994).

La regla general de decisión es escoger el proyecto que tiene la distribución de probabilidad de rendimiento (VAN como medida de rendimiento), que mejor se ajusta a la predisposición del inversionista hacia el riesgo. Para un inversionista adverso al riesgo, la regla de decisión sería la preferencia de un proyecto con mayor VAN y menor riesgo posible.

En la siguiente tabla se presenta los resultados de los modelos de evaluación de rentabilidad financiera para la producción agrícola y la industria de extracción de la palma aceitera bajo condiciones sin cobertura alguna de riesgo.

En la primera fila se presenta el resultado de las dos variables de respuesta del modelo que son el VAN y la TIR, ambas en el escenario estático.

A partir de la segunda fila se presenta los resultados para los escenarios dinámicos generados por el *software Risk Master for Windows 1.0* utilizando la técnica de simulación de Monte Carlo para 1.000 corridas de simulación.

Para la producción agrícola, el VAN esperado fue ligeramente menor que el estático, pero presentó un coeficiente de variación elevado e igual a 77.01%, lo cual indica que es de esperar una variabilidad alta en los resultados del VAN en múltiples escenarios.

Para la industria el VAN esperado fue bastante más elevado que el correspondiente al escenario estático y presentó un coeficiente de variación menor que en el caso del modelo agrícola, e igual a 50.16%.

El VAN mucho mayor obtenido para la industria a un riesgo menor que el modelo agrícola, demuestra el mayor valor agregado que aporta la industrialización sobre la producción primaria.

Para el caso de la producción agrícola, la probabilidad de retorno negativo fue del 3%, lo cual quiere decir de cada 100 escenarios posibles simulados, en 3 de ellos el VAN fue negativo.

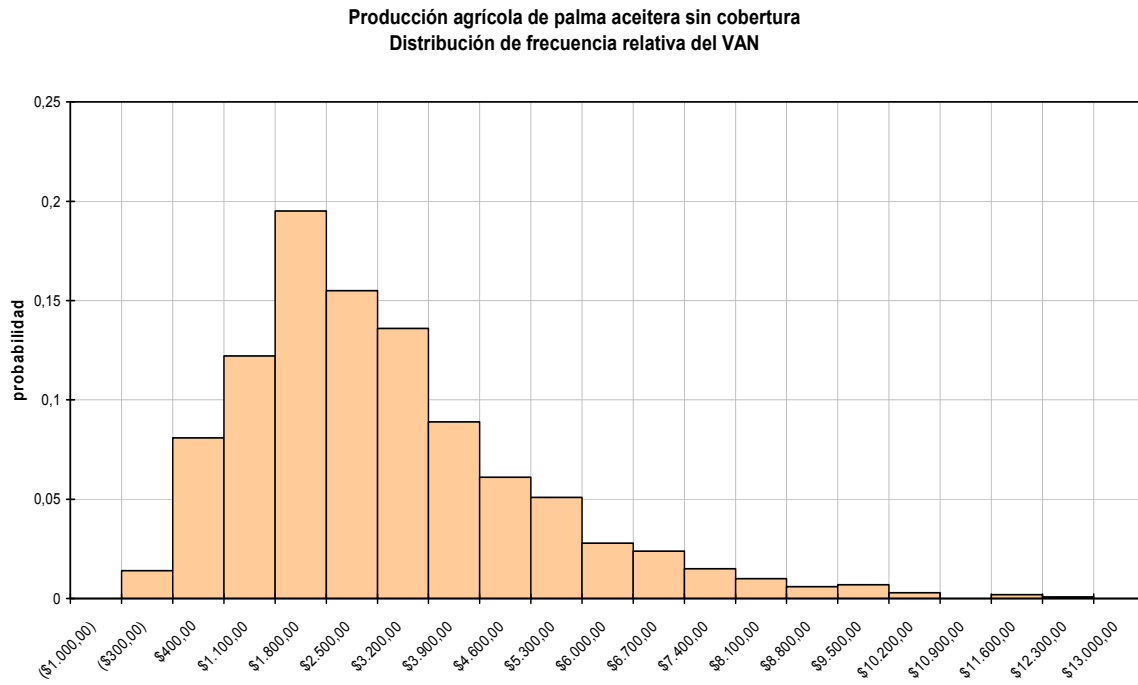
Por su parte, para la industria de extracción, se obtuvo una probabilidad de retorno negativo del 0.3% en el VAN, mucho menor que en el caso de la producción agrícola.

Tabla 3.18 Resultados de la simulación sin cobertura de riesgo

Rubros	Producción agrícola		Industria de extracción	
	VAN	TIR	VAN	TIR
	US\$/ha	%	Miles US\$	%
Valor en el escenario estático	\$2.738,62	13,69%	\$15.523,72	30,64%
Valor esperado (promedio)	\$2.577,89	12,85%	\$20.223,82	34,61%
Desviación estándar	\$1.985,29	2,10%	\$10.144,59	6,86%
Mínimo	(\$880,72)	4,95%	(\$1.635,69)	0,03%
Máximo	\$12.254,87	18,95%	\$64.920,95	52,39%
Coeficiente de variación	77,01%	16,37%	50,16%	19,83%
Probabilidad de retorno negativo	3,0%	0,0%	0,3%	0,0%

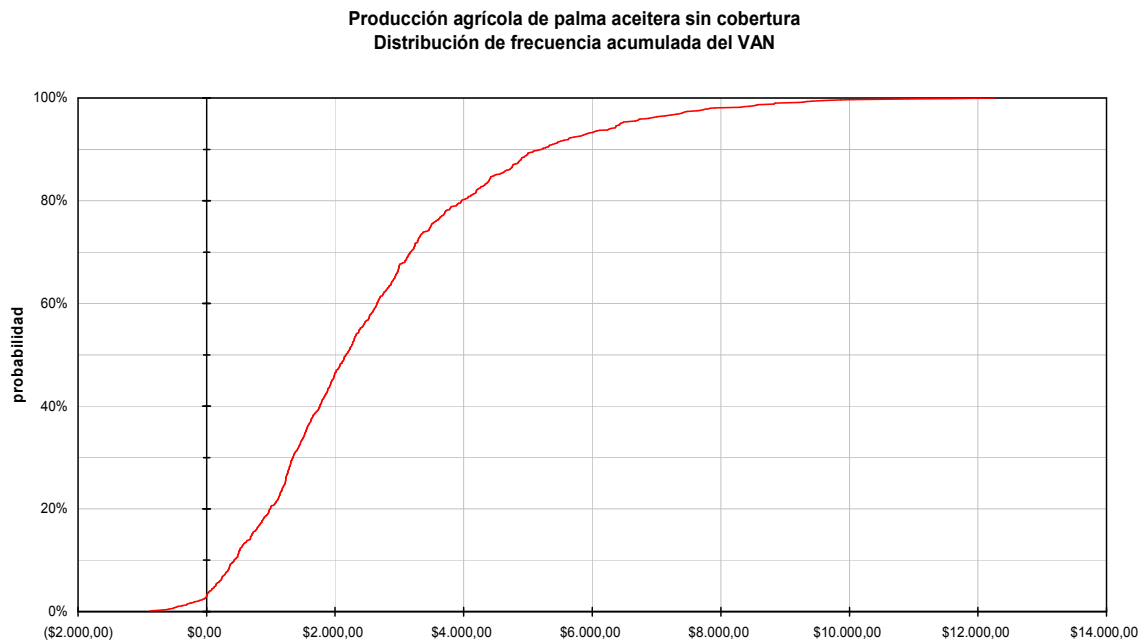
Fuente: Elaboración propia

Figura 3.4 DP del VAN agrícola sin cobertura de riesgo



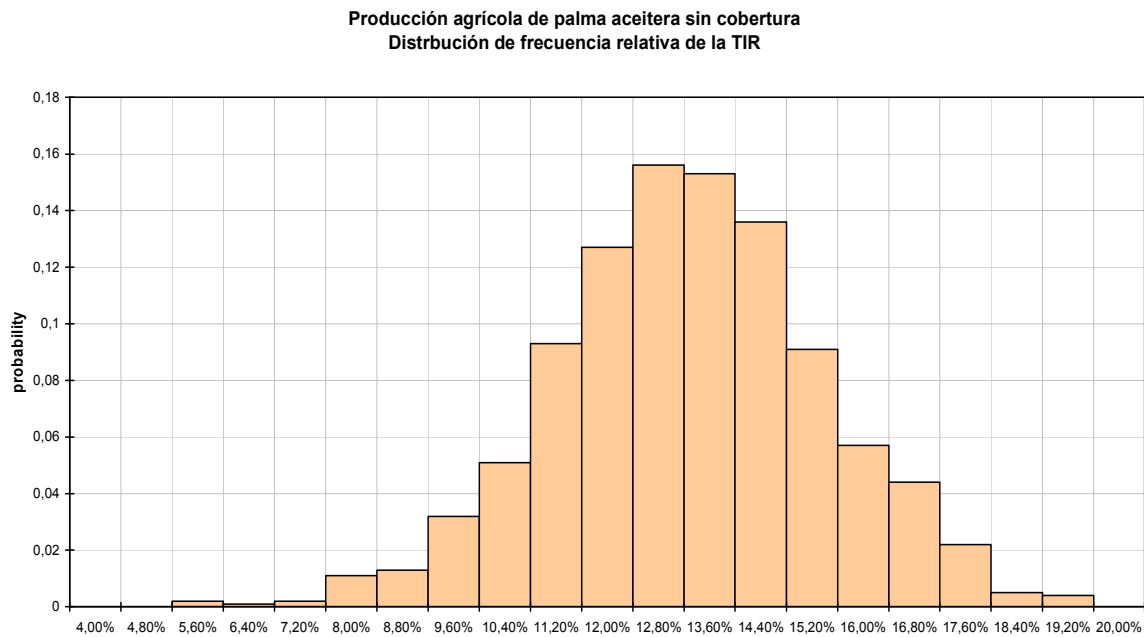
Fuente: Elaboración propia

Figura 3.5 DPA del VAN agrícola sin cobertura de riesgo



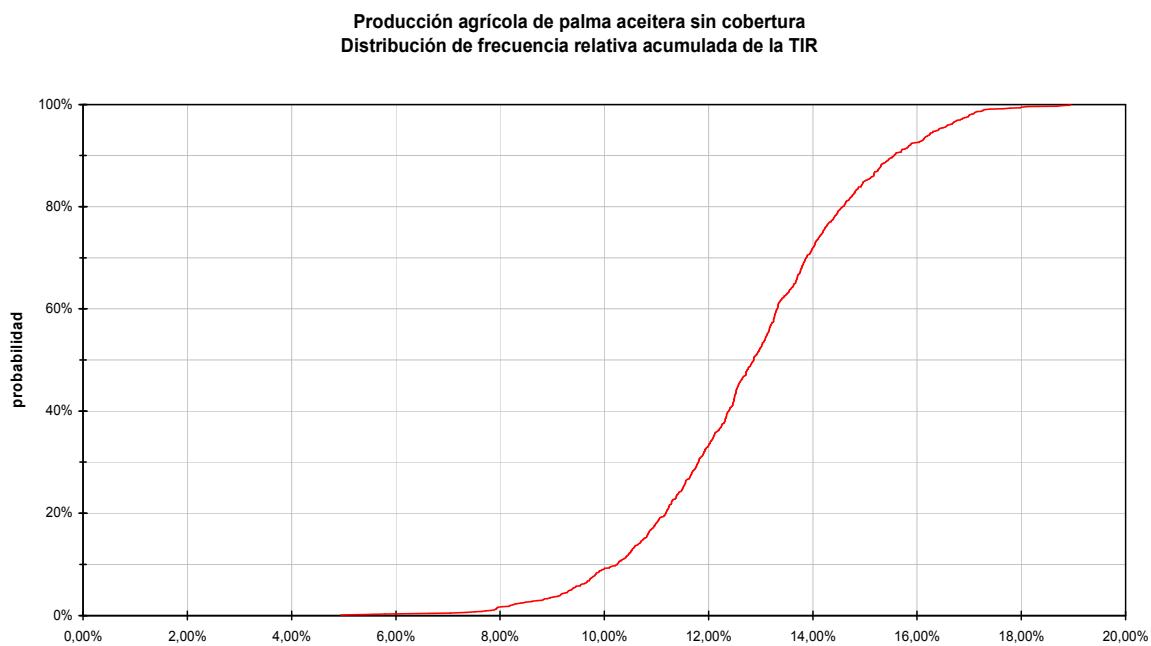
Fuente: Elaboración propia

Figura 3.6 DP de la TIR agrícola sin cobertura de riesgo



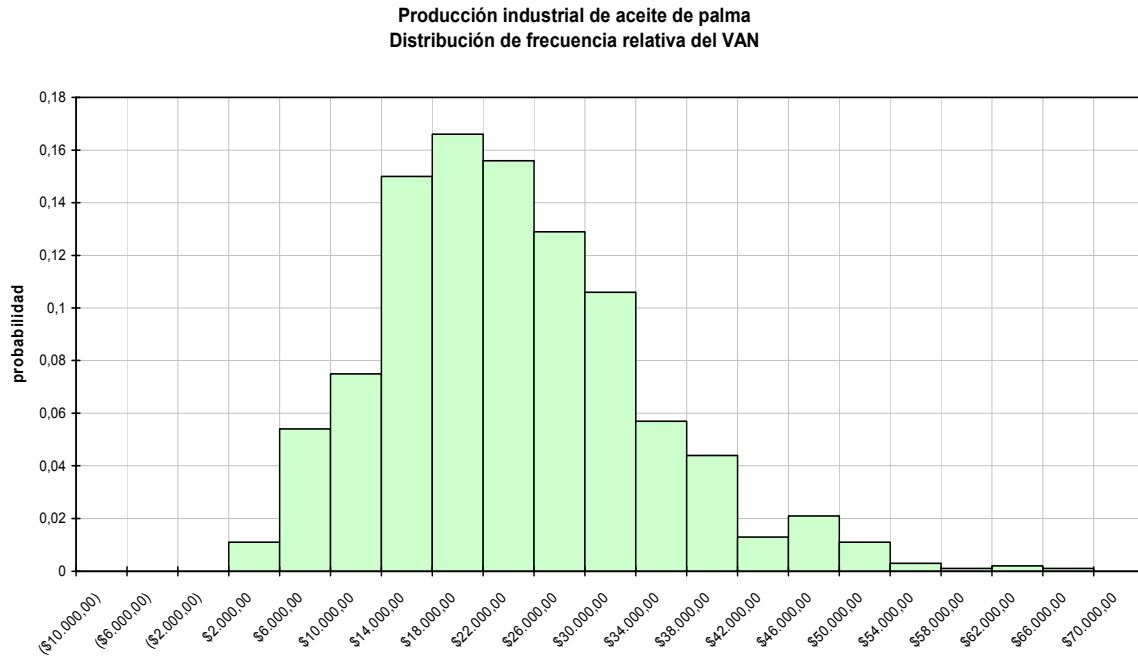
Fuente: Elaboración propia

Figura 3.7 DPA de la TIR agrícola sin cobertura de riesgo



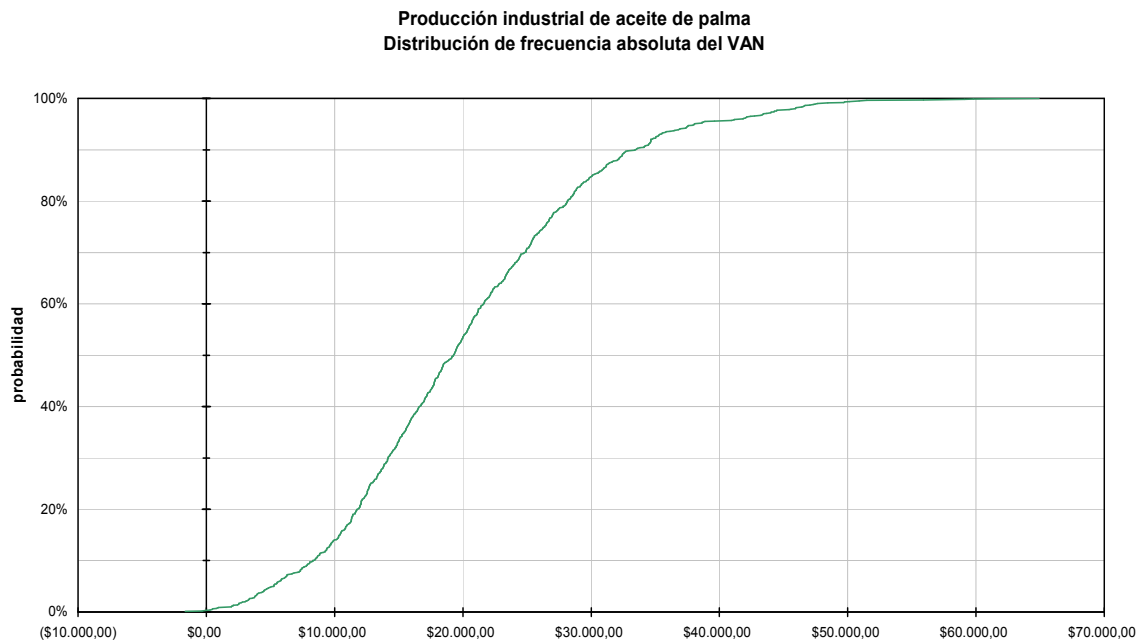
Fuente: Elaboración propia

Figura 3.8 DP del VAN industrial sin cobertura de riesgo



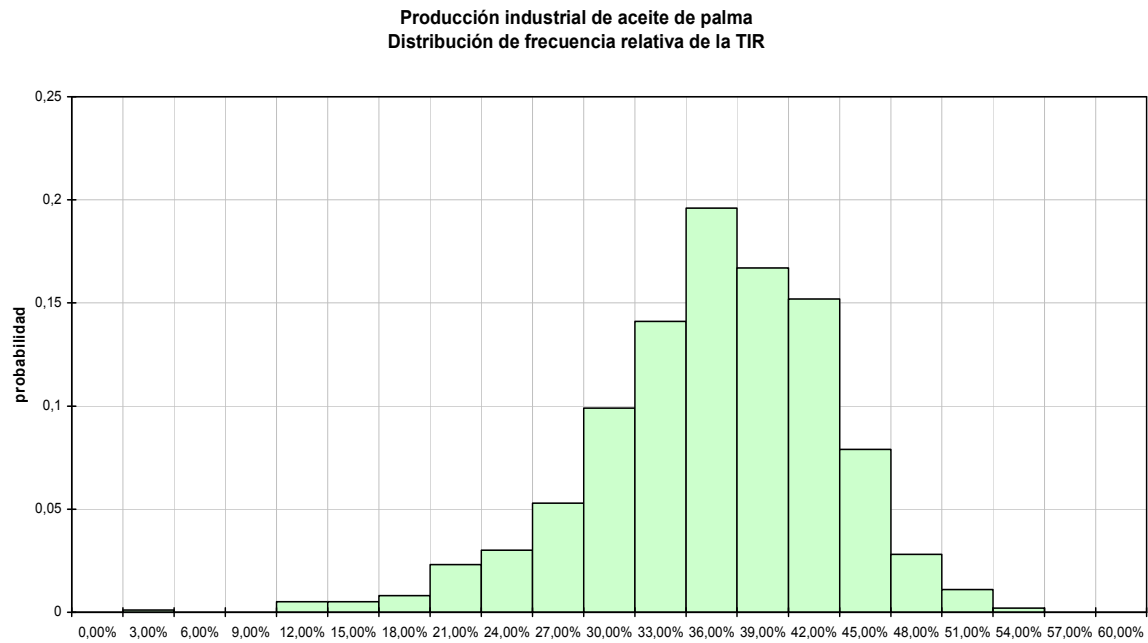
Fuente: Elaboración propia

Figura 3.9 DPA del VAN industrial sin cobertura de riesgo



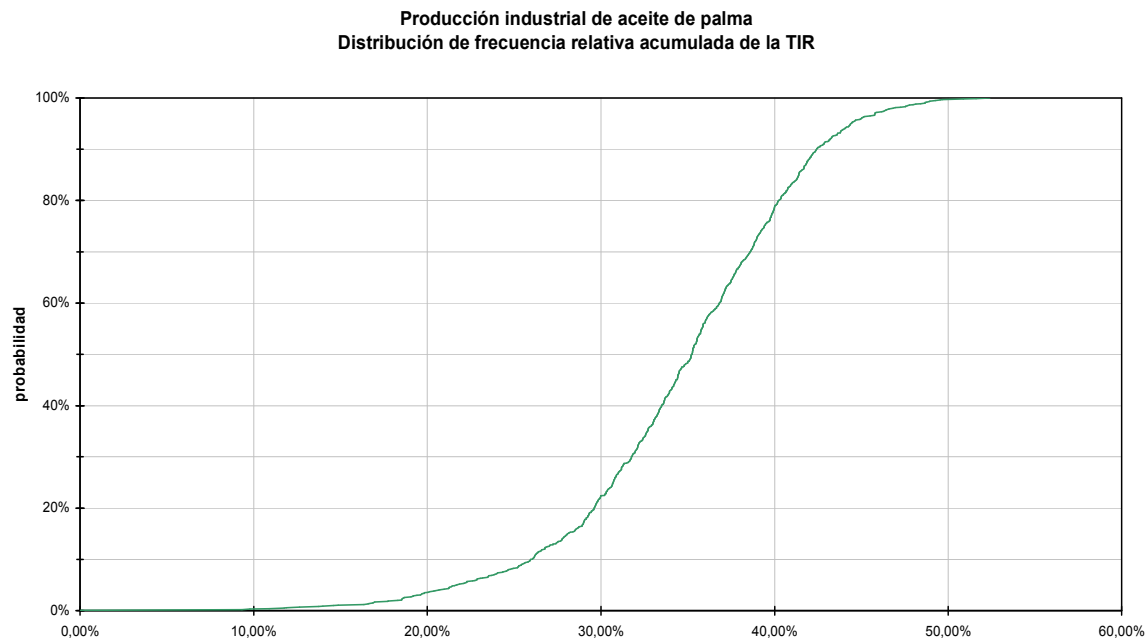
Fuente: Elaboración propia

Figura 3.10 DP de la TIR industrial sin cobertura de riesgo



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.11 DPA de la TIR industrial sin cobertura de riesgo



Fuente: Elaboración propia

3.3 Cobertura de riesgo en el mercado de futuros

Tanto el producto agrícola como el industrial de palma aceitera, poseen una posición larga en el mercado de contado, ya que poseen el activo y su exposición al riesgo, es una baja en el precio de mercado, por lo que se recomienda que asuman una posición, contraria en futuros, es decir, una posición corta. Esta posición corta implica vender en el momento actual contratos de futuros y comprarlos al vencimiento para cerrar posición y finiquitar el compromiso contractual.

El mercado de futuros permite compensar las variaciones fuertes en los precios de mercado, debido a que hay compensación entre el mercado de contado y el de futuro, como prueba de ello, se observa como al correr el modelo simulando el comportamiento de la posición corta en futuros del producto, el riesgo, disminuyó significativamente.

Si el precio de mercado sube, el productor con posición corta en futuros, recibe una ganancia en el mercado de contado, pero una pérdida en el mercado de futuros. El productor puede optar por la ganancia del aumento de precios solamente, como lo puede hacer al utilizar el mercado de opciones.

En el proyecto agrícola al igual que en el industrial, el riesgo disminuye significativamente al introducir la cobertura con futuros, además se obtiene una mejora en la rentabilidad ya que el VAN esperado obtenido fue mayor.

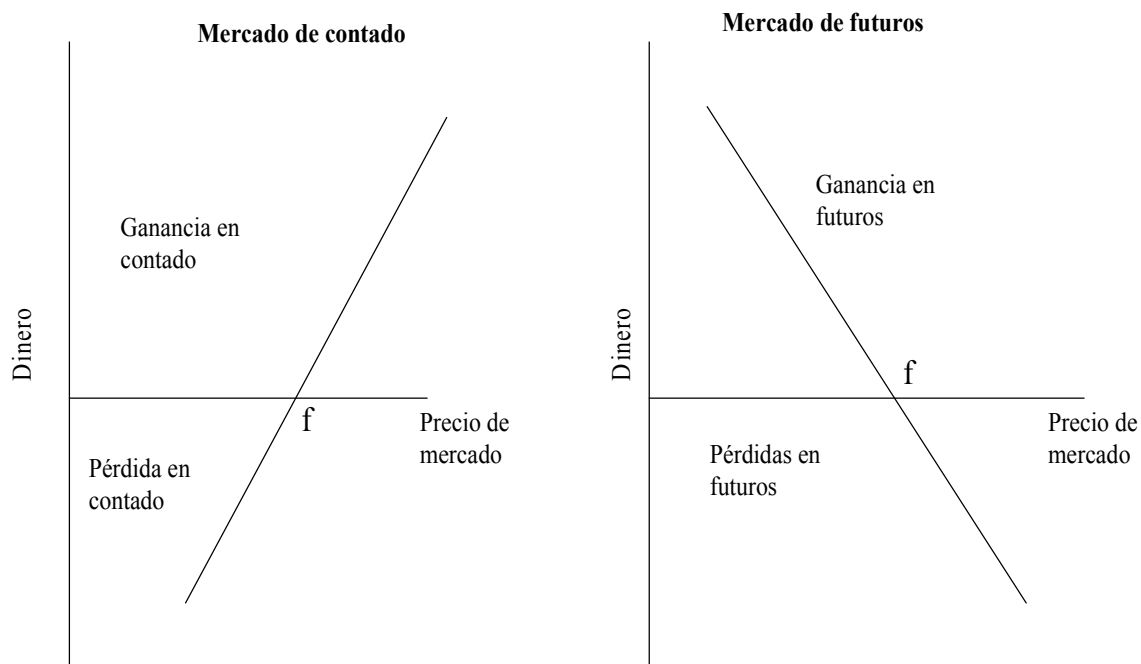
El riesgo disminuyó pero es notable observar como no fue posible su eliminación total, lo cual se debe a que en los modelos de evaluación de rentabilidad financiera, se incluyeron otras variables cuya variabilidad es de importancia, tal como la tasa de interés, la tasa de inflación y la tasa de extracción de aceite, en el caso de la industria.

También la TIR aumentó para ambos proyectos al introducir la cobertura en mercados de futuros.

De acuerdo con las definiciones de posiciones en el mercado de futuros, tanto un productor posee el activo de manera que posee una posición larga en el mercado de contado y está expuesto a una caída del precio del producto.

La tabla 1.1 indica que para el caso de una posición larga en el mercado de contado, se debe asumir una posición corta en el mercado de futuros, esto equivale entonces a vender contratos. El productor desea vender el producto, entonces procede a venderlo a futuro y así protegerse de una caída del precio de mercado, lo cual se muestra en la figura siguiente.

Figura 3.12 Posición de los productores de palma en el mercado de futuros



Fuente: Elaboración propia

Chaves (2007) y Hull (2002) indican que si el precio cae en el mercado de contado, el productor tendría entonces una pérdida en ese mercado, pero si se protegió con una cobertura en el mercado de futuros, en este mercado tendrá una ganancia ya que vendió a futuros al precio “f” que sería más alto que el precio al cierre en el mercado de contado de

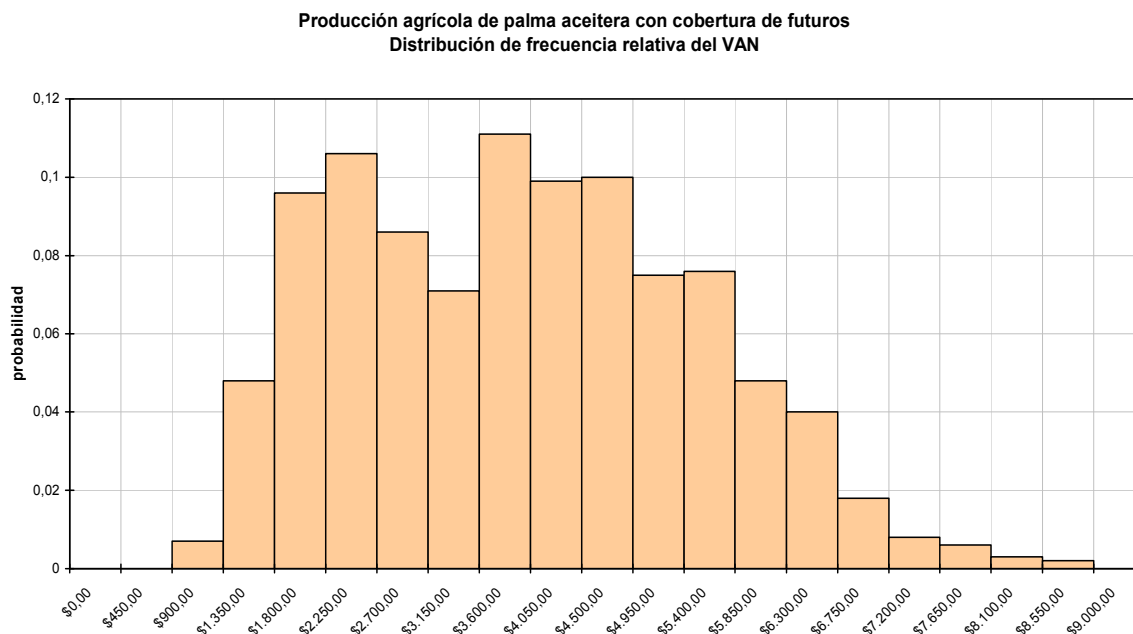
esa fecha. El productor para cerrar su posición en el mercado de futuros, compra contratos a un precio más bajo que aquel al que los vendió inicialmente, y por eso obtiene la ganancia.

Tabla 3.19 Resultados de la simulación con cobertura en futuros

Rubros	Producción agrícola		Industria de extracción	
	VAN	TIR	VAN	TIR
	US\$/ha	%	Miles US\$	%
Valor en el escenario estático	\$2.738,62	13,69%	\$15.523,72	30,64%
Valor esperado (promedio)	\$3.550,15	14,66%	\$17.064,89	34,64%
Desviación estándar	\$1.530,11	0,72%	\$5.730,62	4,37%
Mínimo	\$569,98	13,05%	\$188,28	10,57%
Máximo	\$8.343,46	16,94%	\$31.843,32	41,37%
Coefficiente de variación	43,10%	4,89%	33,58%	12,62%
Probabilidad de retorno negativo	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

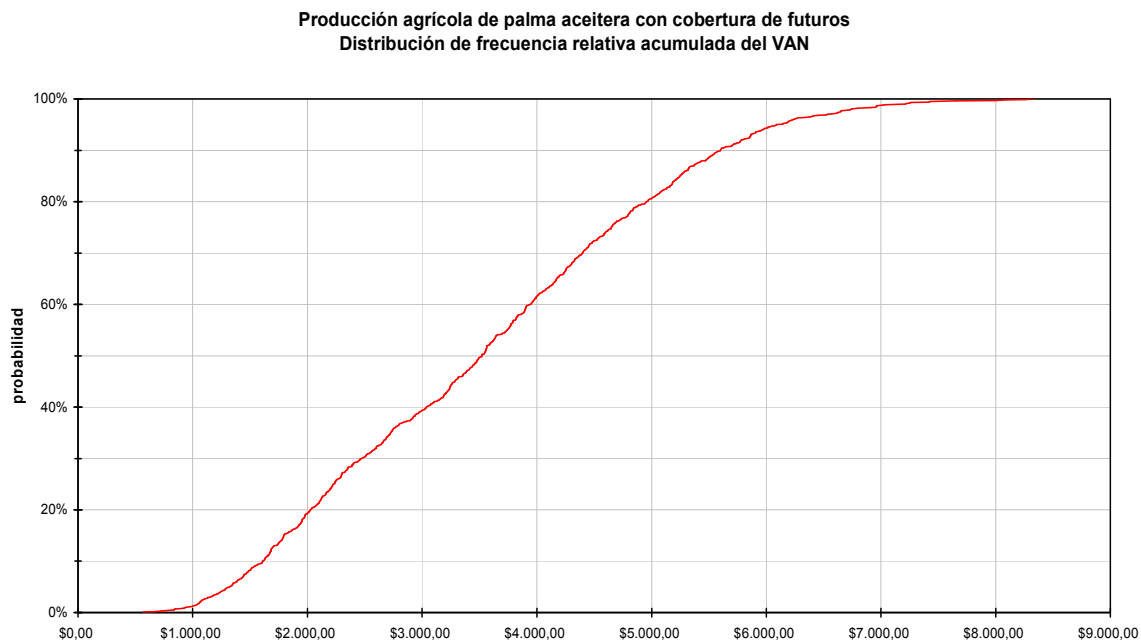
Fuente: Elaboración propia

Figura 3.13 DP del VAN agrícola con cobertura en futuros



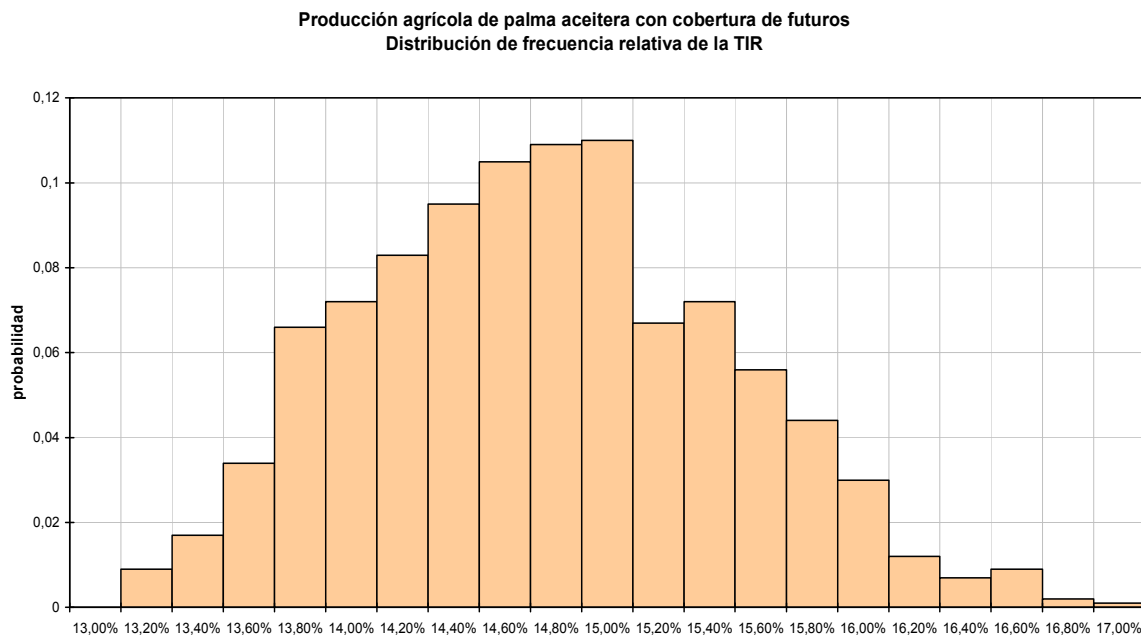
Fuente: Elaboración propia

Figura 3.14 DPA del VAN agrícola con cobertura en futuros



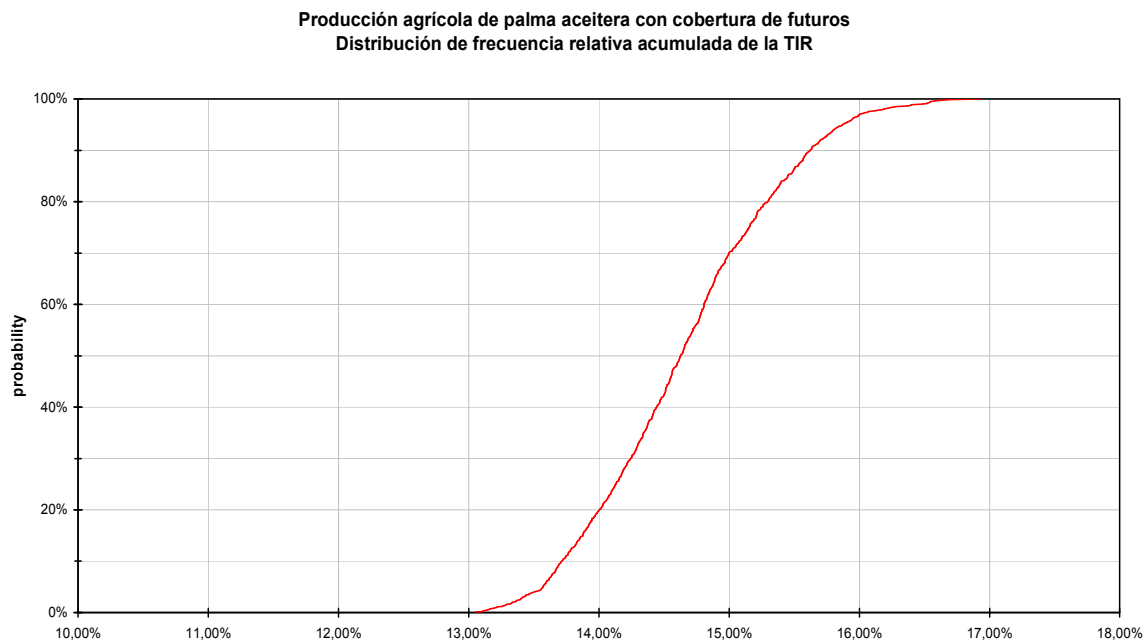
Fuente: Elaboración propia

Figura 3.15 DP de la TIR agrícola con cobertura en futuros



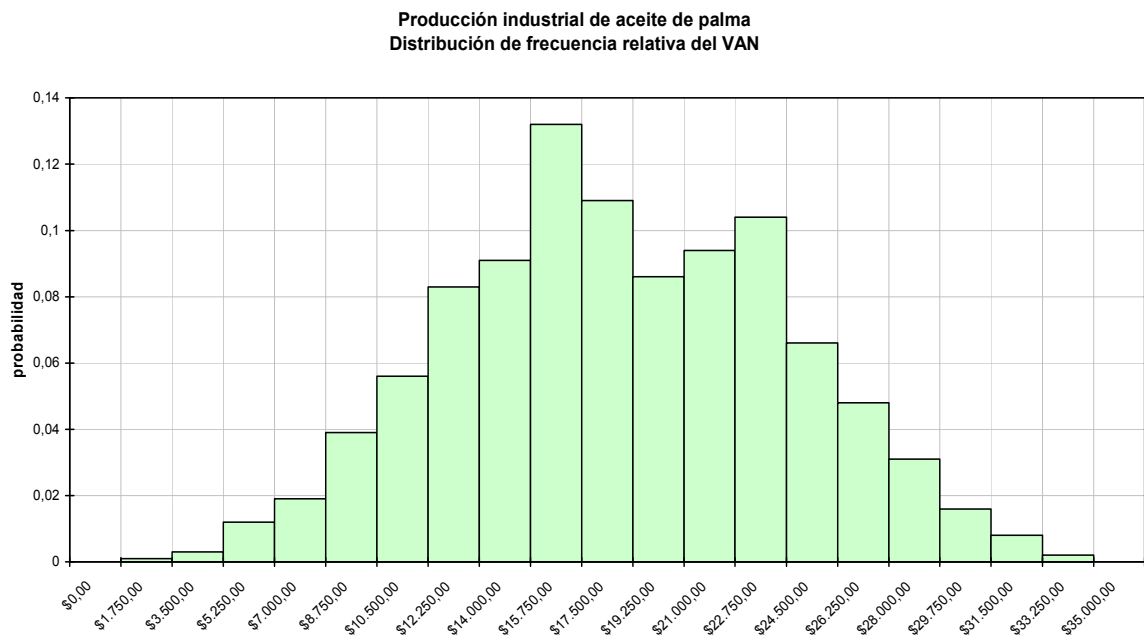
Fuente: Elaboración propia

Figura 3.16 DPA de la TIR agrícola con cobertura en futuros



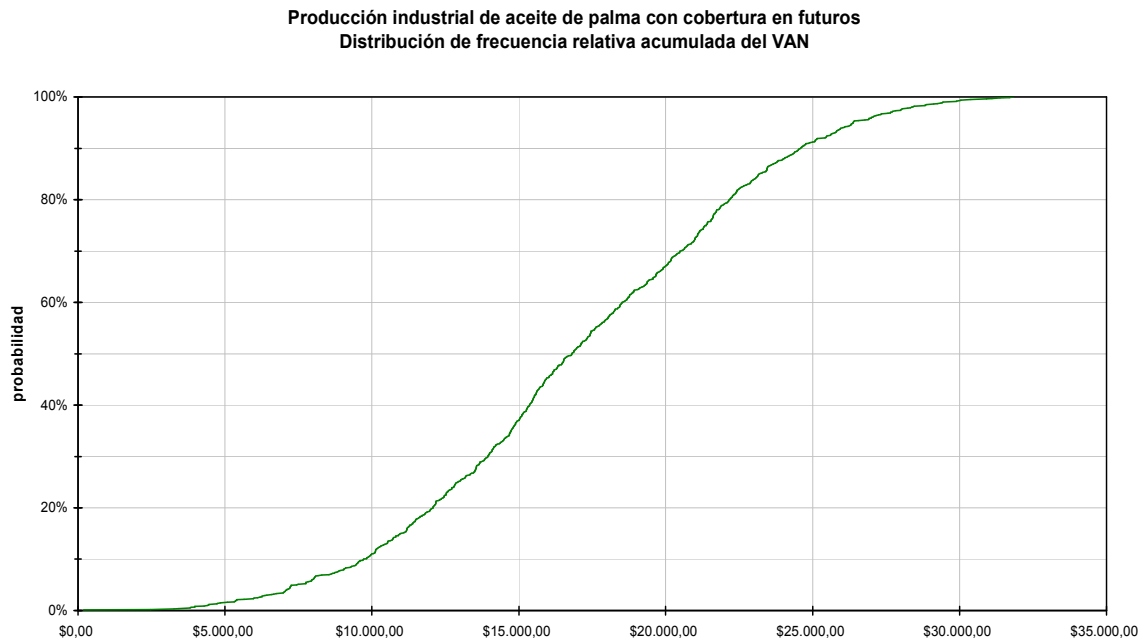
Fuente: Elaboración propia

Figura 3.17 DP del VAN industrial con cobertura en futuros



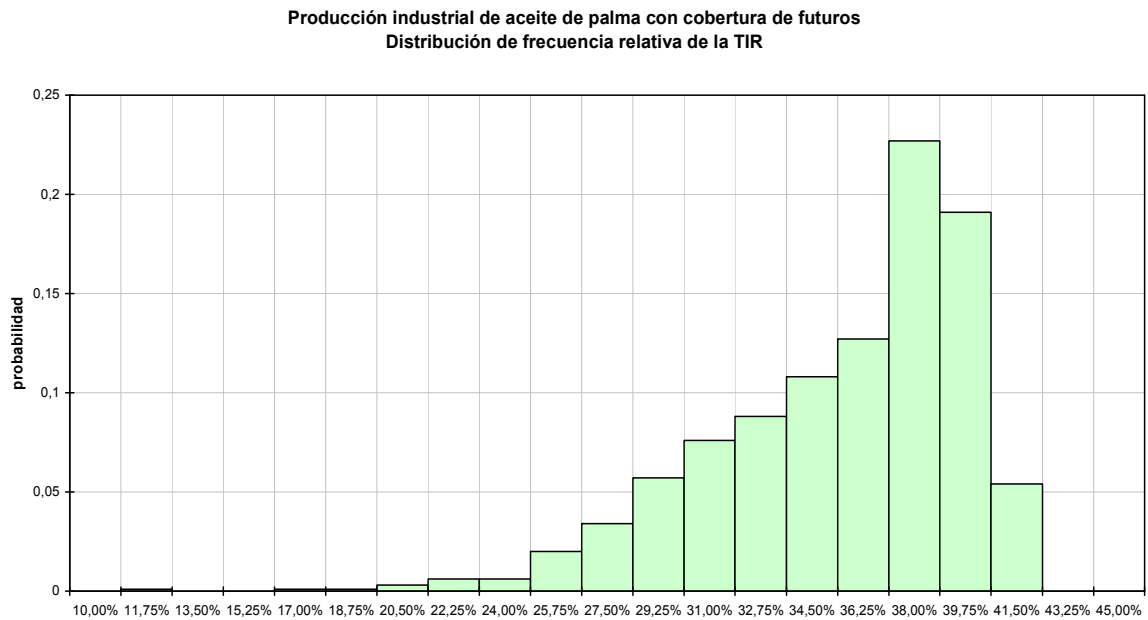
Fuente: Elaboración propia

Figura 3.18 DPA del VAN industrial con cobertura en futuros

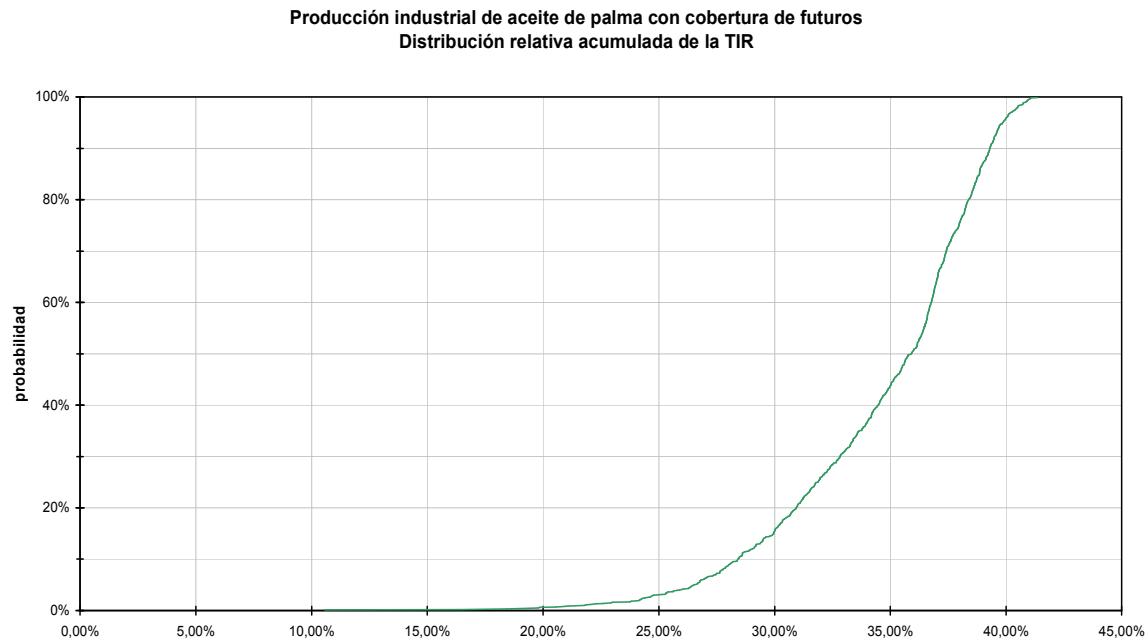


Fuente: Elaboración propia

Figura 3.19 DP de la TIR industrial con cobertura en futuros



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.20 DPA de la TIR industrial con cobertura en futuros

Fuente: Elaboración propia

3.4 Cobertura de riesgo en el mercado de opciones

Dado el trabajo tan específico realizado por los autores Fatimah y Zainalabidin Mohamed (1994), se decidió aprovechar sus resultados para este estudio y utilizar la intersección y la pendiente promedio para todos los meses, eliminando los meses de octubre y diciembre, puesto que presentaron coeficientes de determinación R^2 y F de Fisher² más bajos de lo normal para los otros meses.

Una vez estimados estos promedios, es posible obtener la función inversa, con la finalidad de encontrar una ecuación para los precios de futuros en función de los precios de contado, puesto que para efectos de este estudio, la variable que se simula de primero en el modelo de proyección, es el precio de contado.

² Entre más alto el R^2 mejor es el ajuste de la ecuación y regresión. Entre más alta la F de Fisher, más significativa resultó la regresión (Canavos, 1988)

En la tabla siguiente se presenta los resultados de adaptar los datos de Fatimah y Zainalabidin Mohamed (1994) a este trabajo con la finalidad de estimar la relación entre el precio de mercado de contado y el de futuros, según la teoría del mercado eficiente, con plazo de vencimiento de un mes para los futuros. La ecuación de regresión utilizada para estimar el precio futuro con base en el precio de contado, posee una intersección igual a 5.9379 y una pendiente igual a 0.980.

El precio de ejercicio del aceite de palma CIF-Rotterdam por tonelada métrica para el caso del escenario promedio de simulación es de US\$500 en el mercado de contado, la volatilidad del mercado es del 31.42% anual (medida por el coeficiente de variación), el tiempo al vencimiento de la opción es de 1 mes, la tasa libre de riesgo es del 3.76%.

Tabla 3.20 Relación entre los precios de contado y futuros de aceite de palma

Regresiones originales				
	B1	B2	R ²	F
Enero	-38,66	1,06	0,94	62,42
Febrero	66,6	0,91	0,96	84,65
Marzo	287,67	0,69	0,97	22,93
Abril	-111,35	1,11	0,97	58,24
Mayo	-403,32	1,53	0,93	23,55
Junio	112,78	0,88	0,89	24,85
Julio	456,17	0,41	0,55	3,71
Agosto	60,64	0,9	0,74	22,94
Setiembre	-77,09	1,12	0,9	72,28
Octubre	259,82	0,7	0,96	13,06
Noviembre	48,22	0,98	0,96	73,41
Diciembre	-36,99	1,06	0,86	8,5
Promedio	52,041	0,946	0,886	39,21

Regresiones eliminando los datos de peor ajuste				
	B1	B2	R ²	F
Enero	-38,66	1,06	0,94	62,42
Febrero	66,6	0,91	0,96	84,65
Marzo	287,67	0,69	0,97	22,93
Abril	-111,35	1,11	0,97	58,24
Mayo	-403,32	1,53	0,93	23,55
Junio	112,78	0,88	0,89	24,85
Agosto	60,64	0,9	0,74	22,94
Setiembre	-77,09	1,12	0,9	72,28
Noviembre	48,22	0,98	0,96	73,41
Promedio	-6,057	1,020		

Función inversa Futuros = f(Contado)

Intersección **5,9379** Pendiente **0,9804**

Fuente: Adaptado de Fatimah Mod Arshad y Zainalabidin Mohamed (1994)

Con la aplicación de las fórmulas del modelo Black-Scholes a los datos de precios de mercado de aceite de palma, es posible estimar un precio para la prima de las opciones, el cual forma parte de la evaluación que se realizará posteriormente de la estrategia de cobertura en el mercado de opciones.

A continuación se presenta los cálculos que se realizaron para determinar el valor de la prima de riesgo o valor de la opción por medio del método Black-Scholes, ilustrando para un caso en particular del modelo de proyección.

Las variables definidas son:

S_0 = Precio del futuro

T = Periodo al vencimiento en años

X = Precio de ejercicio

r = tasa anual de rendimiento libre de riesgo

q = tasa anual de pago de dividendos

$N(x)$ = función de distribución normal estándar

b = intersección de la ecuación de regresión para futuros

m = pendiente de la ecuación de regresión para futuros

El precio de futuro se estima por medio de la ecuación (34) de la siguiente forma:

$$S_0 = c + d X$$

$$S_0 = 5.9379 + 0.9804 * 500 = \$496.14$$

Con base en el precio futuro estimado, se calcula los factores d_1 y d_2 , luego éstos son evaluados en la función de densidad de distribución normal, para finalmente determinar la prima de riesgo o valor de la opción.

De ecuación 28:

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{X}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} = \frac{\ln\left(\frac{496.14}{500}\right) + \left(0.0376 + \frac{0.3142^2}{2}\right)(1/12)}{0.3142\sqrt{(1/12)}} =$$

$$d_1 = \frac{-7.749954 \times 10^{-3} + 7.246735 \times 10^{-3}}{0.0907} = \frac{-5.03219 \times 10^{-4}}{0.0907} = 0.0056$$

De ecuación 29:

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T} = -0.0056 - 0.3142\sqrt{1/12} = -0.0963$$

De ecuación 30:

$$\text{como: } d_2 = -(-0.0963) = 0.0963 > 0 \Rightarrow$$

$$N(0.0963) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}} (a_1 k + a_2 k^2 + a_3 k^3 + a_4 k^4 + a_5 k^5)$$

$$k = \frac{1}{1 + \gamma x} = \frac{1}{1 + 0.2316419 \cdot (0.0963)} = 0.9782$$

$$N(0.0963) = \frac{1}{\sqrt{2(3.1415)}} \cdot 2.718 \cdot \frac{(0.0963)^2}{2} \left(\begin{array}{l} 0.319381530 \cdot (0.9782) - 0.356563782 \cdot (0.9782)^2 + \\ 1.781477937 \cdot (0.9782)^3 - 1.821255978 \cdot (0.9782)^4 + \\ 1.330274429 \cdot (0.9782)^5 \end{array} \right)$$

$$N(0.0963) = 1 - 0.3971 \cdot (0.3124 - 0.34118 + 1.66749 - 1.667565 + 1.19146)$$

$$N(0.0963) = 1 - 0.4616 = 0.5384$$

De ecuación 32 (por tratarse de una opción de venta):

$$p = Xe^{-rT}N(-d_2) - S_0N(-d_1)$$

$$p = \$500e^{-0.0376(1/12)} \cdot (0.5384) - \$496.14 \cdot (0.5022) = 268.35 - 249.16$$

$$p = \$19.19$$

$$\Rightarrow \frac{\$19.19}{\$500} \cdot 100 = 3.83\%$$

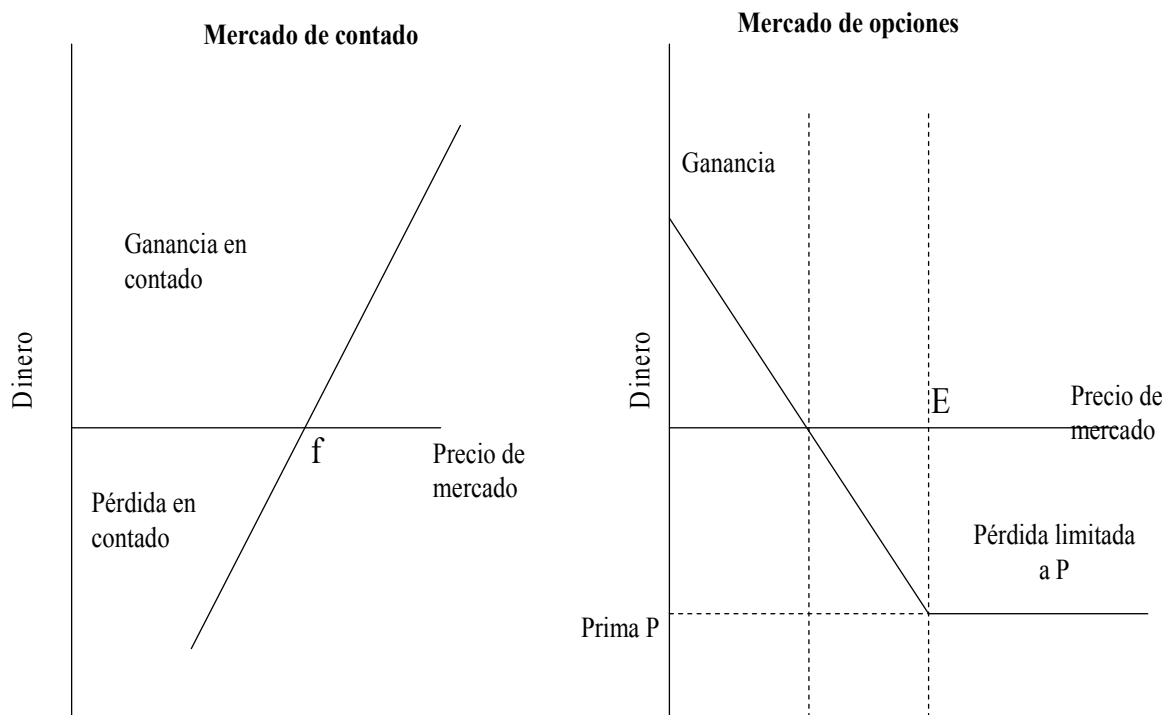
En el mercado de opciones, el productor tiene la opción y no la obligación de vender el producto al precio de ejercicio.

Como el productor posee el activo, tiene posición larga en el mercado de contado, por lo que se recomienda que asuma una posición corta en futuros y en el mercado de opciones, una posición de *PUT* largo, es decir, de un comprador de una opción de venta.

Si el precio de mercado cae por debajo del precio de ejercicio, entonces el productor ejerce la opción y vende a futuro obteniendo compensación en ambos mercados, y si el precio sube por encima del precio de ejercicio E , entonces no ejerce la opción y aprovecha los beneficios de esta alza, todo esto lo puede hacer por el pago de una prima.

En la figura siguiente se presenta un esquema de la posición en el mercado de opciones que un productor racional puede asumir dada la posición que posee en el mercado de contado.

Figura 3.21 Posición de *PUT* largo para los productores de palma aceitera



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.21 Resultados de la simulación con cobertura en opciones

Rubros	Producción agrícola		Industria de extracción	
	VAN	TIR	VAN	TIR
	US\$/ha	%	Miles US\$	%
Valor en el escenario estático	\$2.738,62	13,69%	\$15.523,72	30,64%
Valor esperado (promedio)	\$4.156,15	15,61%	\$22.459,12	38,56%
Desviación estándar	\$1.831,01	1,17%	\$8.887,41	4,99%
Mínimo	\$680,15	13,08%	\$3.753,63	19,58%
Máximo	\$14.139,05	19,93%	\$66.805,11	51,85%
Coefficiente de variación	44,06%	7,50%	39,57%	12,93%
Probabilidad de retorno negativo	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

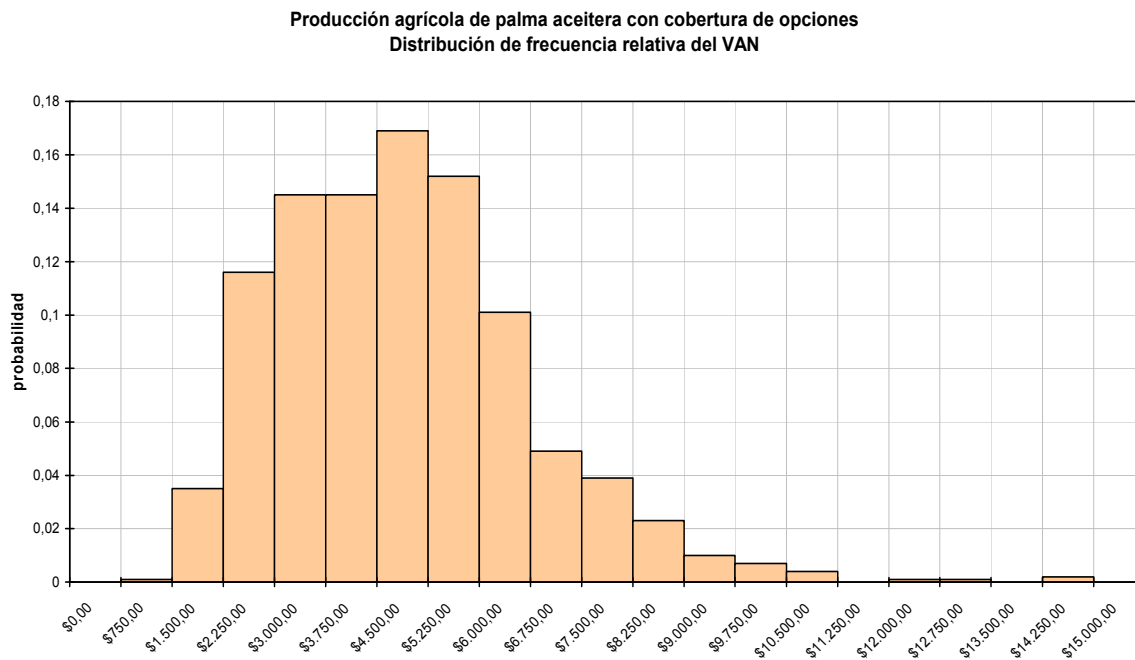
Fuente: Elaboración propia

Es de esperar entonces que el riesgo no disminuya tanto como en los mercados de futuros porque se deja la posibilidad de variabilidad en los escenarios positivos.

Con este modelo de opciones, el riesgo fue menor que el caso del escenario sin cobertura, pero es similar al escenario del modelo de futuros, sin embargo, el valor del VAN es mayor que en los dos escenarios antes indicados, lo cual confirma que el utilizar el mercado de opciones para la producción y la industria de extracción, es la estrategia de derivados que mejor resultados logra.

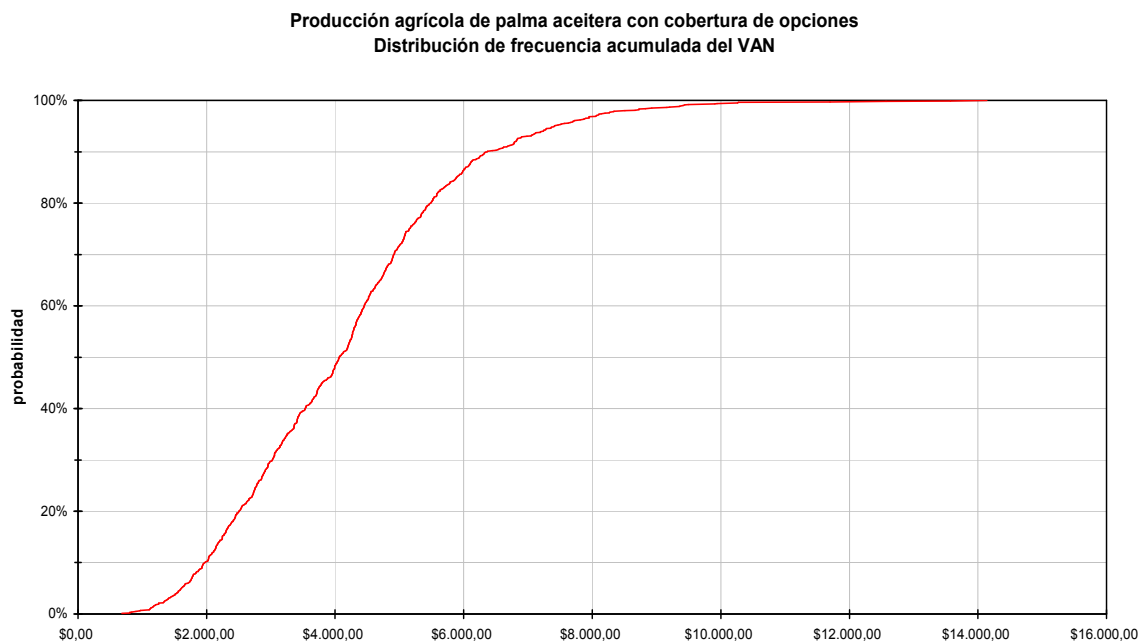
Es importante considerar que el mercado de opciones, el inversionista tiene la opción, no la obligación de ejercer la opción de compra o venta. En este caso, se trata de un *PUT* largo, entonces si el precio de mercado disminuye por debajo del precio de ejercicio, esta posición ejerce la opción de venta, es decir, vende el activo al precio de ejercicio por encima del precio de mercado en ese momento y compra contratos a un precio menor para cerrar posición. Si el precio de mercado sube por encima del precio de ejercicio, el *PUT* largo no ejerce la opción y solo pierde la prima que pagó por la opción (valor de la opción), la cual sirvió como una especie de “seguro”.

Figura 3.22 DP del VAN agrícola con cobertura en opciones



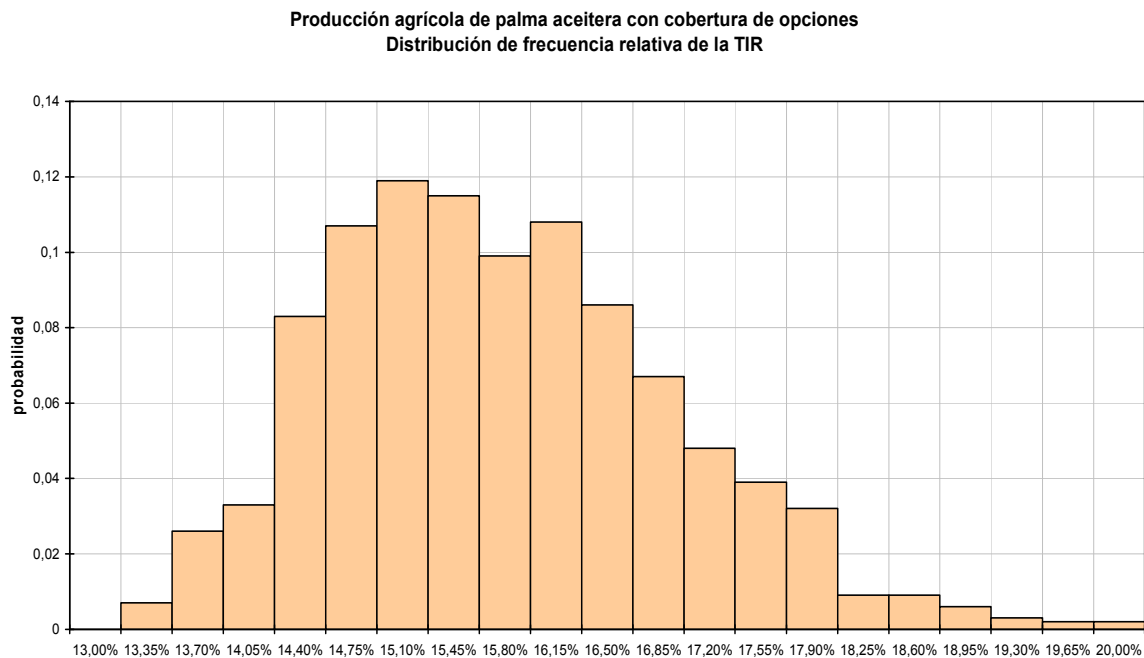
Fuente: Elaboración propia

Figura 3.23 DPA del VAN agrícola con cobertura en opciones



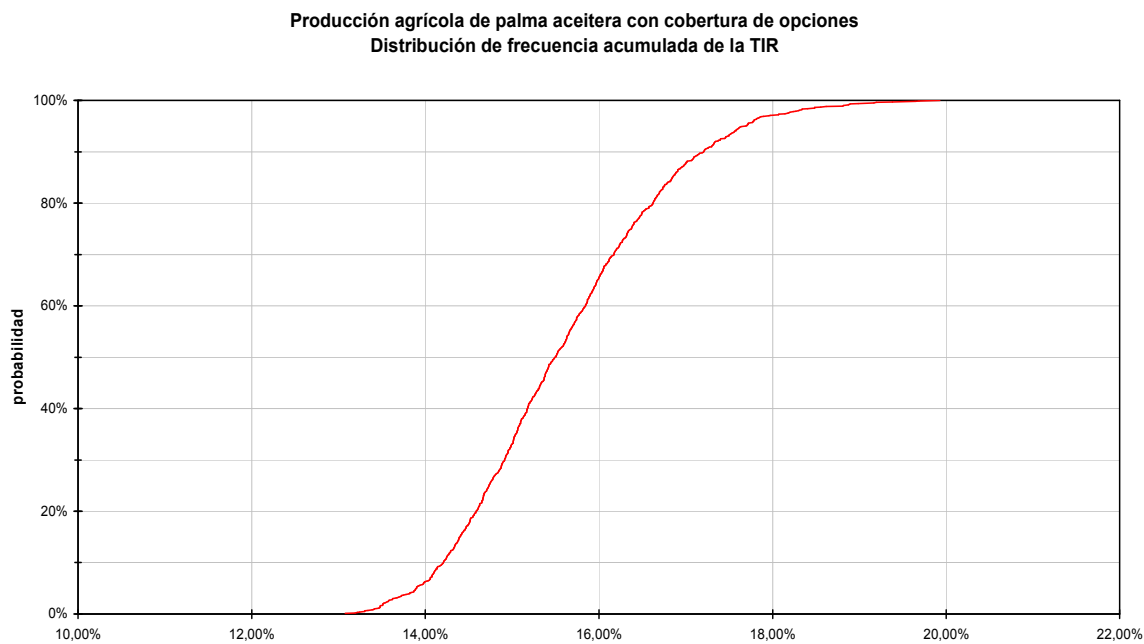
Fuente: Elaboración propia

Figura 3.24 DP de la TIR agrícola con cobertura en opciones



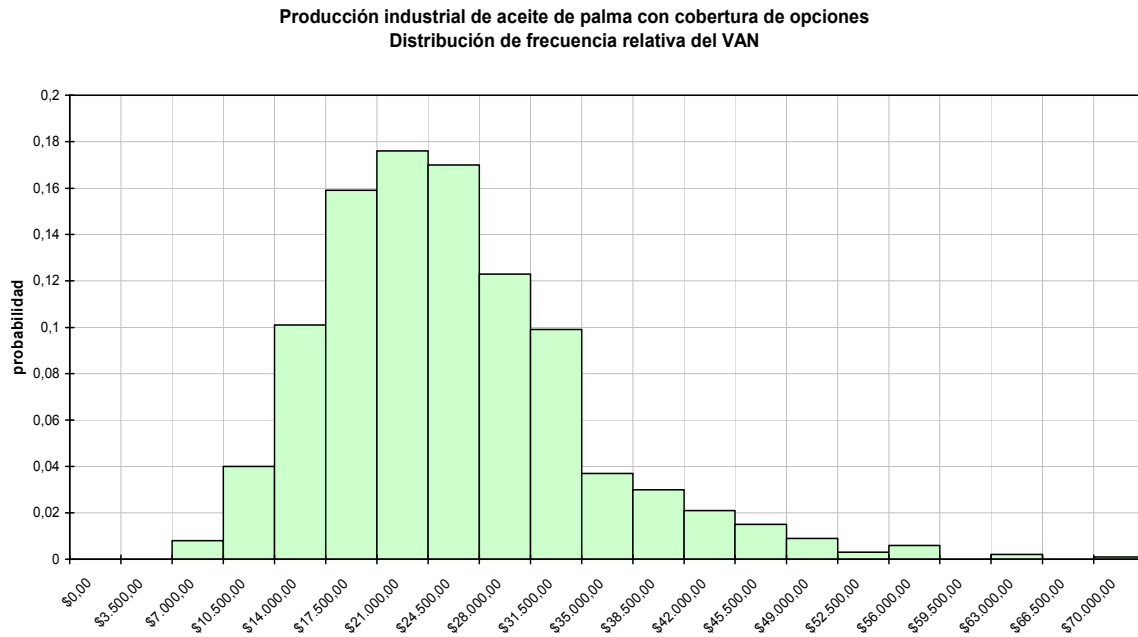
Fuente: Elaboración propia

Figura 3.25 DPA de la TIR agrícola con cobertura en opciones



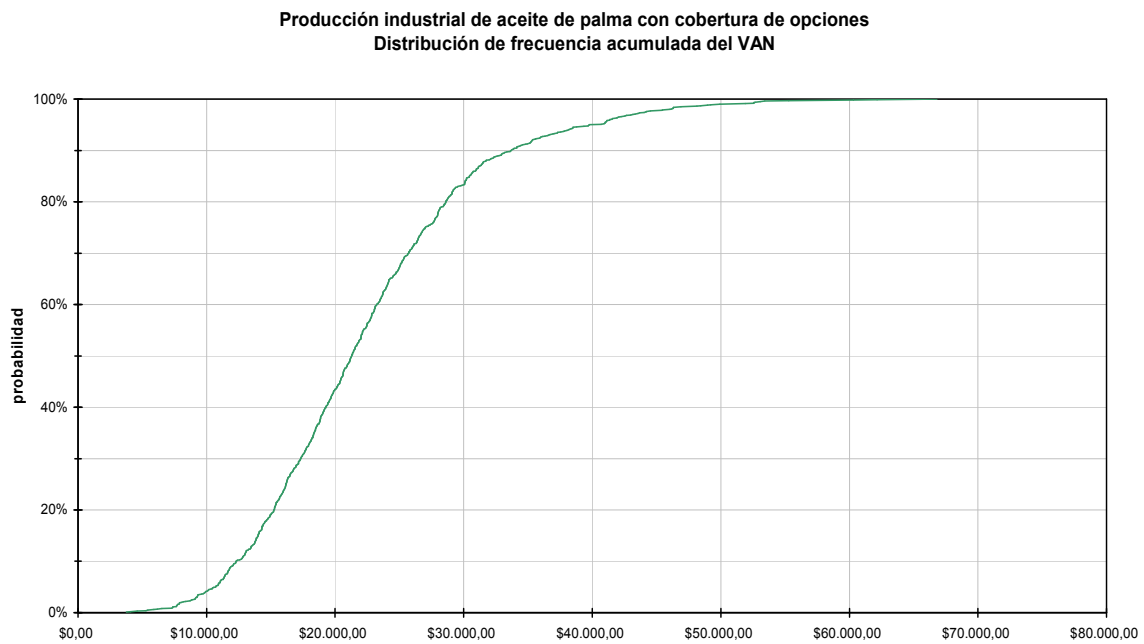
Fuente: Elaboración propia

Figura 3.26 DP del VAN industrial con cobertura en opciones



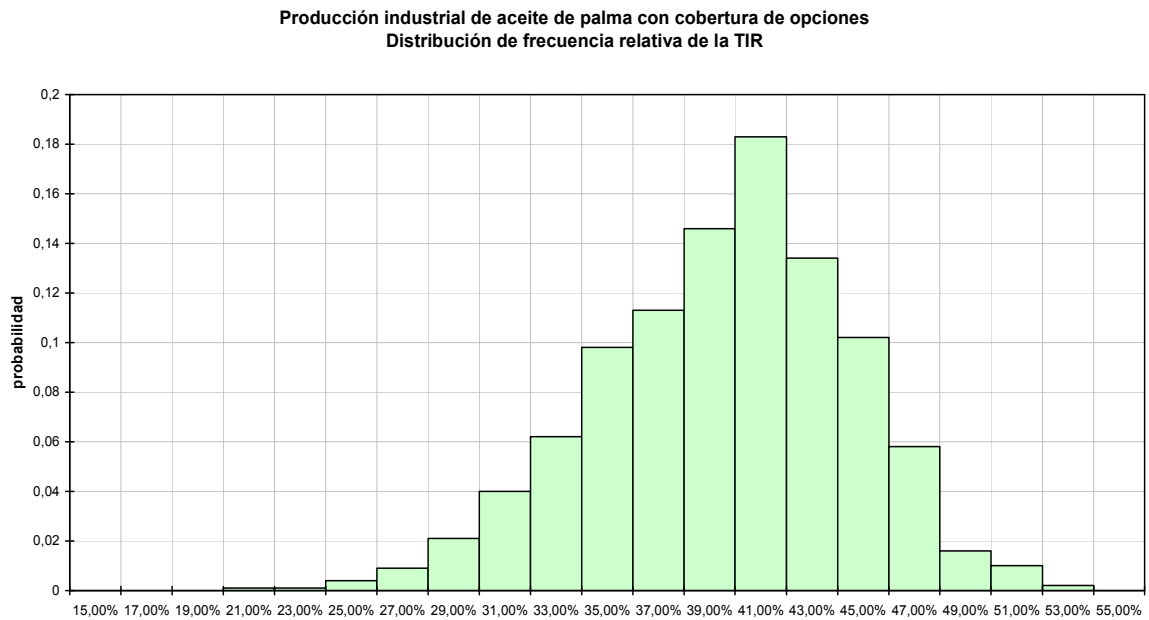
Fuente: Elaboración propia

Figura 3.27 DPA del VAN industrial con cobertura en opciones



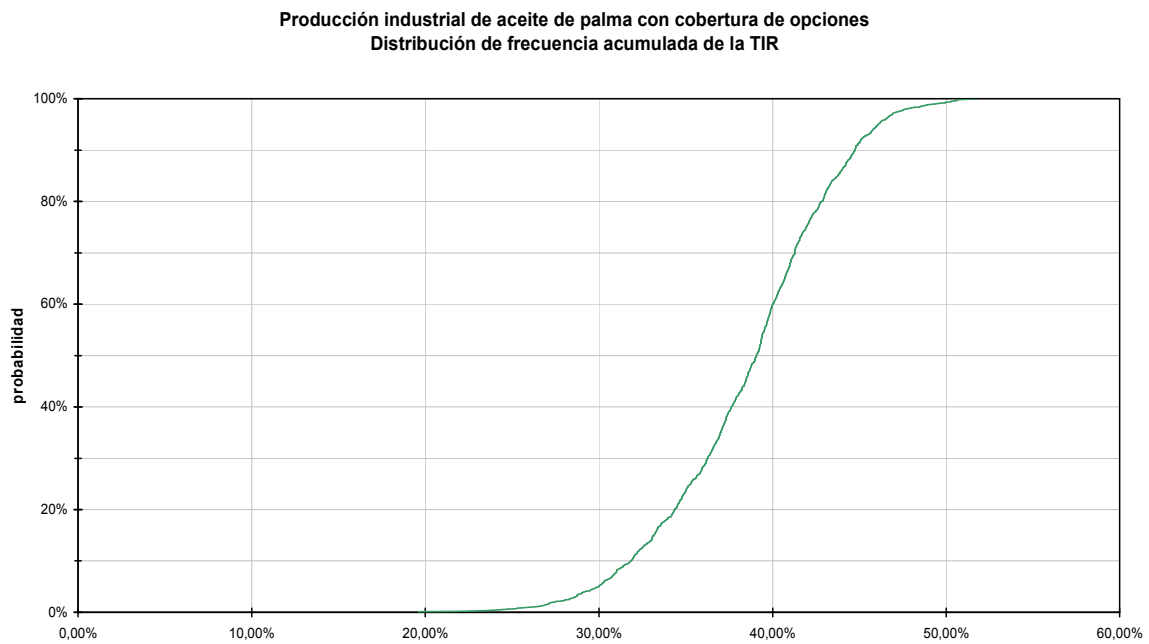
Fuente: Elaboración propia

Figura 3.28 DP de la TIR industrial con cobertura en opciones



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.29 DPA de la TIR industrial con cobertura en opciones



Fuente: Elaboración propia

CAPITULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- En este estudio, el marco de referencia se circunscribe al mercado del aceite de palma, el cual corresponde a un sector en particular, y se parte del supuesto que un inversionista tiene debidamente diversificado en su portafolio e incluye a este mercado. De esta forma, el riesgo de precio de mercado dentro de este mercado, se convierte en un riesgo sistemático para el sector ya que afecta a todos los productores que participan en él, a pesar de ser un riesgo no sistemático si se ve como una actividad particular diferente de otras.
- El riesgo obtenido para la industria de extracción fue menor al de la actividad agrícola, quizás al mayor valor agregado que aporta la industria con respecto a la actividad de producción primaria.
- Tanto en el caso de la industria como de la actividad agrícola, el VAN esperado de los escenarios múltiples dinámicos fue mayor que el VAN estimado en el escenario estático, lo cual representa una mejora en la precisión del valor agregado que aporta el modelo de simulación.
- El utilizar los mercados de derivados de mercancías es una alternativa para minimizar el riesgo sistemático, pero además, también funciona para disminuir el riesgo no sistemático de un proyecto en particular pero que está fuera de control del administrador financiero, como es el caso de los precios de mercado para dichas mercancías.
- La cobertura de riesgo en el mercado de futuros implica conocer la posición que el cobertor posee en el mercado de contado y asumir la posición contraria en el mercado de futuros. Para el caso del productor agrícola y el industrial de palma aceitera, ambos

poseen el bien (producción de fruta o producción de aceite, respectivamente), de manera que poseen posición larga en el mercado de contado.

- Asumiendo la posición corta en el mercado de futuros, se logra una reducción del riesgo en casi la mitad, con respecto al caso sin cobertura y también se consigue aumentar el valor del VAN, lo cual muestra la conveniencia de la estrategia.
- Al utilizar la posición de *PUT* largo en el mercado de opciones, se aumenta el VAN aún más que con el uso del mercado de futuros, a pesar de incrementarse levemente el riesgo en ambos mercados (agrícola e industrial) con respecto al caso del mercado de futuros, por lo que se concluye que es el mercado de opciones el que brinda un mayor beneficio para el inversionista.
- El leve incremento en el riesgo del mercado de opciones en comparación con el mercado de futuros se debe a que en este último se tiene la opción, no la obligación de vender, por lo que el modelo de simulación capta mayor variabilidad pero de escenarios de precios altos en donde sí se ejerce la opción.
- La prima de riesgo para estar cubierto por medio de las opciones, representa un porcentaje bajo con respecto al precio de ejercicio, cercano al 4%.
- La mercancía o *commodity* que se transa en los mercados de derivados es el aceite de palma y no la fruta fresca, de manera que si el productor agrícola desea aprovechar las ventajas de estos mercados, debe hacerlo de manera conjunta con el industrial para que ambos se beneficien.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda difundir las técnicas de cobertura de riesgo entre las empresas e industrias del sector agrícola y agroindustrial de Costa Rica, con la finalidad de

contribuir con mejorar la gestión de riesgos de mercado para sus productos, aprovechando las ventajas que ofrecen los mercados de derivados a nivel mundial.

- Como parte de una estrategia de cobertura con mercados de derivados, la mejor posición del productor agrícola y el industrial de palma aceitera, es asumir una posición corta en futuros y ser vendedores de contratos a futuro.
- En el caso de utilizar el mercado de opciones, se sugiera una posición de *PUT* largo, es decir, ser comprador de opciones de venta. De esta forma, si el precio de mercado cae por debajo del precio de ejercicio, el empresario está cubierto en riesgo al ejecutar la opción de venta, y si ocurre lo contrario, entonces no se ejerce la opción y aprovecha el alza de precios. El costo que el empresario debe pagar por esto es el pago de una prima de riesgo, determinada mediante el método de *Black-Scholes*, la cual corresponde a un porcentaje bajo del precio no superior al 4%.
- Consolidar alianzas estratégicas específicas para negociación en mercados de derivados, entre los productores agrícolas y los industriales, es beneficioso ya que esto podría sentar las bases para la revisión del modelo de pago de fruta de CANAPALMA e incorporar dentro de éste, una estrategia de cobertura por medio de derivados.
- Se recomienda a Corporación CEA, empresa dedicada a la consultoría de empresas agroindustriales en materia de gestión de riesgos y valoración de empresas, que realice alianzas estratégicas con empresas dedicadas a la correduría en mercados de derivados, ya sea por medio de algún intermediario local o de manera directa. De esta forma, podrá ofrecer a sus clientes la gestión de cobertura en mercados derivados como parte de sus servicios.

BIBLIOGRAFIA

Libros

Block, S. y Hirt, G. 2005. *Administración Financiera*. (11^a ed.). México: Editorial McGraw-Hill Interamericana.

Cala, G. 2003. *Sinopsis del proceso de la palma de aceite* (1^a ed.). Costa Rica: Editorial Tecnológica.

Chavas, J.P. (2004). *Risk Analysis in Theory and Practice* (1^a ed.). United Kingdom: Elsevier Academic Press.

Dagpunar, J.S. (2007). *Simulation and Monte Carlo with applications in finance and MCMC* (1^a ed.). USA: John Wiley & Sons Ltda.

Evans, J.; Olson, D. (1998). *Introduction to Simulation and Risk Analysis* (1^a ed.). New York: Prentice Hall.

Gitman, L. (2003). *Principios de administración financiera*. (3^a ed.) México: Pearson Educación.

Hull, J. (2002). *Introducción a los mercados de futuros y opciones* (4^a ed.). México: Pearson-Prentice Hall.

Jäckel, P. (2002). *Monte Carlo Methods in finance*, (1^a ed.). Wiley, United Kingdom: Wiley

León, J. (1987). *Botánica de los cultivos tropicales* (2^a ed.). San José, Costa Rica: IICA.

Ortiz, R.A.; Fernández, O. (1994). *Cultivo de palma aceitera* (1^a ed.). San José, Costa Rica: EUNED.

Ossa, M. 2003. *Pautas para citar textos y hacer listas de referencias según las normas de la American Psychological Association (APA)*. (2ª ed.), Decanatura de Estudiantes y Bienestar Universitario. Bogotá, Colombia.

Ross, S.; Westerfield, R.; Jaffe, J. 2005. *Finanzas corporativas* (7ª ed.) México: McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A.

Sapag, N.; Sapag, R. 2003. *Preparación y evaluación de proyectos*. (4ª ed.) México: McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A.

Surre, C; Ziller, R. 1969. *La palma de aceite*. (1ª ed.). España: Editorial BLUME

Winston, W. 1999. *Financial Models Using Simulation and Optimization* (1ª ed.). New York: Palisade Corporation

Trabajos Finales de Graduación

Amattler, G.R. y Dávila, A.L. 2000. *Procesamiento de aceite rojo de palma africana (*Elaeis guineensis* JACQ) para consumo humano en frituras*. Trabajo final de Graduación, para título de licenciatura en ingeniería agronómica, Univesidad EARTH, Guácimo, Limón, Costa Rica.

Revistas

Bigman, D; Goldfarb, D y E. Schechtman (1983). *Futures Market Efficiency and the Time Content of Information Sets*, Journal of Futures Markets, 3(3):321-34.

Black, F.; Scholes, M. (1973). *The Pricing of Options and Corporate Liabilities*, Journal of Political Economy, (81):637-59.

Brandt, J.A. y D.A. Bessler (1981). *Composite Forecasting: An Application with the US Hog Prices*, American Journal of Agricultural Economics, 63(1):321-34

Cox, C.C. (1976). *Futures Trading and Market Information*, Journal of Political Economy, 84 (Dic.): 1215-37.

Fama, F. (1970). *Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work*, Journal of Finance, 25 (May):383-417.

Fatimah Mohd Arshad y Zainalabidin Mohamed (1991). *The Efficiency of the Crude Palm Oil Futures Market in Establishing Forward Prices*, Malaysian Journal of Agricultural Economics, 8:25-39.

Giles, D.E.A y B.A., Goss (1980). *The Predictive Quality of Futures Prices with an Application to the Sydney Wool Futures Markets*, Australian Economic Papers 9(35): 291-300.

Johnson, C. 2001. *Value at Risk: teoría y aplicaciones*. Estudios de Economía, 18 (2): 217-247.

Kamara, A. (1982). *Issues in Futures Market: A Survey*, Journal of Futures Markets, 2(3): 261-94.

Kofi, T.A. (1973). *A Framework of Comparing the Efficiency of Futures Markets*, American Journal of Agricultural Economics, 55(4): 584-94.

Leuthold, R.M. (1972). *Random Walk and Price Trends: Live Cattle Futures Market*, Journal of Finance, 27: 879-89.

Leuthold, R.M. (1974). *The Price Performance on the Live Beef Cattle*, American Journal of Agricultural Economics, 56(2): 313-324.

Leuthold, R.M y P.A. Hartman (1979). *A Semi-Strong From Evaluation of the Efficiency of the Hog Futures Market*, American Journal of Agricultural Economics, 61(3): 482-489.

Mad Nasir Shamsudin; Zainalabidin Mohamed y Fatimah Mohd Arshad (1989). *Selected Factors Affecting Crude Palm Oil Prices*, Malaysian Journal of Agricultural Economics, 5 (Dic.): 20-29.

Merton, R.C. (1973). *Theory of Rational Option Pricing*, Bell Journal of Economics and Management Science, (4):141-83.

Savvides, S. (1994). *Risk Analysis in Investment Appraisal*. Project Appraisal. Vol 9 (1) 3-18.

Tinker, P.B. (1976). *Soil requeriments of the oil palm*. In Tinker, P.B. and K.W. Smilde (eds) Oil Palm Research. Plant and Soil 19, 350-363.

Uexhull, H.; Fairhurst, T. (1988). *Fertilizing for high yield and quality*. The Oil Palm. International Potash.

Voituriez, T. (2001). *What explains price volatility changes in commodity markets? Answers from the world palm-oil market*. Agricultural Economics (25): 295-301

Informes técnicos y de investigación

Alfaro, M; (2005). *Estado del sector de palma aceitera en Costa Rica 2005*. Boletín CNP-MAG, Costa Rica, 10 p.

Alfaro, M. y Ortíz, E. (2006). *Proceso de producción de aceite de palma 2006*. Boletín CNP-MAG, Costa Rica, 5 p.

CIA (Comisión Interbancaria de Avíos). (2000). *Avío oficial de financiamiento por hectárea para palma aceitera (Elaeis guineensis) para la Región Brunca*. Documento de distribución restringida, 10 de febrero del 2000.

Consultécnica. (2000). *Cotización de planta industrial para la extracción de aceite de palma con capacidad de 15 toneladas de fruta fresca por hora*. Documento técnico, Colombia.

Corporación CEA de Costa Rica. 2008. *Informe de valoración de planta industrial para la extracción de aceite de palma: enfoque físico y de empresa en marcha*. Informe No. IA-850-CEA-BWA-2008.

Chaves, R. 2007. *Mercados de futuros, opciones y swaps*. Folleto de clase para el curso Swaps. Futuros y Opciones del Programa de Posgrado en Administración y Dirección de Empresas, Universidad de Costa Rica. 70 p.

Durán, N.; Salas, R.; Chincilla, C.; Peralta, F. 1999. *Manejo de la nutrición y fertilización en palma aceitera en Costa Rica*. Memoria del XI Congreso Nacional Agronómico / III Congreso Nacional de Suelos. (3): 305-316.

Emerging Markets Online. 2006. *Global Market Survey, Biodiesel 2020: Case Studies and Forecasts. Multi-Client Study* Published Octubre, 2006.

Fatimah Mohd Arshad y Zainalabidin Mohamed (1994). *Price Discovery through Crude Palm Oil Futures: An Economic Evaluation*, En: Proceedings on Third Annual Congress on Capitalising the Potentials of Globalisation – Strategies and Dynamics of Business, Penang: International Management Development Association (IMDA).

Fiorito, F. 2006. *La simulación como una herramienta para el manejo de la incertidumbre*. Folleto técnico Maestría en Finanzas, Universidad Cema. Argentina. 8 p

Haug, M. 2004. *Overview of Monte Carlo Simulation, Probability Review and Introduction to Matlab*. IEOR E4703. Technical Paper, Columbia, Canada, 11 p.

Ng, S.K. 1972. *The oil palm, its culture, manuring and utilization*. International Potash Institute, Switzerland.

Oil World, 2006. *Anuario Estadístico*, 400 p.

Palma Tica. (2000). *Costo de establecimiento de una hectárea de palma aceitera*. Documento de distribución restringida y dirigida a productores independientes. División Coto, Costa Rica.

Paniagua, J.; Solano, R. y Villatoro, A. (2007). *Informe de Resultados de Valoración y Peritaje de Propiedades y Plantaciones de la Cooperativa Agroindustrial de Productores de Palma (Coopeagropal R.L.)*. Informe Técnico IT-001-CEA-2007, febrero del 2007.

Raygada, R. (2005) *Manual técnico para el cultivo de palma aceitera*. DEVIDA-PRODATU-Cooperación Alemana, folleto técnico, República del Perú.

Sáenz, L.E. (2006). *El cultivo de la palma africana: guía técnica*. Instituto Internacional de Cooperación para la Agricultura (IICA), Managua, Nicaragua.

Internet

Gómez, R. (2007). *Fundamentos del mercado de derivados*. Universidad de Málaga,

España. Libro electrónico, recuperado el 1 de marzo del 2008 en:

<http://www.eumed.net/cursecon/libreria/rgl-mmff/index.htm>.

FAO. [http:// www.faostat.org](http://www.faostat.org)

Wittwer, J.W., "*Monte Carlo Simulation in Excel: A Practical Guide*" From *Vertex42.com*, June 1, 2004. Recuperado el 1 de marzo del 2008 en: <http://vertex42.com/ExcelArticles/mc/>

ANEXO METODOLOGICO

Tipo de investigación

Esta investigación es del tipo exploratorio puesto que busca estudiar el fenómeno de forma preliminar para sugerir estudios futuros con orientaciones específicas.

Fuentes de información

Para este trabajo se utilizaron fuentes de información primaria y secundaria de acuerdo al siguiente detalle:

- Artículos científicos sobre el mercado de la palma
- Folletos emitidos por el Consejo Nacional de Producción para monitorear el mercado mundial de la palma
- Entrevistas no estructuradas con funcionarios y técnicos de planta de varias industrias de extracción de aceite de palma
- Manuales de proceso para plantas industriales de extracción de aceite de palma
- Libros y revistas especializados en el tema de la producción de palma
- Libros y revistas especializados sobre el tema del análisis de riesgo y la metodología de simulación de Monte Carlo.
- Artículos disponibles en la red de INTERNET
- Entrevistas no estructuradas a especialistas sobre la producción de palma
- Entrevistas no estructuras a especialistas a nivel nacional, sobre la cobertura de riesgo con derivados.

Variables de investigación

Con respecto a las variables de investigación, éstas se presentan en el cuadro siguiente, debidamente clasificadas por nombre, definición conceptual, definición operacional y definición instrumental.

La definición conceptual es una descripción concisa sobre el significado de la variable y como se interpreta en este estudio; la definición operacional detalla la forma en como se va a medir la variable y la definición instrumental indica de donde se va a tomar la información para medir la variable.

Definición de variables de la investigación

Objetivo	Nombre de la variable	Definición conceptual	Definición operacional	Definición instrumental
Describir las principales características actuales del mercado mundial, el proceso de formación de precios internacionales, y el sector en Costa Rica, para la palma aceitera (<i>Elaeis guineensis</i>).	Oferta mundial	Comportamiento histórico de la producción de palma aceitera	Toneladas métricas	FAO
	Consumo mundial	Comportamiento histórico del consumo de aceite de palma	Toneladas métricas Producción – cambio de inventarios	FAO
	Distribución de probabilidad del precio internacional	Comportamiento histórico del precio mundial	US dólares, CIF Róterdam / tonelada métrica	FAO, CNP
	Precio local de la fruta	Cantidad de dinero a cambio de la fruta en Costa Rica	Colones	Modelo de CANAPALMA
Proponer un modelo para la medición del riesgo de mercado con base en un flujo de caja genérico parametrizado para la producción de palma aceitera en Costa Rica.	Tasa de descuento	Tasa anual pasiva en US dólares, promedio del Sistema Financiero Nacional para depósitos a 6 meses.	Porcentaje anual	Página de INTERNET del Banco Central de Costa Rica
	Valor actual neto (VAN)	Sumatoria de los flujos futuros esperados para el modelo proyectado descontados a la tasa libre de riesgo, menos la inversión		Producto del modelo de proyección parametrizado
	Riesgo	Variación en los resultados esperados para el Valor Actual Neto de los flujos proyectados	Coefficiente de variación = desviación estándar del VAN / VAN esperado x 100	Luego de 1000 corridas de simulación del modelo de proyección parametrizado
Proponer un modelo de estrategia de cobertura del riesgo de precio de mercado por medio de técnicas sugeridas por la ingeniería financiera moderna.	Posición en el mercado de contado	Representa la posición en el mercado de contado para los productores de palma aceitera	Posición corta o larga	Análisis del mercado de palma aceitera
	Posición en el mercado de futuros	Representa la posición a asumir en el mercado de futuros contado para los productores de palma aceitera	Posición corta o larga	Análisis del mercado de palma aceitera
	Precio efectivo	Cantidad de dinero por unidad de producto que se recibe luego de la cobertura en futuros	Colones Precio de contado más cambio de la base	Propuesta

ANEXO COMPLEMENTARIO # 1: TABLAS DE PARAMETROS

Modelo de evaluación de rentabilidad financiera agrícola

Finanzas		Producción		Financiamiento	
Tasa libre de riesgo:	3,76% <<	Vida útil de la plantación (años):	25	Costo de deuda (colones):	9,00%
Prima de riesgo:	4,19%	Productividad año 3 (TM FF/ha):	7	Plazo (años):	25
Proporción deuda:	0,00%	Productividad año 4 (TM FF/ha):	12	Cobertura de riesgo:	1
Impuesto de la renta:	30,00%	Productividad año 5 (TM FF/ha):	18	(1=No, 2=Futuros, 3=Opciones)	
Tipo de cambio:	500	Productividad año 6 (TM FF/ha):	22	Crecimiento (g):	2,00%
Tasa de inflación internacional:	3,00% <<	Productividad año 7 en adel. (TM FF/ha):	25	Intersepto futuros:	5,9379
Tasa de devaluación anual:	1,00%	Cargas sociales e INS:	50,0%	Pendiente de futuros:	0,9804
Precio aceite local/Precio intern.	1	Imprevistos	2,0%	Volatilidad del precio CIF Rott:	31,42%
Límite 1 de precio para costo	52,73	Supervisión de cultivo/ ventas:	5,0%	Periodos por año de la opción:	12
Límite 2 de precio para costo	66,73				
Precio año 1 aceite crudo CIF-ROT:	500 <<				
Precio año 2 aceite crudo CIF-ROT:	500 <<				
Precio año 3 aceite crudo CIF-ROT:	500 <<				
Precio año 4 aceite crudo CIF-ROT:	500 <<				
Precio año 5 aceite crudo CIF-ROT:	500 <<				
Precio año 6 aceite crudo CIF-ROT:	500 <<				
Precio año 7 aceite crudo CIF-ROT:	500 <<				
Precio año 8 aceite crudo CIF-ROT:	500 <<				
Precio año 9 aceite crudo CIF-ROT:	500 <<				
Precio año 10 aceite crudo CIF-ROT:	500 <<				
Precio año 11 aceite crudo CIF-ROT:	500 <<				
Precio año 12 aceite crudo CIF-ROT:	500 <<				
Precio año 13 aceite crudo CIF-ROT:	500 <<				
Precio año 14 aceite crudo CIF-ROT:	500 <<				
Precio año 15 aceite crudo CIF-ROT:	500 <<				
Precio año 16 aceite crudo CIF-ROT:	500 <<				
Precio año 17 aceite crudo CIF-ROT:	500 <<				
Precio año 18 aceite crudo CIF-ROT:	500 <<				
Precio año 19 aceite crudo CIF-ROT:	500 <<				
Precio año 20 aceite crudo CIF-ROT:	500 <<				
Precio año 21 aceite crudo CIF-ROT:	500 <<				
Precio año 22 aceite crudo CIF-ROT:	500 <<				
Precio año 23 aceite crudo CIF-ROT:	500 <<				
Precio año 24 aceite crudo CIF-ROT:	500 <<				
Precio año 25 aceite crudo CIF-ROT:	500 <<				

Modelo de evaluación de rentabilidad financiera industrial

Finanzas		Producción		Finanzas	
Tasa libre de riesgo:	3,76% <<	Capacidad máxima (ton RFF/hr):	15	Costo de deuda (colones):	9,00%
Prima de riesgo:	4,19%	Rendimiento de aceite crudo (%/RFF):	21,50% <<	Plazo (años):	10
Proporción deuda:	0,00%	Rendimiento aceite coquito (%/RFF):	1,66%	Cobertura de riesgo:	1
Impuesto de la renta:	30,00%	Rendimiento harina coquito (%/RFF):	2,50%	(1=No, 2=Futuros, 3=Opciones)	
Tipo de cambio:	500	Horas efectivas por día (hr):	18	Crecimiento (g):	2,00%
Tasa de inflación internacional:	3,00% <<	Días de trabajo semanal (días):	5	Intersepto futuros:	5,9379
Tasa de devaluación anual:	1,00%	Semanas promedio por mes:	4,33	Pendiente de futuros:	0,9804
Precio aceite local/Precio intern.	1	Mes al año:	12	Volatilidad del precio CIF Rott:	31,42%
Precio aceite coquito/Precio aceite:	1,15	Cargas sociales:	50,0%	Periodos por año de la opción:	12
Precio local harina/Precio intern.	0,2	Suministros varios/Materia prima:	1,0%		
Límite 1 de precio para costo	52,73	Imprevistos/Costos directos:	5,0%		
Límite 2 de precio para costo	66,73	Reparaciones/Costos directos	1,0%		
Precio promedio CIF-ROT aceite crudo año 1:	500 <<	Agua (kg / TM RFF):	1000		
Precio promedio CIF-ROT aceite crudo año 2:	500 <<	% Depreciación infraestructura:	2,5%		
Precio promedio CIF-ROT aceite crudo año 3:	500 <<	% Depreciación maquinaria:	5,0%		
Precio promedio CIF-ROT aceite crudo año 4:	500 <<	% Depreciación vehiculos:	10,0%		
Precio promedio CIF-ROT aceite crudo año 5:	500 <<	% Depreciación mobiliario y equipo oficin:	10,0%		
Precio promedio CIF-ROT aceite crudo año 6:	500 <<	Seguros/Inversión	0,5%		
Precio promedio CIF-ROT aceite crudo año 7:	500 <<				
Precio promedio CIF-ROT aceite crudo año 8:	500 <<				
Precio promedio CIF-ROT aceite crudo año 9:	500 <<				
Precio promedio CIF-ROT aceite crudo año 10:	500 <<				

Nota: en amarillo se resaltan las variables de riesgo a las que se les ajustó una distribución de probabilidad

**ANEXO COMPLEMENTARIO # 2: SERIE DE PRECIOS INTERNACIONALES
PROMEDIO MENSUALES CIF-ROTTERDAM DEL ACEITE DE PALMA EN
US\$/TM**

Año	Mes	Precio	Año	Mes	Precio	Año	Mes	Precio	Año	Mes	Precio
1985	Enero	583	1991	Enero	349	1997	Enero	567	2003	Enero	458
1985	Febrero	595	1991	Febrero	338	1997	Febrero	567	2003	Febrero	452
1985	Marzo	651	1991	Marzo	348	1997	Marzo	559	2003	Marzo	426
1985	Abril	653	1991	Abril	319	1997	Abril	562	2003	Abril	412
1985	Mayo	610	1991	Mayo	318	1997	Mayo	553	2003	Mayo	417
1985	Junio	556	1991	Junio	311	1997	Junio	553	2003	Junio	430
1985	Julio	487	1991	Julio	341	1997	Julio	498	2003	Julio	411
1985	Agosto	404	1991	Agosto	338	1997	Agosto	504	2003	Agosto	395
1985	Septiembre	360	1991	Septiembre	323	1997	Septiembre	525	2003	Septiembre	420
1985	Octubre	356	1991	Octubre	345	1997	Octubre	547	2003	Octubre	485
1985	Noviembre	362	1991	Noviembre	362	1997	Noviembre	556	2003	Noviembre	503
1985	Diciembre	390	1991	Diciembre	376	1997	Diciembre	566	2003	Diciembre	510
1986	Enero	342	1992	Enero	383	1998	Enero	621	2004	Enero	496
1986	Febrero	283	1992	Febrero	382	1998	Febrero	659	2004	Febrero	535
1986	Marzo	243	1992	Marzo	396	1998	Marzo	671	2004	Marzo	550
1986	Abril	242	1992	Abril	402	1998	Abril	688	2004	Abril	538
1986	Mayo	238	1992	Mayo	390	1998	Mayo	705	2004	Mayo	513
1986	Junio	243	1992	Junio	404	1998	Junio	633	2004	Junio	440
1986	Julio	221	1992	Julio	382	1998	Julio	661	2004	Julio	426
1986	Agosto	197	1992	Agosto	382	1998	Agosto	674	2004	Agosto	432
1986	Septiembre	207	1992	Septiembre	391	1998	Septiembre	703	2004	Septiembre	439
1986	Octubre	272	1992	Octubre	396	1998	Octubre	694	2004	Octubre	431
1986	Noviembre	303	1992	Noviembre	413	1998	Noviembre	681	2004	Noviembre	433
1986	Diciembre	293	1992	Diciembre	401	1998	Diciembre	663	2004	Diciembre	423
1987	Enero	350	1993	Enero	410	1999	Enero	632	2005	Enero	402
1987	Febrero	330	1993	Febrero	425	1999	Febrero	561	2005	Febrero	403
1987	Marzo	313	1993	Marzo	408	1999	Marzo	497	2005	Marzo	435
1987	Abril	339	1993	Abril	392	1999	Abril	509	2005	Abril	429
1987	Mayo	341	1993	Mayo	371	1999	Mayo	475	2005	Mayo	417
1987	Junio	342	1993	Junio	356	1999	Junio	392	2005	Junio	419
1987	Julio	300	1993	Julio	362	1999	Julio	319	2005	Julio	417
1987	Agosto	308	1993	Agosto	356	1999	Agosto	354	2005	Agosto	407
1987	Septiembre	335	1993	Septiembre	362	1999	Septiembre	394	2005	Septiembre	421
1987	Octubre	353	1993	Octubre	396	1999	Octubre	381	2005	Octubre	442
1987	Noviembre	368	1993	Noviembre	413	1999	Noviembre	370	2005	Noviembre	444
1987	Diciembre	432	1993	Diciembre	401	1999	Diciembre	352	2005	Diciembre	429
1988	Enero	486	1994	Enero	404	2000	Enero	332	2006	Enero	424
1988	Febrero	403	1994	Febrero	387	2000	Febrero	332	2006	Febrero	445
1988	Marzo	381	1994	Marzo	395	2000	Marzo	352	2006	Marzo	440
1988	Abril	403	1994	Abril	434	2000	Abril	372	2006	Abril	439
1988	Mayo	422	1994	Mayo	488	2000	Mayo	324	2006	Mayo	440
1988	Junio	496	1994	Junio	508	2000	Junio	315	2006	Junio	437
1988	Julio	517	1994	Julio	494	2000	Julio	312	2006	Julio	471
1988	Agosto	450	1994	Agosto	575	2000	Agosto	306	2006	Agosto	510
1988	Septiembre	428	1994	Septiembre	614	2000	Septiembre	289	2006	Septiembre	497
1988	Octubre	431	1994	Octubre	333	2000	Octubre	255	2006	Octubre	507
1988	Noviembre	418	1994	Noviembre	657	2000	Noviembre	257	2006	Noviembre	547
1988	Diciembre	411	1994	Diciembre	411	2000	Diciembre	266	2006	Diciembre	583
1989	Enero	383	1995	Enero	655	2001	Enero	254	2007	Enero	599
1989	Febrero	401	1995	Febrero	661	2001	Febrero	240	2007	Febrero	605
1989	Marzo	399	1995	Marzo	687	2001	Marzo	255	2007	Marzo	622
1989	Abril	391	1995	Abril	625	2001	Abril	251	2007	Abril	710
1989	Mayo	406	1995	Mayo	611	2001	Mayo	234	2007	Mayo	772
1989	Junio	373	1995	Junio	631	2001	Junio	256	2007	Junio	805
1989	Julio	331	1995	Julio	655	2001	Julio	330	2007	Julio	811
1989	Agosto	309	1995	Agosto	616	2001	Agosto	360	2007	Agosto	821
1989	Septiembre	323	1995	Septiembre	586	2001	Septiembre	309	2007	Septiembre	835
1989	Octubre	321	1995	Octubre	616	2001	Octubre	278	2007	Octubre	881
1989	Noviembre	301	1995	Noviembre	707	2001	Noviembre	324	2007	Noviembre	952
1989	Diciembre	267	1995	Diciembre	719	2001	Diciembre	339	2007	Diciembre	950
1990	Enero	279	1996	Enero	535	2002	Enero	338	2008	Enero	1059
1990	Febrero	271	1996	Febrero	518	2002	Febrero	330	2008	Febrero	1160
1990	Marzo	286	1996	Marzo	519	2002	Marzo	338	2008	Marzo	1249
1990	Abril	267	1996	Abril	562	2002	Abril	349	2008	Abril	1174
1990	Mayo	281	1996	Mayo	552	2002	Mayo	373	2008	Mayo	1208
1990	Junio	272	1996	Junio	508	2002	Junio	410	2008	Junio	1213
1990	Julio	279	1996	Julio	476	2002	Julio	406			
1990	Agosto	291	1996	Agosto	513	2002	Agosto	425			
1990	Septiembre	284	1996	Septiembre	525	2002	Septiembre	399			
1990	Octubre	290	1996	Octubre	615	2002	Octubre	408			
1990	Noviembre	332	1996	Noviembre	607	2002	Noviembre	442			
1990	Diciembre	346	1996	Diciembre	590	2002	Diciembre	464			

Fuente: FAO, <http://www.fao.org/es/esc/prices/CIWPQueryServlet>; Consejo Nacional de Producción, Depto. de Inteligencia de Mercados

**ANEXO COMPLEMENTARIO # 4: SERIE DE TIEMPO DE LA TASA DE
INFLACION ANUAL DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMERICA**

Año	Promedio
1985	3,55%
1986	1,91%
1987	3,66%
1988	4,08%
1989	4,83%
1990	5,39%
1991	4,25%
1992	3,03%
1993	2,96%
1994	2,61%
1995	2,81%
1996	2,93%
1997	2,34%
1998	1,55%
1999	2,19%
2000	3,38%
2001	2,83%
2002	1,59%
2003	2,27%
2004	2,68%
2005	3,39%
2006	3,24%
2007	2,85%

Promedio 3,10%
Desv 0,93%

Fuente: www.inflationdata.com

**ANEXO COMPLEMENTARIO # 5: RESULTADOS DE LA REGRESION ENTRE
LOS PRECIOS DE CONTADO Y FUTUROS PARA EL ACEITE DE PALMA
CRUDO PARA DISTINTOS MESES**

Mes	Meses antes del vencimiento	Constante	Pendiente	t-student	R ²	Error estándar	Durbin Watson	F
Enero	1	-38,66	1,06	8,60	0,94	89,15	2,03	62,42
	2	-241,09	1,34	8,77	0,89	110,37	2,03	77,03
	3	-404,53	1,50	4,24	0,89	150,76	2,08	13,52
	4	-391,46	1,45	6,12	0,85	145,79	1,83	21,10
	5	-478,24	1,60	3,54	0,71	220,20	2,04	7,68
Febrero	1	66,60	0,91	10,18	0,96	90,83	1,91	84,65
	2	-627,17	1,75	6,66	0,90	167,14	1,94	15,95
	3	-446,91	1,66	4,18	0,66	234,38	1,98	17,48
	4	-262,53	1,52	2,87	0,62	299,53	1,79	5,09
	5	-568,77	1,75	1,86	0,62	279,66	2,03	5,08
Marzo	1	287,67	0,69	1,66	0,97	46,15	1,97	22,93
	2	14,06	0,97	13,08	0,95	73,35	1,94	80,75
	3	-9,71	0,96	8,45	0,90	110,11	1,83	33,88
	4	-329,69	1,41	5,00	0,86	150,96	1,60	10,92
	5	-516,33	1,51	5,47	0,81	153,52	2,15	15,00
Abril	1	-111,35	1,11	15,08	0,97	67,63	1,92	58,24
	2	-600,02	1,66	17,07	0,95	86,76	1,79	34,74
	3	459,56	0,44	1,50	0,90	74,50	2,11	4,82
	4	-220,64	1,28	8,20	0,90	108,66	1,90	32,44
	5	-212,37	1,21	6,34	0,83	141,75	1,97	17,61
Mayo	1	-403,32	1,53	8,87	0,93	145,49	1,69	23,55
	2	600,30	0,36	3,20	0,85	114,38	1,85	204,97
	3	-698,68	1,93	3,40	0,73	291,57	1,99	4,61
	4	-478,48	1,75	3,20	0,68	272,64	2,24	7,67
	5	-284,78	1,56	3,75	0,61	268,73	2,10	14,09
Junio	1	112,78	0,88	6,50	0,89	107,23	2,10	24,85
	2	-575,06	1,72	6,12	0,92	110,23	2,03	15,83
	3	-371,85	1,40	10,36	0,96	68,81	2,14	63,59
	4	-105,28	1,18	4,20	0,81	141,23	1,93	13,05
	5	181,79	0,78	3,75	0,93	74,06	2,00	108,83
Julio	1	456,17	0,41	2,76	0,55	150,25	2,20	3,71
	2	227,61	0,72	2,19	0,54	151,58	2,19	3,60
	3	336,89	0,57	2,58	0,56	148,43	2,08	3,38
	4	-559,47	1,66	1,64	0,89	152,90	1,90	2,06
	5	290,38	0,60	5,00	0,80	100,62	1,93	11,98
Agosto	1	60,64	0,90	4,79	0,74	102,29	1,79	22,94
	2	274,23	0,56	1,83	0,73	126,46	1,69	3,72
	3	504,64	0,30	0,92	0,60	197,38	2,17	0,76
	4	457,57	0,39	1,41	0,20	179,84	2,06	2,01
	5	337,02	0,50	1,18	0,36	174,94	2,17	1,46
Setiembre	1	-77,09	1,12	8,50	0,90	174,13	1,92	72,28
	2	227,10	0,60	2,88	0,96	48,39	2,10	15,00
	3	424,64	0,43	1,50	0,22	207,20	1,98	2,27
	4	496,29	0,29	0,87	0,31	170,32	1,89	1,14
	5	459,97	0,39	1,38	0,19	210,84	2,03	1,92
Octubre	1	259,82	0,70	2,39	0,96	45,18	1,90	13,06
	2	388,21	0,53	2,03	0,95	47,68	1,73	11,67
	3	517,96	0,42	0,49	0,49	149,18	2,01	2,44
	4	245,91	0,73	1,86	0,30	210,47	1,92	3,47
	5	397,80	0,46	2,02	0,95	50,57	2,00	26,25
Noviembre	1	48,22	0,98	13,69	0,96	52,54	1,97	73,41
	2	368,46	0,60	13,10	0,86	75,84	1,64	3,16
	3	-27,10	1,14	3,82	0,61	152,37	1,53	2,14
	4	367,35	0,63	1,54	0,23	210,98	2,04	2,39
	5	519,11	0,43	1,23	0,17	222,42	1,21	1,53
Diciembre	1	-36,99	1,06	5,34	0,86	90,68	1,94	8,50
	2	11,61	1,05	4,79	0,82	121,99	2,06	14,04
	3	116,28	nd	5,17	0,77	123,02	1,98	26,72
	4	86,90	1,03	3,54	0,61	159,86	1,98	12,56
	5	538,15	0,38	0,67	0,52	135,66	2,11	1,12

Fuente: Fatimah Mohd Arshad y Zainalabidin Mohamed (1994). *Price Discovery through Crude Palm Oil Futures: An Economic Evaluation*, En: Proceedings on Third Annual Congress on Capitalising the Potentials of Globalisation – Strategies and Dynamics of Business, Penang: International Management Development Association (IMDA).