



Universidad de Costa Rica
Facultad de Ciencias Agroalimentarias
Escuela de Economía Agrícola y Agronegocios

Tesis de Graduación para optar por el
Grado de Licenciatura en Economía Agrícola

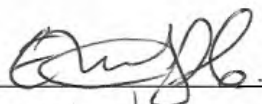
Análisis financiero de las decisiones de renovación de las plantaciones de caña de azúcar
bajo simulación Monte Carlo en CoopeAgri R.L., Pérez Zeledón

Estudiante:
Sebastián Santiago Villarreal
A55330

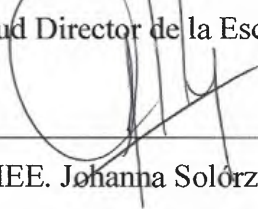
Mayo, 2013

HOJA DE APROBACIÓN

Este trabajo final de graduación fue aceptado por el Comité Asesor de la Escuela de Economía Agrícola y Agronegocios de la Universidad de Costa Rica, como requisito para optar por el grado académico de Licenciado en Economía Agrícola con énfasis en Agroambiente.



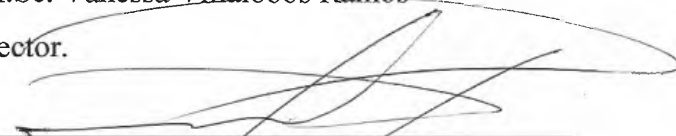
MGA. Enrique Montenegro Hidalgo
Sub Director de la Escuela.



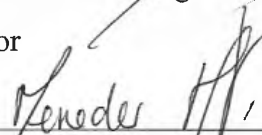
MEE. Johanna Solórzano Thompson
Coordinador.



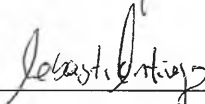
M.Sc. Vanessa Villalobos Ramos
Lector.



MBA Javier Paniagua Molina.
Lector



M.Sc. Mercedes Montero Vega.
Lector



Economista Agrícola. Sebastián Santiago Villarreal.
Postulante

DEDICATORIA

A Dios por siempre brindarme fuerzas y sabiduría a lo largo de este trayecto

A mis padres: Ollman y Shirley por siempre creer en mi

A mis hermanos: Esteban, Andrés, Oscar, Jonathan y Luz por su apoyo

A Ana Yancy, por siempre escucharme y alentarme y seguir adelante.

Su apoyo, preocupación y estímulo hicieron que lograra completar ésta meta.

AGRADECIMEINTOS

A mi Tutora Académica Johanna Solorzano Thompson por su valiosa colaboración y guía durante esta investigación.

Al lector, Javier Paniagua Molina por sus recomendaciones, observaciones y consejos tan oportunos.

Gracias a ambos por ser además amigos y consejeros.

Por último quisiera agradecer al Ing. Oldemar Navarro Acuña y al Ing. Julio Barrantes Mora por el apoyo para realizar esta investigación.

TABLA DE CONTENIDO

HOJA DE APROBACIÓN	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMEINTOS	iii
TABLA DE CONTENIDO.....	iv
INDICE DE TABLAS	vii
INDICE DE FIGURAS	ix
INDICE DE GRÁFICOS.....	x
RESUMEN	xi
CAPITULO I. PROBLEMÁTICA Y MARCO METODOLÓGICO	1
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	1
2.1 JUSTIFICACIÓN	3
3.1 HIPÓTESIS.....	4
4.1 OBJETIVOS	4
4.1.1 Objetivo General	4
4.1.2 Objetivos Específicos.....	5
5.1 Marco Referencial.....	5
5.1.1 Marco de antecedentes	5
5.1.2 Marco Teórico Conceptual.....	10
5.1.3 Aspectos Financieros	13
5.1.4 Análisis de Riesgo mediante simulación Monte Carlo	38
5.1.5 Estimación de una función de producción	51
6.1 DISEÑO METODOLOGICO	53

6.1.1	Tipo de investigación	53
6.1.2	Recolección de datos.....	53
6.1.3	Elaboración del Modelo	54
6.1.4	Selección de una tasa de descuento.....	55
6.1.5	Análisis de Riesgo.....	55
6.1.6	Operatización de las Variables	56
CAPITULO II. ESTIMACION DE UNA CURVA DE PRODUCCIÓN EN EL TIEMPO PARA LAS VARIEDADES Q 96, LAICA 03-825, LAICA 04-825.....		57
2.1	Curva de producción para la variedad LAICA 03-825	57
CAPITULO III. COMPARACION LOS DISTINTOS MÉTODOS FINANCIEROS UTILIZADOS EN EL CÁLCULO DE LA TASA DE DESCUENTO EN UN PROYECTO DE INVERSIÓN, EN EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR.		69
3.1	El modelo de activos de capital (CAPM).....	69
3.2	Modelo de crecimiento de dividendos o Modelo de Gordon.....	78
CAPITULO IV. DETERMINACION DEL VALOR ACTUAL NETO CÍCLICO DETERMINÍSTICO DE LOS DISTINTOS MOMENTOS DE RENOVACIÓN EN EL TIEMPO.....		83
4.1	Determinación del precio en zafra	83
4.2	Supuestos del modelo financiero de renovación de caña de azúcar.....	87
4.3	Determinar el valor actual neto cíclico determinístico para la variedad LAICA 03-805.....	89
CAPITULO V. SIMULACIÓN DE MONTE CARLO DEL VALOR ACTUAL NETO DE CÍCLICO DE LOS DISTINTOS MOMENTOS DE RENOVACIÓN EN EL TIEMPO. .		102
5.1.1	Análisis de Sensibilidad para valor actual neto para la variedad LAICA 03-805 ..	102
5.1.2	Ajuste de distribución de probabilidades	104
5.1.3	Análisis de riesgo	111

CONCLUSIONES	117
RECOMENDACIONES.....	118
BIBLIOGRAFÍA	120
ANEXOS	129
APÉNDICE.....	133

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Fórmulas comerciales, dosis y épocas de aplicación en el cultivo de caña de azúcar. Pérez Zeledón y Buenos Aires	12
Tabla 1.2 Estructura del Flujo de Caja	15
Tabla 1.3 Definición de las Variables de Investigación	56
Tabla 2.1 Análisis de la pendiente según año para la variedad LAICA 03-805	62
Tabla 2.2 Rendimientos proyectados por año para la variedad LAICA 03-805.....	64
Tabla 2.3 Parámetros de proyección para la variedad LAICA 03	66
Tabla 2.4 Rendimientos proyectados y ajustados por año para la variedad LAICA 03	67
Tabla 3.1 Tasa libre de riesgo según periodo de tiempo	71
Tabla 3.2 Error Estándar del premio por riesgo según período de tiempo	72
Tabla 3.3 Rendimiento de mercado histórico y premio por riesgo según periodo de tiempo	72
Tabla 3.4 Relación Deuda/ Capital de CoopeAgri R.L	76
Tabla 3.5 Tasa de Inflación Anual Según País	77
Tabla 3.6 Cálculo de la tasa de descuento	77
Tabla 3.7 Relación excedentes, devoluciones y reservas sobre capital. CoopeAgri R.L	79
Tabla 3.8 Costo de recursos propios. CoopeAgri R.L	80
Tabla 3.9 Rendimientos sobre capital y costo de recursos propios para la División Agrícola. CoopeAgri R.L.....	81
Tabla 3.10 Costo promedio ponderado de la División Agrícola y CoopeAgri R.L	81

Tabla 4.1 Exportaciones de Azúcar	85
Tabla 4.2 Modelo financiero de renovación para una hectárea caña de azúcar sin apalancamiento	90
Tabla 4.3 Cálculo del Valor Actual Neto de los distintos momentos de renovación sin financiamiento	91
Tabla 4.4 Modelo financiero de renovación para una hectárea caña de azúcar con financiamiento	94
Tabla 4.5 Cálculo del Valor Actual Neto de los distintos momentos de renovación con un financiamiento a 5 años plazo.....	95
Tabla 4.6 Análisis comparativo del VAN según las condiciones del préstamo	95
Tabla 4.7 Análisis comparativo del VAN según el momento de renovación y condiciones del préstamo para la LAICA 03-805.....	97
Tabla 5.1 Análisis de sensibilidad para el escenario base	103
Tabla 5.2 Parámetros para las distribuciones de probabilidad para los rendimientos según Variedad y año	108
Tabla 5.3 Simulación piloto para la variedad LAICA 03-805.....	113
Tabla 5.4 Resultados de las simulaciones según opción de renovación para la variedad LAICA 03-805	113
Tabla 5.5 Probabilidad asociada según rendimiento (t/ha) y variedad	115

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Línea de mercado de Capitales (CML)	31
Figura 1.2 Distribución Normal.....	42
Figura 1.3 Distribución Uniforme	43
Figura 1.4 Distribución Triangular	44
Figura 1.5 Proceso de análisis de Riesgo.....	47
Figura 1.6 Modelo de Simulación.....	48
Figura 1.7 Corridas de la Simulación	51
Figura 2.1 Esquema para la estimación de la curva de producción de caña de azúcar por variedad.....	68
Figura 3.1 Cálculo de Tasa de Descuento.....	82
5.1 Distribución de probabilidad para el precio real por kilogramo de azúcar.....	105
Figura 5.2 Distribución de probabilidad para el precio real por kilogramo de miel.....	106
Figura 5.3 Distribución de probabilidad para el rendimiento azúcar por tonelada de caña	106
Figura 5.4 Distribución de probabilidad para rendimiento de miel por tonelada de caña..	107
Figura 5.5 Distribución de probabilidad triangular para el rendimiento del año 1.....	109
Figura 5.6 Distribución de probabilidad triangular para el rendimiento del año 2.....	109
Figura 5.7 Distribución de probabilidad triangular para el rendimiento del año 3.....	110
Figura 5.8 Distribución de probabilidad triangular para el rendimiento del año 4.....	110
Figura 5.9 Distribución de probabilidad triangular para el rendimiento del año 5.....	111

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1.1 VAN de un proyecto a diferentes tasas de descuento.....	17
Gráfico 1.2 Tasas internas de retorno múltiples de un proyecto	21
Gráfico 2.1 Curva polinomial de grado 2 para la Variedad LAICA 03.....	58
Gráfico 2.2 Curva polinomial de grado 3 para la Variedad LAICA 03.....	59
Gráfico 2.3 Ajuste lineal para los años 1 y 2 de la variedad LAICA 03	60
Gráfico 2.4 Ajuste lineal para los años 3 y 4 de la variedad LAICA 03	61
Gráfico 2.5 Curva polinomial ajustada de grado 2 para la Variedad LAICA 03-805	63
Gráfico 2.6 Curva polinomial ajustada de grado 3 para la Variedad LAICA 03-805	63
Gráfico 2.7 Curva polinomial ajustada y validada de grado 3 para la.....	68
Gráfico 3.1 Rendimiento del IBNV vs Precio del Azúcar.....	73
Gráfico 3.2 Rendimiento de los títulos libre de riesgo en Colombia y Estados Unidos.....	74
Gráfico 4.1 Valor Actual Neto Cíclico para los distintos momento de renovación	91
Gráfico 4.2 Tasa de indiferencia entre el año 4 y 5 de renovación para el escenario base..	92
Gráfico 5.1 Análisis de sensibilidad para el escenario base	104

RESUMEN

El objetivo general del trabajo es realizar un análisis financiero de las decisiones de renovación para las variedades LAICA 03-825, LAICA 04-825 y Q 96, en las plantaciones de caña de azúcar en la Cooperativa CoopeAgriR.L en Pérez Zeledón bajo Simulación Monte Carlo.

Los criterios de renovación que se llevan a cabo en la cooperativa son meramente técnicos y antes de este trabajo no se contaba con un análisis financiero que respalde dicho criterio; por lo cual se prosiguió a determinar si los ciclos de renovación llevados por la cooperativa cada cuatro años coinciden con el óptimo económico.

Se analizó por medio de la comparación del VAN cíclico en términos reales de los períodos de renovación; es decir, calculando el VAN cíclico según diferentes ciclos de renovación, 1 año, 2 años, hasta llegar a 5 años.

Para llevar a cabo este análisis se estimó una curva de producción para cada una de las variedades analizadas, a partir de los datos de los ensayos de validación realizados por la Liga de la Caña (LAICA); cada una de las curvas fue validada y ajustada según criterio de experto.

Una vez determinada la curva, se prosiguió a determinar una tasa de descuento apropiada con base en los distintos métodos financieros utilizados en el cálculo de la tasa de descuento en un proyecto de inversión; como lo son el Modelo de Activos de Capital o *CAPM* (por sus siglas en inglés) y el modelo de Gordon ajustado para empresas Cooperativas propuesto por Pederson (1998), donde se definió por medio del *CAPM* una tasa de descuento en términos reales de un 16,60%.

Con base en los datos de costos y rendimientos industriales tanto de azúcar como de miel de las fincas de la Cooperativa, se definió un modelo parametrizado de flujo de caja para el análisis de la renovación por hectárea de las plantaciones de caña de azúcar. Esto permite realizar cambios en las variables definidas dentro del modelo y analizar los cambios en la variable de respuesta, en este caso el VAN cíclico.

A partir del modelo definido anteriormente se realizó un análisis bajo un modelo determinístico y uno estocástico o probabilístico bajo Simulación Monte Carlo. En el primero se analizó cual ciclo de renovación es el que genera un VAN cíclico máximo, y se determinó que el ciclo de renovación practicado por la Cooperativa coincide con el con óptimo económico, es decir 4 años.

Para realizar la Simulación Monte Carlo, se prosiguió a ajustar una distribución de probabilidad a cada una de las variables críticas del modelo, esto con el fin de estimar el valor promedio del VAN cíclico de las diferentes opciones de renovación. Esto se llevó a cabo por medio de miles de simulaciones con la ayuda del complemento de *@ Risky CrystalBall* para Excel.

Para determinar el número de simulaciones, se definió un error de 3 toneladas métricas por hectáreas, lo cual representa $\pm \text{C} 93.787,20$ utilizando un rendimiento de un 12% y un valor de $\text{C} 195,39$ colones por kilo de azúcar; el cual es el precio más probable en términos reales según la distribución de frecuencia definida.

Del análisis anterior se encontró que la probabilidad de retorno negativo de cualquiera de las opciones planteadas en el estudio es inferior a un 5%. Además se realizó un análisis exploratorio para definir parámetros de decisión en los cuales la opción de renovación cambia del año 4 al año 5.

CAPITULO I. PROBLEMÁTICA Y MARCO METODOLÓGICO

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La caña de azúcar (*Saccharum Officinarum*) es una gramínea anual, la cual crece de vuelta cada año de porciones de tallos que quedan enterrados después de la cosecha (Crane 1983). Se llama caña planta a aquella que se desarrolla desde la siembra hasta la primera corta y caña soca a las subsecuentes cosechas; la cual termina con el último corte antes de realizar la renovación.

Del cultivo de caña de azúcar se desprende una de las actividades agrícolas de mayor importancia en el mundo donde se deriva uno de los principales *commodities*¹ como lo es el azúcar; siendo Brasil el mayor productor a nivel mundial, con más de 25 millones de toneladas exportadas en el 2011, tal como lo reporta *Foreign Agricultural Service*, de los Estados Unidos

Para el año 2010, según datos de la FAO, la producción mundial de azúcar alcanzó un total de 165 millones de toneladas; de las cuales tres cuartas partes derivadas de la caña de azúcar y un cuarto de la remolacha azucarera (FAO, 2011).

En Costa Rica, el cultivo de caña de azúcar es uno de los de mayor importancia económica; generando más de 7 mil millones de colones al PIB agrícola desde el año 2004, según lo reporta SEPSA. Para el período 2009-2010 existían cerca de 55 mil hectáreas sembradas a nivel nacional; esto equivale a una producción de más de 3 millones de toneladas métricas por año (SEPSA, 2011).

¹ Bienes producidos en masa por el hombre o incluso del cual existen cantidades abundantes en la naturaleza, que tiene un valor o utilidad, y un muy bajo nivel de diferenciación o especialización.

El sector azucarero en nuestro país está constituido por más de 12 mil entregadores independientes de caña de azúcar, donde casi el 90% son pequeños productores que cultivan menos de 3,3 hectáreas (LAICA, 2011). Este es un sector que en conjunto, produce el 45% de la caña total entregada y el cual tiene un valor anual cercano a los US\$ 100 millones; el cual representa alrededor del 14,4% del PIB agropecuario (SEPSA, 2011).

Dentro de las zonas productoras del país, la Zona Sur se ha mantenido en el cuarto lugar, moliendo un total del 280.101 T.M en el período 2010-2011; lo cual representó un 8,44 % de la caña molida en el país para ese periodo (LAICA, 2011).

CoopeAgri R.L aglomera la mayoría de los productores de la Zona Sur, donde actualmente cuenta con 1.282,91 hectáreas dedicadas a la producción de caña de azúcar, lo cual representa alrededor de un 50%² del área de siembra de la zona.

Actualmente, la renovación de las plantaciones de la Cooperativa se realiza desde un punto de vista meramente técnico o de rendimiento, el cual se realiza al término del cuarto año de producción; siendo éste el máximo período que se suele mantener una plantación sin renovar. Además el número de socas cosechadas en una plantación es uno de los factores claves que determinan el rendimiento, debido a que la productividad del cultivo tiende a disminuir después de un número determinado de cortes.

Esta pérdida en productividad es un reflejo del desgaste que sufre el cultivo en cada soca subsecuente, el cual va a tener una incidencia directa en los beneficios que percibe la cooperativa. Por esta razón, surge la necesidad de contar con una herramienta de análisis para tomar mejores decisiones a nivel gerencial y para conseguir dicho instrumento se responderá al siguiente problema de investigación:

² Estimaciones del autor con base a informes de producción de la Cooperativa y LAICA.

¿Cuál es el momento de renovación del cultivo de caña que genera, tomando en cuenta el riesgo de mercado, maximizan los beneficios netos actuales de la división agrícola de caña de azúcar de la Cooperativa?

2.1 JUSTIFICACIÓN

La caña de azúcar es un cultivo semi perenne capaz de producir retoños de los rastrojos subterráneos después de cada cosecha tal como lo menciona King et al (1965), citado por Keerthipala y Dharmawardene (2000). Esta característica permite que el productor o cooperativa aumente sus ingresos ya que los costos de mantenimiento del cultivo son inferiores a los de renovación, los cuales rondan en $\square 1.250.000^3$, independientemente de los costos de renovación.

Es por esta razón que se acostumbra postergar la renovación de la plantación el mayor tiempo posible, debido a que los costos asociados tales como: limpieza o descepada, preparación del suelo y costo de la semilla representan en algunos casos hasta $58\%^4$ de los costos de producción del primer año. Sin embargo la productividad de la caña de azúcar tiende a reducirse a partir de un número determinado de cosechas debido a la disminución de retoños y pérdida de peso en los tallos tal como lo menciona Midmore (1979) y Chapman (1988) citado por Keerthipala y Dharmawardene (2000).

³ Barrantes, J. 2012. Costos de Renovación (entrevista). CR, LAICA.

⁴ Cálculos hechos por el autor, basado en diferentes avíos de producción.

Hasta el momento, la Cooperativa se ha basado meramente en un criterio técnico⁵, el cual toma el nivel de productividad en CAPMo del cultivo, sin tomar en consideración algún aspecto económico. Tal como lo menciona Salassi y J.B. Breaux (2001), la evaluación económica de la longitud del ciclo de cultivo es en general, la determinación de la duración óptima que maximice el rendimiento económico; es decir, se trata de determinar el momento en el que se debe arar la cosecha de rastrojos existentes y volver a sembrar para iniciar un nuevo ciclo de cultivo.

Es por esto que se busca responder a ésta inquietud por medio de un análisis que incorpore el nivel de riesgo de la inversión y tome en consideración el valor del dinero en el tiempo, maximizando así los flujos netos de la división agrícola de la Cooperativa.

3.1 HIPÓTESIS

El momento de renovación de los cañales practicado por la Cooperativa actualmente, es decir de cuatro años, genera un Valor actual neto (VAN) máximo.

4.1 OBJETIVOS

4.1.1 Objetivo General

Determinar el momento óptimo de renovación del cultivo de la caña mediante un análisis financiero y simulación Monte Carlo de las decisiones de renovación para las variedades LAICA 03-825, LAICA 04-825 y Q 96, en la Cooperativa Coopeagri R.L en Pérez Zeledón

⁵ Navarro, O. 2012. Costos de Renovación (entrevista) .CR, CoopeAgri .

4.1.2 Objetivos Específicos

- Estimar una curva de producción en el tiempo para las variedades Q 96, LAICA 03-825 y LAICA 04-825.
- Comparar los distintos métodos financieros utilizados en el cálculo de la tasa de descuento en un proyecto de inversión, aplicado al cultivo de caña de azúcar.
- Determinar el valor actual neto cíclico determinístico de los distintos momentos de renovación en el tiempo.
- Determinar bajo el método de Simulación Monte Carlo el valor actual neto cíclico promedio de los distintos momentos de renovación en el tiempo.

5.1 Marco Referencial

5.1.1 Marco de antecedentes

El problema de determinar el momento óptimo de cosecha ha sido tratado principalmente en el área de forestería, tal como lo menciona Rodríguez y Díaz (2006) donde se ha abordado a partir de la solución planteada por Faustmann en 1849. En este caso, el valor de la madera puede ser expresado como la suma de flujos de caja descontados durante un período infinito; en donde se escogerá la rotación que haga que el valor de la madera sea máximo.

Perrin (1972) expone los principios básicos de la renovación de activos aplicados a la agricultura por medio de modelos determinísticos, poniendo principal énfasis en activos que se pueden clasificar como inventarios en proceso como los son árboles maderables y bienes de capital tales como maquinaria y equipo.

Uno de los primeros investigadores en abordar el problema de renovación en caña de azúcar es Hoekstra (1976), el cual estableció por medio de un análisis de regresión múltiple, una función para describir la variación de la producción de la caña en términos de la edad y el número de cortes; definiéndose la edad en meses.

Uno de los inconvenientes de la función de producción planteada por Hoekstra (1976) es que trata de ajustar una función lineal a un modelo de producción que se explicaría mejor por un modelo potencial o polinómico.

Dentro de su análisis, Hoekstra (1976) determina, por medio de la derivación de la suma geométrica de flujos, el número ideal de caña soca a cultivar; sin embargo el modelo pierde practicidad por la complejidad de la derivación de la fórmula.

Como parte del su análisis, Hoekstra (1976) plantea un método práctico para ajustar los datos y eliminar la distorsión causada por la influencia del clima, con el fin de evaluar los rendimientos en diferentes zonas. Tal como lo plantea el autor, el efecto del clima durante una temporada dada en un CAPMo de una región, será proporcional al promedio de toneladas de caña de todos los cañales de dicha región para esa época.

Ahora bien, la caña de azúcar puede ser analizada como un activo que va perdiendo valor económico debido a las disminuciones en su productividad al pasar cada caña soca⁶. Este enfoque es planteado por Crane (1983), en donde se analiza a la caña por renovar como el “defensor” y a la renovada como el “retador”.

Bajo este enfoque la regla de decisión a seguir, asumiendo que no existe un cambio tecnológico, es la siguiente:

- (i) Reemplazar el defensor, si solo si, los ingresos descontados del retador son mayores.
- (ii) Extender un período más y reemplazar.

El autor hace un aporte importante al análisis de reemplazo al considerar la renovación como eventos cíclicos que se repiten cada n años. Bajo esta primicia la regla de decisión es modificada:

“Si el valor presente de los ingresos cíclicos del retador son mayores que el defensor, reemplace; sino extienda el periodo del defensor por un ciclo más”.

Para determinar los ingresos producto de la cosecha, Crane (1983) realizó proyecciones de los rendimientos de los cañales, tomando diferentes factores como, suelo, variedad, tipo de cosecha, año del ciclo de renovación, radiación solar, entre otros.

Para complementar el estudio, el autor utilizó un enfoque de programación lineal para determinar los momentos óptimos de cosecha para cumplir con un calendario de la cuota.

⁶Se le llama caña soca a los retoños subsecuentes de la primera corta.

Un enfoque menos robusto fue utilizado por Alvarez y Abbitt (1980), en donde utilizan un presupuesto parcial para tomar la decisión de renovar en la segunda caña soca o continuar por un período más de cosecha. El estudio determina que si obtiene un resultado positivo del presupuesto parcial, el cultivo debe dejarse otro ciclo más ya que esto contribuye a aumentar el ingreso neto del productor.

Los autores también plantean la utilidad del presupuesto parcial para determinar un punto de equilibrio que contempla los ingresos marginales de la renovación descontados un periodo, con una tasa de descuento seleccionada de un 12%.

Este enfoque se considera práctico, sin embargo pierde fuerza al compararse con otros más robustos como el planteado por Tonta y Smith (1988), los cuales sintetizan los trabajos de Hoekstra (1976), Crane (1983), ForkKam (1988) y Chastel (1992); estos 3 últimos citados por Tonta y Smith (1996). El resultado de dicho estudio se centra en la determinación de del número óptimo de cosechas partiendo de la técnica de flujo de caja descontado, con una de descuento de un 14%; tomando como referencia la tasa de interés a la que un productor podía acceder en la zona de estudio. Finalmente los autores realizaron ajustes por clima por el método de ajuste de constantes.

La regla de decisión planteada por Tonta y Smith (1996), establece que el ciclo óptimo de cosecha es aquel que genere el valor presente neto convertido en una anualidad equivalente más alto; reflejando así un flujo de caja promedio en términos de valor presente.

En nuestro país, el problema de renovación de cultivos semi-permanentes fue planteado por Munita (1970); en dicho estudio el autor plantea una función para determinar el beneficio bruto (FB), basado en una ecuación cuadrática de la producción, ecuaciones lineales del gasto del cultivo, de los gastos de renovación y cosecha; por último los precios pagados al productor por toneladas de caña de azúcar.

Con base en ésta función, el autor deriva la misma para determinar el momento óptimo de renovación del cultivo, encontrando que el período óptimo de renovación es de 3 años. Sin embargo la debilidad que presenta esta investigación es que no considera el valor del dinero en el tiempo, uno de los principales enfoques del presente trabajo.

Un enfoque más simple fue propuesto por Salassi y J.B. Breaux (2001) para valorar la renovación de un corte a otro, según los autores una plantación debe dejarse en producción si el ingreso neto de la cosecha incrementa el valor presente anualizado del periodo evaluado.

Este enfoque se basa en el factor de recuperación de capital de una renta uniforme, que indica la cantidad de dinero que se podría obtener de manera constante al invertir una suma de dinero de manera capitalizable.

A diferencia de los métodos anteriores, este es el único que considera el valor del dinero en el tiempo como regla de decisión, la cual es la mayor fortaleza de este enfoque.

El enfoque de programación lineal ha sido también usado para resolver este problema, Steer (2004) utiliza el mismo para determinar el efecto de factores como precios de azúcar, costos de producción y cosecha, para determinar una regla de decisión con base el punto de equilibrio en la tercera corta de caña de azúcar. El enfoque plantea que solo se debería seguir cosechando si los ingresos obtenidos son superiores al punto de equilibrio de la tercera corta.

Como parte del estudio se determinó, por medio de un modelo avanzado de programación lineal llamado MOTAD, el ciclo óptimo de cultivo; el cual se determinó en 5 años.

Sin bien es cierto, este modelo es muy robusto, solo considera el valor del dinero en el tiempo para el cálculo del punto de equilibrio para el tercer año; además el enfoque de programación lineal usado en la determinación del ciclo óptimo carece de practicidad.

Actualmente la Universidad Estatal de Luisiana maneja un programa llamado Sugarcane Crop Cycle Length Evaluation Model, donde se compara por medio de puntos de equilibrio y proyección en costos y precios, la rentabilidad de una segunda o tercera corta de caña. Estos modelos son actualizados cada año por la Universidad Estatal de Luisiana, por medio de su departamento de extensión.

5.1.2 Marco Teórico Conceptual

5.1.2.1 Aspectos agronómicos del cultivo de caña de azúcar

A continuación se dará una breve descripción de los requerimientos climáticos, edafológicos y nutricionales del cultivo.

5.1.2.2 Requerimientos climáticos del cultivo

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), requiere altas temperaturas durante el período de crecimiento y bajas temperaturas durante el período de maduración.

Según lo menciona Subirós (1995), la temperatura junto con la humedad son los factores más importantes para la germinación y desarrollo de la planta. Las temperaturas óptimas para diferentes etapas del desarrollo de este cultivo son: para la germinación entre 32°C y 38°C, para el macollamiento 32°C y para el crecimiento 27°C.

En cuanto la precipitación Osoario (2007) menciona que una precipitación de 1.500 a 1.750 mm/año es suficiente para suplir las necesidades del cultivo en suelos de textura franco limosa o franco arcillosa. Otros autores como James (2004) menciona que el cultivo requiere de 1100 a 2000 mm/año.

La Región Sur, en San Isidro de El General, en donde se lleva a cabo el análisis, la lluvia en ésta zona es bastante elevada; con un promedio de 3200 mm/año. El período de zafra está comprendido entre diciembre y el mes de abril en la zonas bajas y de enero a junio en las áreas medianas y altas (Subirós, 1995).

En cuanto a la luminosidad, es uno de los factores básicos en la producción de azúcar; la caña de azúcar posee un sistema de fotosíntesis llamado C4, el cual es capaz de fijar de manera más eficiente el CO₂. En las zonas cañeras el promedio anual de horas luz oscila entre 1.500 y 2.550 horas.

5.1.2.3 Requerimientos edafológicos

La caña de azúcar crece satisfactoriamente en una gran variedad de tipos de suelo, pero los más adecuados para este cultivo son los de textura franca o franco arcillosos, bien drenados, profundos, aireados, ricos en materia orgánica, topografía plana y semiplana y con pH entre 5,5 y 7,5 (MAG 1991). En la región de Pérez Zeledón predominan los suelos Ultisoles.

5.1.2.4 Requerimientos Nutricionales

Los requerimientos nutricionales de la planta varían según la etapa de desarrollo de la misma, siendo los principales elementos que absorbe el K, Na, C, Mg y P (Subiros, 1995).

La época recomendada para la aplicación de fertilizantes, como una Buena Práctica Agrícola, es en el momento de la siembra y después de cada corte; no se debe hacer aplicaciones después de cuatro meses de siembra o corte, porque disminuye el aprovechamiento de nutrientes (Osoario, 2007). Se recomienda abonar únicamente con fósforo durante la siembra, colocando el fertilizante en fondo.

Algunas recomendaciones en cuanto a las dosis a aplicar oscila entre los 50 y 200 kg/ha de fósforo (P_2O_5), de acuerdo con lo detectado en el análisis de suelo. La aplicación con nitrógeno y el potasio debe realizarse dos o tres meses después de la germinación de la caña, en forma fraccionada, especialmente en zonas de alta precipitación (MAG 1991).

Tabla 1.1 Fórmulas comerciales, dosis y épocas de aplicación en el cultivo de caña de azúcar. Pérez Zeledón y Buenos Aires
CoopeAgri R.L. 2010

Nº de aplicación	Epoca de Aplicación	Fórmula comercial	Sacos 50 Kg/ ha; Kg/ FC*
I fertilización	45 dds* o ddc*	17- 0 -25- 5-6.8 (S) 1.4 Zn	6-7 (300-350 Kg/Ha)
		17-2-25-5-6.3 (S) -0.35 Zn	
		18-3-22-5-6.3(S)-0.4 Zn	
		14-5-16-5,8-8,9 Ca	
		11-0-19-7.1-0.1 B-11.6 CaO	
II fertilización	90 dds o ddc	17- 0 -25- 5-6.8 (S) 1.4 Zn	6-7 (300-350 Kg/Ha)7
		17-2-25-5-6.3 (S) -0.35 Zn	
		18-3-22-5-6.3 (S)-0.4 Zn	
		14-5-16-5,8-8,9 Ca	
		11-0-19-7.1-0.1 B-11.6 CaO	

Fuente: Agrícola, CoopeAgri R.L., Plan de manejo nutrición plantaciones 2010.

*dds: días después de siembra.

ddc: días después de corta

FC: fórmula completa

Pérez Zeledón exhibe la condición de fertilidad más deficiente de todos los suelos cañeros de Costa Rica, pues los contenidos de elementos como Al y Fe son elevados, en tanto que las concentraciones bajas de P, Ca, Mg, K, Zn y S son manifiestas; pocas son las excepciones a la regla anterior, lo que obliga a prestar especial atención a la nutrición como factor de producción determinante para la obtención de altos rendimientos agroindustriales (Cháves, 1999).

5.1.3 Aspectos Financieros

5.1.3.1 Componentes del flujo de caja

Para la evaluación financiera de un proyecto de inversión es necesario integrar toda la información relevante para determinar los beneficios del proyecto.

Tal como lo menciona Jiménez et al (2007), la evaluación económica de proyectos requiere la estimación de flujos de efectivo asociados al proyecto; este permite medir cuanto se recobrará, período a período, como retribución del efectivo invertido.

En su construcción se deben tomar los ingresos y salidas de dinero relevantes para la evaluación del proyecto, los cuales son lo que se producirán solo si se lleva a cabo la inversión.

Los elementos básicos a determinar en un proyecto de inversión son:

- Inversión inicial
- Horizonte de evaluación
- Flujos de efectivo
- Valor residual del proyecto

Dentro de la inversión inicial Ketelhöhn et al (2004) menciona que son todas aquellas erogaciones o fluctuaciones en las que se tiene que incurrir al inicio de la vida del proyecto. Estos incluyen adquisición de equipo, terrenos, maquinaria y demás rubros necesarios para la puesta en marcha del proyecto.

Otro de los aspectos más relevantes dentro de la construcción del flujo de caja es la determinación del horizonte de tiempo de evolución, dentro de un marco de referencia ideal, este período de evaluación debería ser igual a la vida real del proyecto, activo o sistema que originó el proyecto (Sapag 2007).

En el caso particular de análisis, el cual es la renovación de los cañales de azúcar, se evaluarán diferentes horizontes y se determinará su rentabilidad en cada escenario.

Dentro de los flujos de efectivo del proyecto se consideran todos los ingresos y egresos del proyecto, estos están constituidos por los gastos y costos, depreciaciones, amortizaciones y pagos de impuestos que genere el proyecto.

Es necesario mencionar la aclaración realizada por Ketelhöhn et al (2004) en cuanto a la diferencia entre flujo de efectivo y utilidad contable; los autores mencionan que los beneficios de un proyecto deben medirse por los flujos entrantes de efectivo relevantes para la inversión, es decir, los flujos de efectivo incrementales generados por la inversión. En cuanto a la utilidad contable, los autores mencionan que la información contable sirve para evaluar ejecutorias y realizar comparaciones entre empresas, pero la importancia de esta es limitada en su aplicación para la evaluación de proyectos.

5.1.3.2 Construcción del flujo de caja

Con base en los elementos mencionados anteriormente, se procede a elaborar el flujo de caja del proyecto. Para un proyecto que busca medir la rentabilidad de la inversión Sapag (1993) citado por Sapag y Sapag (2008), proponen la siguiente estructura para el flujo de caja de un proyecto:

Tabla 1.2 Estructura del Flujo de Caja

+ Ingresos afectos a impuesto
- Egresos afectos a impuesto
- Intereses
- Gastos no desembolsables
= Utilidad antes de Impuesto
- Impuesto
= Utilidad despues de impuesto
+ Ajuste por gastos no desembolsables
- Egresos no afectos a Impuestos
+ Beneficios no afectos a impuestos
- Amortizacion de la deuda
= Flujo de caja

Fuente: Sapag y Sapag (2008)

Los ingresos y egresos afectos a impuesto, son los elementos que alteran el estado de pérdidas y ganancias de una empresa y por consiguiente el monto a pagar de impuestos.

Los gastos no desembolsables, son los que no representan una salida propiamente de efectivo, su propósito es más contable; dentro de estos tenemos las depreciaciones y la amortización de activos intangibles.

Los *ajustes por gastos no desembolsables*, se deben volver a sumar después del cálculo de impuesto y corresponden a los gastos no desembolsables mencionados anteriormente.

Los *Beneficios no afectos a impuesto*, lo constituyen el valor de desecho del proyecto y la recuperación en el capital de trabajo; y los *Egresos no afectos a impuesto*, están constituidos por las inversiones.

Cuando se analiza la inversión de una empresa en marcha, se realiza un análisis un poco diferente al antes explicado, ya que hay costos y beneficios que se consideran irrelevantes. Los proyectos más comunes en empresas en marcha se refieren a los de reemplazo, ampliación y los de abandono (Sapag y Sapag 2008).

La renovación de caña de azúcar se puede comparar con un proyecto de reemplazo, ya que se está sustituyendo el cañal actual por uno nuevo. Bajo este esquema de análisis, la estructura del flujo de caja se modifica; dejando por fuera aspectos como: *Beneficios no afectos*, como lo es el valor residual, ya que se asume que la empresa seguirá en la actividad agrícola y no se pretende realizar la venta total o parcial del proyecto; y algunos rubros de los *Gastos no desembolsables* como lo son la amortización por intangibles.

5.1.3.3 Criterios de evaluación de proyectos de inversión

El valor actual neto (VAN)

El criterio del valor actual neto es la regla de decisión más difundida para determinar la aceptación o rechazo de un proyecto.

El VAN de un proyecto de inversión no es otra cosa que el valor del proyecto medido en dinero de hoy, es decir, el valor actual de todos los ingresos y egresos, presentes y futuros, que constituye el proyecto (Infante, 1998).

El VAN, pertenece a un conjunto de técnicas de flujo de caja de efectivo descontada (DCF, del inglés *discounted cash flow*) o de presupuesto de capital, que contemplan el costo del dinero en el tiempo (Weston y Copeland, 1980); además contempla el riesgo de invertir en el proyecto.

Este criterio consiste en encontrar la diferencia entre el valor actualizado de los flujos de beneficio y el valor actualizado de las inversiones y otros egresos de efectivo (Fernández 2010). El valor presente neto está dado por la siguiente expresión:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+k)^t} - I_0 \quad (\text{Ecuación 5.1})$$

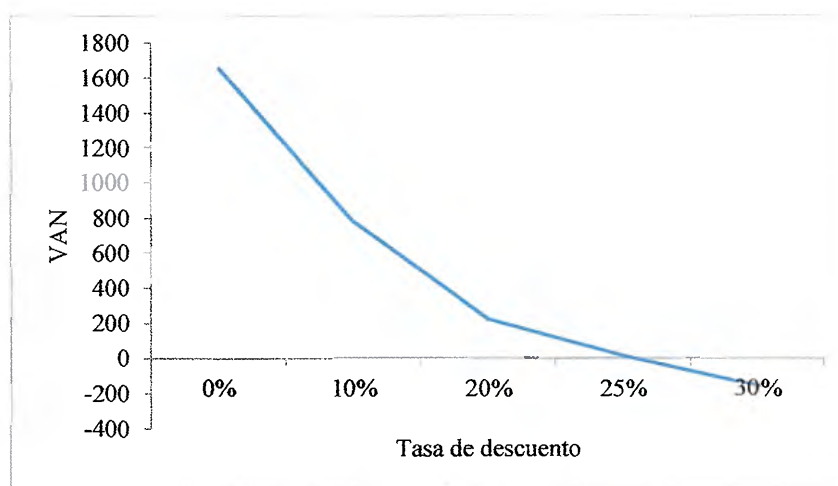
Donde:

FC_n : flujo de caja para el año t .

k : costo de capital o tasa de descuento.

I_0 : inversión inicial en el año cero.

Gráfico 1.1 VAN de un proyecto a diferentes tasas de descuento



Fuente: Elaboración Propia

Tal como se observa en el gráfico anterior, el VAN del proyecto está en función de la tasa de descuento del mismo. Como lo menciona Ketelhöhn et al (2004), la deseabilidad de los diferentes proyectos cambia si cambia la tasa de rendimiento mínimo aceptable para la empresa, es decir el costo de capital con la cual se evalúe el proyecto.

La determinación de una tasa de descuento para el proyecto es de vital importancia para su correcta evaluación; la manera de determinarla se discutirá más adelante en este capítulo.

Regla de decisión del VAN

Para los proyectos mutuamente excluyentes, se escoge aquel proyecto con el mayor VAN.

Cuando los proyectos son independientes se debe seguir la siguiente regla:

- $VAN > 0$: Se elige el proyecto.
- $VAN \leq 0$: Se rechaza el proyecto.
- $VAN = 0$: Financieramente el proyecto no se elige.

Ahora bien, para que el análisis este completo, deber tenerse en cuenta que implicaciones tiene un VAN positivo, según Fernández (2010), se pueden mencionar las siguientes:

- Se recupera la inversión.
- Pagar el costo de financiamiento.
- Generar un excedente que proporcione una mayor riqueza.

Sin embargo, se debe mencionar que como cualquier método presenta sus ventajas y desventajas. Entre las ventajas que hacen más atractivo este método está la incorporación del valor del dinero en el tiempo, sin embargo para su cálculo se debe determinar una tasa de descuento apropiada, la cual no debe ser antojadiza.

Otra desventaja del VAN es que no se puede usar como regla de decisión para proyectos con vidas desiguales.

Para resolver este problema se puede utilizar métodos aproximados como el de reinversión de flujos o métodos financieros como el VANAE (ganancia anual equivalente) y el CAUE (Costo anual uniforme equivalente), tal como lo menciona Fernández (2010).

Sobre el CAUE y el VANAE Fernández (2010) hace la siguiente aclaración, el CAUE se suele utilizar para comparar proyectos con diferente vida útil, diferente inversión inicial y flujos anuales diferentes; mientras que el VANAE es útil para proyectos excluyentes con igual inversión inicial, pero flujos diferentes y vidas desiguales.

Tasa interna de retorno (TIR)

La tasa interna de retorno, es tal vez la técnica compleja de presupuesto de capital usada con mayor frecuencia (Gitman, 2007).

El método nos indica la tasa de descuento que iguala al VAN, en este caso las entradas y salidas de efectivo son iguales a la inversión. Matemáticamente, la tasa interna de retorno se define de la siguiente manera:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+TIR)^t} - I_0 = 0 \quad (\text{Ecuación 5.2})$$

Donde:

FC_t : flujo de caja para el año t .

TIR : tasa de descuento que hace que el valor actual de los flujos sea igual a la inversión inicial.

I_0 : inversión inicial en el año cero.

Un proyecto se aceptará, si la TIR es superior al costo de capital o tasa de descuento determinada para la evolución del proyecto.

Tasas Internas de retorno múltiples

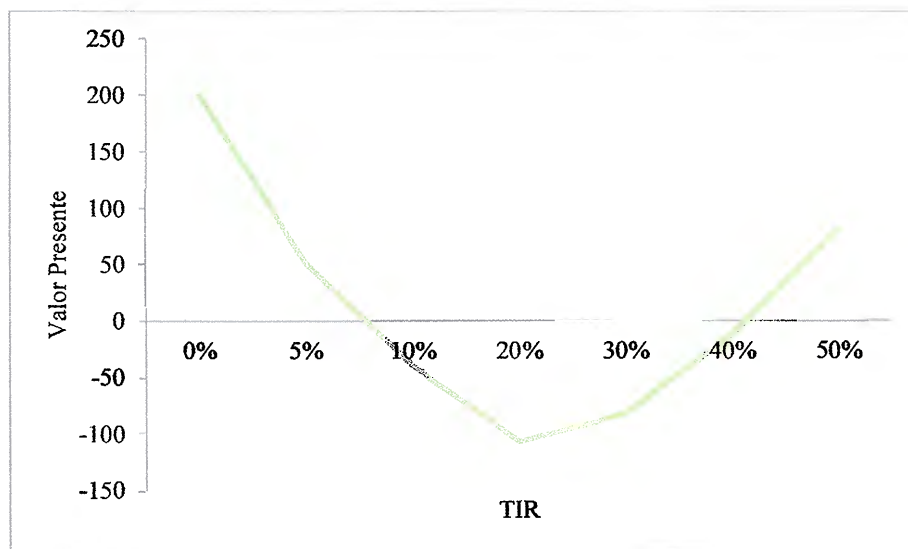
Como se puede observar en la ecuación 5.2, la determinación de la tasa interna de retorno se reduce a la resolución de un polinomio de grado igual a t , es decir el grado del polinomio va ser igual al período de la evaluación del proyecto.

Esta es una de las principales desventajas del método, ya que puede ocasionar algunas dificultades para su cálculo y su interpretación.

Tal como lo menciona Tarquín (2004), cuando hay más de un cambio de signo en el flujo de efectivo neto, es posible que haya múltiples valores para la TIR, en un rango que va desde menos 100% a más infinito. Según la regla de Descartes, existen un total de raíces reales igual o menor al número de cambios de signos que existan en el polinomio.

Ahora bien, en los flujos de caja de un proyecto se pueden presentar uno o más flujos de caja negativos, ocasionando que se generen más de una tasa interna de retorno para el proyecto.

Gráfico 1.2 Tasas internas de retorno múltiples de un proyecto



Fuente: Elaboración Propia

En este tipo de proyectos Ketelhöhn et al (2004), sugiere analizar los flujos de fondos como la suma de varias inversiones independientes y obtener, por separado, la TIR de cada una de ellas; viendo el proyecto de inversión como varios sub proyectos en los que cada uno tiene su propia tasa de rendimiento.

En este tipo de situaciones, los autores recomiendan la utilización del VAN o del VAN ajustado⁷, para la evaluación del proyecto.

⁷Este es un método alternativo para la evaluación de proyecto, y en la metodología de simulación es válida Marín, N. 2011. Consulta APV y análisis de riesgo y sensibilidad (correo electrónico) INCAE. Sin embargo, se considera por su simpleza, la utilización del VAN como regla de decisión. Para una explicación más amplia del VAN ajustado ver Luerhman. Timothy A., "What's it worth? A general manager's guide to valuation", *Harvard Business Review*, mayo-junio, 1997.

Comparación entre VAN y TIR

Una de las debilidades más grandes de la TIR en comparación del VAN, es la suposición de que cada flujo obtenido dentro del proyecto se reinvierte a la tasa encontrada; en comparación el VAN asume que los flujos son reinvertidos a la tasa de costo de capital.

Desde el punto de vista de autores como (Infante 1998) y Ketelhöhn et al (2004) este es un supuesto más válido, ya que la tasa de descuento es la mejor suposición de la tasa de oportunidad en la que se podrían invertir los flujos intermedios del proyecto.

VAN cíclico

Se habla de un Valor Actual Neto cíclico (VAN Cíclico) cuando se hace referencia a una cadena de eventos (repetición de flujos de caja) de manera indefinida. En otras palabras, una cadena de eventos que se repiten de manera indefinida cada j períodos de manera indefinida (Crane, 1983).

Si tomamos la ecuación 1.1, el cual representa al Valor Actual Neto de un ciclo de renovación se obtiene:

$$VAN_c = VAN_1 + \frac{VAN_2}{(1+t)^s} + \frac{VAN_3}{(1+t)^{2s}} + \dots + \frac{VAN_n}{(1+t)^{(k-1)s}} \quad (\text{Ecuación 5.3})$$

Donde:

S: duración del ciclo de renovación.

K: ciclo de renovación.

Tal como lo menciona Daza et al (1997), si se asume que la cadena de eventos o ciclos de renovación se van a repetir de manera indefinida, y que no existe cambio tecnológico en el tiempo; entonces si se toma el $VAN_1 = VAN_2 = \dots = VAN_k$, se obtiene:

$$VAN_c = VAN_k + \frac{VAN_k}{(1+t)^s} + \frac{VAN_k}{(1+t)^{2s}} + \dots + \frac{VAN_k}{(1+t)^{(k-1)s}} \quad (\text{Ecuación 5.4})$$

Tomando VAN_k como factor común podemos tomar la expresión anterior y escribirla como:

$$VAN_c = VAN_k [1 + (1+t)^{-s} + (1+t)^{-2s} + \dots + (1+t)^{-(k-1)s}] \quad (\text{Ecuación 5.5})$$

Como se puede observar, el segundo término de la expresión corresponde a una serie geométrica convergente, por lo cual se puede escribir como:

$$VAN_c = \frac{1}{1-(1+t)^{-s}} \left[\sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1+t)^j} \right] \quad (\text{Ecuación 5.6})$$

el cual representa el Valor Actual Neto de una serie infinita de cadena de eventos.

El VAN cíclico es útil cuando es probable que la empresa o proyecto, continúe fabricando el mismo producto o realizando la misma actividad con la misma tecnología (Dayanda et al 2002).

5.1.3.4 Determinación de la tasa de descuento

Uno de los aspectos más importantes para la evaluación de un proyecto de inversión, es la determinación de una correcta tasa de descuento. Tal como lo menciona Sapag y Sapag (2007) aun si todas las demás variables de un flujo de caja se han determinado correctamente, la utilización de una tasa de descuento inapropiada puede incluir un resultado errado en la evaluación.

Existen varios enfoques para determinar la tasa de descuento apropiada, entre los más importantes tenemos el modelo CAPM (*Capital Asset Pricing Model*), el modelo WACC (*Weighted Average Cost of Capital*) y la tasa ajustada por riesgo.

Estos métodos se han centrado en la relación entre el riesgo y una tasa mínima de retorno (Cohen y Eschenbach, 2006), además Manotas y Díaz (2009) agrega que la tasa de descuento usada en estas metodologías debe partir de un valor llamado tasa libre de riesgo; que se supone es la tasa de mercado que un inversionista podría ganarse con los instrumentos más seguros tales como los títulos de tesorería estatales.

La tasa libre de riesgo se adiciona una prima por riesgo, cuya forma de cálculo varía según el método, pero que se supone es una expresión que cubre los elementos inciertos en la realización del proyecto.

Según Cohen y Eschenbach (2006), todos tienen una sólida base teórica, sin embargo en algunos casos conlleva a resultados contradictorios, siendo que están mal aplicados o usados en un contexto errado.

Es importante de señalar, que este tipo de métodos se centran en la determinación de tasas de descuento bajo certeza, pero su principal problema es que no indican el nivel de confianza en la determinación de la tasa de descuento (Ye y Tiong, 2000).

Costo de capital y costo ponderado del costo de capital (CPC)

Se define costo de capital como el costo que para la empresa significa las diferentes fuentes de financiamiento a largo plazo (Ketelhöhn et al 2004).

Tal como lo menciona Pederson (1998), este concepto es de gran importancia a nivel económico y financiero ya que permite la identificación de inversiones rentables así como la comparación de alternativas de financiamiento y valoración de la empresa por nombrar algunas.

Costo de la deuda

El costo de la deuda se puede definir como el costo después de impuestos de un préstamo a largo plazo tal como lo define Gitman (2007).

El costo de la deuda se puede calcular mediante la tasa interna de retorno de los flujos de efectivo de la deuda:

$$P = \frac{S_1}{(1+k_d)} + \frac{S_2}{(1+k_d)^2} + \dots + \frac{S_n}{(1+k_d)^n} + \frac{A_n}{(1+k_d)^n} \quad (\text{Ecuación 5.7})$$

Donde:

P = suma neta del principal recibida por la empresa en el momento de obtener la deuda.

S_j = pago de intereses posteriores a los impuestos para los años $j=1, \dots, n$.

k_d = costo de la deuda o tasa de interés equivalente a la deuda.

A_n = suma a pagar al vencimiento.

En la práctica si no se cuenta con los datos necesarios para calcular la expresión anterior, se suele tomar como costo de la deuda la tasa de interés correspondiente.

Costo de acciones preferentes

Se llama costo de acciones preferentes a la tasa de rendimiento que los inversionistas requieren sobre las acciones preferentes de la empresa (Besley y Brigham, 2001).

El costo de las acciones preferentes está en función de su dividendo y del producto neto por acción. Tal como lo menciona Ketelhöhn et al (2004), cuando las acciones no tienen fecha de redención el costo está dado por la igualdad:

$$k_p = \frac{D_p}{P_n} \quad \text{(Ecuación 5.8)}$$

Donde:

k_p = costo de acción preferente

D_p = dividendo preferente por acción

P_n = precio neto de la emisión.

Costo del Capital Contable Común

El capital contable se define como la propiedad de los accionistas comunes y preferentes en una empresa. También, los activos totales menos los pasivos totales o el capital contable (Ross et al 2000).

Ahora bien, el costo del capital contable se puede definir como la tasa mínima de rendimiento que la empresa debe obtener sobre la proporción de cada proyecto de inversión financiada con recursos propios, a fin de conservar sin variación el precio de mercado de sus acciones (Ketelhöhn et al 2004) .

Weston y Copeland (1994), mencionan que existen 4 maneras de calcular este costo:

- Modelo de fijación de precio de los activos de capital (CAPM)
- Modelo de crecimiento de dividendos.
- Rendimiento de bonos más la prima de riesgo del capital contable.
- Rendimiento realizado por los inversionistas

En este caso nos centraremos en el modelo de crecimiento constante de dividendos o modelo de Gordon. Este modelo asume que el valor de una acción es igual al valor presente de todos los dividendos futuros (que se suponen crecerán a una tasa constante) durante un espacio de tiempo infinito (Gitman, 2007).

La tasa g puede obtenerse a partir de la siguiente relación:

$$P_0 = \frac{D_0(1+g)^1}{(1+k_s)^1} + \frac{D_0(1+g)^2}{(1+k_s)^2} + \dots + \frac{D_0(1+g)^\infty}{(1+k_s)^\infty} \quad (\text{Ecuación 5.9})$$

Donde:

P_0 = valor de la acción común

D_0 = dividendo más reciente

k_s = retorno requerido de acciones comunes

g = tasa de crecimiento constante de dividendos

Si simplificamos la ecuación anterior, se puede formular como:

$$P_0 = \frac{D_0}{k_s - g} \quad (\text{Ecuación 5.10})$$

Según Fabozzi et al (2004), este modelo asume básicamente 3 cosas:

- Una tasa constante de crecimiento.
- Un período infinito de tiempo.
- Requiere que la tasa de retorno sobre la inversión sea mayor que la tasa de crecimiento.

Ahora de la ecuación 5.8 podemos expresar a k_s como:

$$k_s = \frac{D_0}{P_0} + g \quad (\text{Ecuación 5.11})$$

La tasa de crecimiento (g) se refiere al crecimiento de los dividendos por acción, donde g es el producto de la tasa de retención y la tasa de rentabilidad interna o ROE (Weston y Copeland1994).

Sobre este mismo aspecto Pederson (1998) menciona que el cambio en el costo de recursos propios o capital contable es un indicador de que el costo de oportunidad de los recursos propios se ha cambiado.

Tal como lo menciona Weston y Copeland (1994) el costo del capital contable calculado por medio del CAPM puede ser visto como la tasa requerida de rendimiento sobre el capital contable por parte de inversionistas externos. Por otra parte el costo calculado por medio del modelo de crecimiento, puede ser visto como el costo de fondos internos.

Para asociaciones cooperativas Pederson (1998), propone una modificación de este modelo para ser aplicado a cooperativas con base en la siguiente relación:

$$k_s = \frac{(B+Dc)}{Cp} + \left[\left(1 - \frac{B}{Cp} \right) \times \frac{IN}{Cp} \right] \quad (\text{Ecuación 5.12})$$

Donde:

B: Bonificaciones pagadas en el período.

Dc: Devoluciones de Capital

Cp: Capital contable

IN: ingresos Netos del período

Debido a las diferencias legales y de funcionamiento entre las cooperativas Americanas y las nuestras, la expresión anterior se modificó para que pudiera ser aplicada a nuestro medio como se muestra a continuación:

$$k_s = \frac{(B+Dc+R)}{Ap} + \left[\left(1 - \frac{B}{Ap} \right) \times \frac{IN}{Ap} \right] \quad (\text{Ecuación 5.13})$$

Donde:

B: Bonificaciones pagadas en el período.

Dc: Devoluciones de Capital

R: Reservas⁸ de Ley que implican un egreso o desembolso por parte de la cooperativa

Ap: Aportes de Capital

IN: ingresos Netos del período

Costo ponderado del costo de capital (CPC)

Una vez determinado el costo de las fuentes de financiamiento de la empresa o inversión se debe combinar en un costo medio ponderado con el fin de determinar el costo de capital, el cual se puede expresar por medio de la siguiente relación:

$$k_{cpc} = \left(\frac{D}{D+E} \right) \times k_d + \left(\frac{E}{D+E} \right) \times k_s \quad (\text{Ecuación 5.14})$$

Donde:

k_{cpc} = Costo promedio ponderado

D = Deuda a valor de mercado

E = Capital contable

k_d = Costo de la deuda después de impuesto al nivel de endeudamiento dado

k_s = Costo del capital contable

⁸4,5% sobre excendetes. CONACOOOP 2%, CENECOOP 2,5%

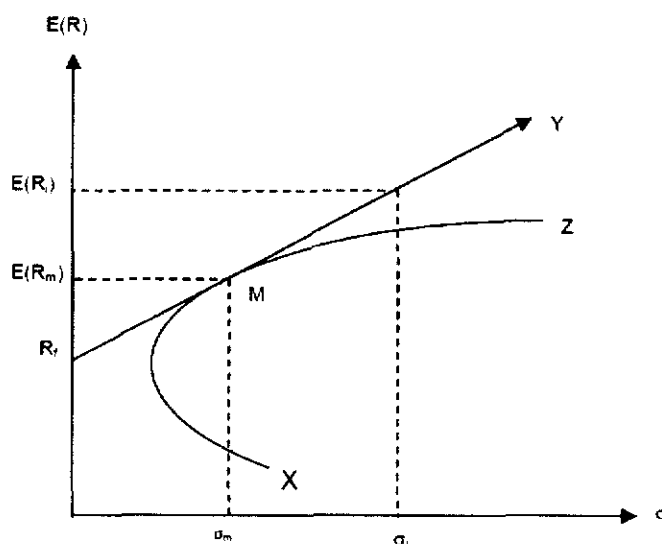
El modelo de activos de capital (CAPM)

El modelo de activos de capital es un modelo que relaciona el riesgo no diversificable y el rendimiento de todos los activos.

Tal como lo mencionan Weston y Copeland (1994), para quienes toman decisiones de inversión; el CAPM proporciona estimaciones útiles de las tasas requeridas de rendimiento sobre valores riesgosos y proyectos de presupuesto de capital.

Lo que el CAPM expresa es el rendimiento esperado de cualquier inversión, la cual debe ser igual a la tasa libre de riesgo más una prima por riesgo asumido. Si visualizamos un proyecto de inversión, la estimación del CAPM nos daría una tasa de descuento correspondiente al nivel de riesgo del proyecto (Ketelhöhn et al 2004).

Figura 0.1 Línea de mercado de Capitales (CML)



Fuente: Adaptado de Weston y Copeland, 1994

El CAPM fue desarrollado originalmente por Sharpe, Treynor, Mossin y Lintner a partir de la teoría de administración de portafolios de inversión de Markowitz; y proporciona una medida del riesgo de un valor individual, el cual tiene consistencia con la teoría de portafolios.

La línea de mercado de capitales (CML) y la línea de mercado de valores (SML) son diferentes panoramas del mismo equilibrio del mercado.

La SML permite determinar la tasa requerida de rendimiento sobre todos los valores, independientemente de que sean o no eficientes ya que la CML solo se puede usar para determinar el rendimiento de aquellas carteras eficientes y perfectamente correlacionadas con la cartera del mercado (Weston y Copeland 1994).

La relación entre el CML y el SML puede ser vista como:

$$CML: E(R_j) = R_F + \left[\frac{E(R_M) - R_F}{\sigma_M} \right] \sigma(R_P) \quad (\text{Ecuación 5.15})$$

$$SML: E(R_j) = R_F + [E(R_M)] \beta_j \quad (\text{Ecuación 5.16})$$

Volviendo a escribir el SML y usando la definición de β_j , tenemos:

$$SML: E(R_j) = R_F + [E(R_M) - R_F] \frac{COV(R_j, R_M)}{VAR(R_M)} \quad (\text{Ecuación 5.17})$$

y puesto que $VAR(R_M) = \sigma_M^2$

$$SML: E(R_j) = R_F + \left[\frac{E(R_M) - R_F}{\sigma_M} \right] \frac{COV(R_j, R_M)}{\sigma_M} \quad (\text{Ecuación 5.18})$$

El modelo del CAPM asume que existe una relación entre el riesgo y el retorno, donde el riesgo es medido por el coeficiente beta. Tal como lo menciona Weston y Copeland (1994), esto nos permite estimar una tasa de rendimiento en equilibrio ajustada por el riesgo.

Reescribiendo la ecuación 5.16 podemos expresar la ecuación del CAPM como:

$$E(R_j) = R_F + [E(R_M) - R_F]\beta_j \quad (\text{Ecuación 5.19})$$

Donde:

$E(R_j)$ = el rendimiento esperado o ex ante sobre el j -enésimo activo riesgoso

R_F = tasa de rendimiento sobre un activo libre de riesgo

$E(R_M)$ rendimiento esperado ex ante sobre la cartera de mercado

$\beta_j = \text{COV}(R_j, R_M) / \text{VAR}^9(R_M)$ = una medida del riesgo no diversificable del j -ésimo valor.

El beta de la expresión anterior es una medida del riesgo no diversificable o sistemático de cualquier activo, y es medido por la covarianza de su rendimiento con el rendimiento del índice accionario, el cual es definido por la beta de los activos (β_a); la cual está apalancada debido a que está basada en precios de acciones las cuales reflejan apalancamiento; y donde la beta desapalancada se denota por β_e (Damodaran 2011).

Ahora bien, la formulación de la SML del costo de capital ha sido demostrada por Hamada (1969), citado por Weston y Copeland (1994), la cual se puede expresar como:

⁹ VAR: Varianza

$$k_s = R_F + [E(R_M) - R_F]\beta_e \left[1 + \left(\frac{D}{E}\right)(1 - T)\right] \quad (\text{Ecuación 5.20})$$

Hamada también demuestra que $\beta_e [1 + (D/E)(1-T)] = \beta_a$; donde β_e es el grado de riesgo de los flujos de efectivo no apalancados de la empresa, y β_a es el grado de riesgo de la corriente del ingreso neto o capital contable apalancado (Weston y Copeland 1994).

La utilidad de los cálculos del beta es resumida por Ketelhöhn et al (2004), y radica en que nos permite estimar una beta futura de la inversión. La beta calculada puede ser apalancada según el nivel de endeudamiento de la inversión y así usar la tasa en el cálculo del costo promedio ponderado de capital.

Cabe señalar que el CAPM permite incorporar el riesgo en el costo ponderado de capital (CPC) o *WACC* por sus siglas en inglés. Nótese además, que el *WACC* es el costo de oportunidad de una empresa; es la tasa usada para descontar los flujos de efectivo con el propósito de presupuestar capital, al fin de determinar el valor presente de los proyectos (Weston y Copeland 1994).

Si usáramos la tasa calculada por medio del modelo CAPM para descontar los flujos, estaríamos descontando dichos flujos a la *tasa ajustada por riesgo*, tal como lo menciona Weston y Copeland (1994). Sobre este mismo punto los autores mencionan que esta práctica solo es válida, sólo si se sabe que el riesgo del proyecto o inversión va a ser el mismo para cada año; es decir el riesgo sistemático es constante; de no ser así, el flujo de caja de un proyecto debería ser descontado a diferentes tasas según se crea que cambia el riesgo del proyecto.

Una de las deficiencias del CAPM, es que se basa en un supuesto mercado eficiente, que no existe para los activos corporativos (no financieros reales), como lo son planta y equipo; el

CAPM no se aplica de manera directa en la toma de decisiones del presupuesto de capital. Al no utilizar como tasa de descuento ajustada por riesgo la determinada por el CAPM, esta se suele hacer de manera subjetiva en la práctica, tal como lo menciona Gitman (2007).

Ahora bien, el modelo antes descrito tiene sus inconvenientes para aplicarlo en países con un mercado accionario poco desarrollado por lo cual se debe hacer algún tipo de ajuste, sobre este aspecto Damodaran (2012) menciona 3 enfoques:

- Asumir que todas las empresas (proyectos) están expuestas igualmente al riesgo país. Esto implica adicionar el riesgo país después del premio por riesgo una vez multiplicado por el beta correspondiente.
- Asumir que la exposición del riesgo país de la compañía es proporcional a la exposición a los demás riesgos de mercado medido por el beta. Bajo este enfoque la expresión 5.20 se modifica de la siguiente manera:

$$k_s = R_F + [\{E(R_M) - R_F\}\beta_e \left[1 + \left(\frac{D}{E}\right)(1 - T)\right] + R_P \quad (\text{Ecuación 5.21})$$

Donde:

R_P : Riesgo País

- Permitir que cada compañía tenga una exposición al riesgo país, que es diferente de la exposición a todos los demás riesgos del mercado. Este enfoque modifica la 5.20 de la siguiente manera:

$$k_s = R_F + [E(R_M) - R_F]\beta_e \left[1 + \left(\frac{D}{E}\right)(1 - T)\right] + \lambda(R_P) \quad (\text{Ecuación 5.22})$$

Donde:

λ : Exposición al riesgo

Bajo este enfoque λ (lamda) se ve afectada por aspectos como porcentaje de ventas locales y al exterior, ingresos a la economía en moneda local y en dólares, etc. (Sánchez 2010).

Dentro de los enfoque que ajustan el CAPM por el riesgo país, Ketelhöhn et al (2004) mencionan que el primer enfoque es el más utilizado y tiene el atractivo de su simplicidad y la posibilidad de usar distintos índices disponibles que intentan medir el riesgo país.

Equivalencia de certeza

A diferencia de la tasa ajustada por riesgo, el contempla el mismo en el denominador, este método se basa en la separación del riesgo y el tiempo; incorporándolo en el numerador y ajustando los flujos en lugar de la tasa.

$$VAV_{CE} = \sum_{t=1}^n \frac{b_t F_t}{(1+r)^t} - I_0 \quad (\text{Ecuación 5.23})$$

Donde:

VAN_{CE} = Valor actual neto usando la equivalencia de certeza.

F_t = Flujo de caja esperado en el año t .

b_t = Coeficiente de certeza

r = tasa libre de riesgo

I_0 = Inversión Inicial

El coeficiente de certeza tiene valores que rondan entre 0 y 1, el cual refleja subjetivamente la percepción del riesgo de los flujos de caja. El producto del flujo de caja en cada año por el coeficiente de certeza representa la cantidad de dinero que se estaría dispuesto a aceptar con certeza en cada año de la vida del proyecto en contraposición de aceptar la distribución del flujo de caja y su riesgo asociado (Dayanda et al 2002).

Según lo menciona Dayanda (et al 2002), si todas las variables están correctamente especificadas tanto el enfoque de tasa ajusta por riesgo y equivalencia de certeza deberían proporcionar el mismo resultado. Por lo tanto la siguiente condición se debe mantener:

$$\frac{F_t}{(1+k)^t} = \frac{b_t F_t}{(1+r)^t} \quad (\text{Ecuación 5.24})$$

Donde:

k = tasa ajustada por riesgo

De la expresión anterior se puede obtener el coeficiente de certeza

$$b_t = \frac{(1+r)^t}{(1+k)^t} \quad (\text{Ecuación 5.25})$$

Tasa Ajustada por riesgo y el método equivalente de certeza

El debate alrededor de que tasa de descuento ajustada por el riesgo no es nueva, Robichek y Myers (1966) usaron el concepto de certeza equivalente para demostrar que el uso de una tasa ajusta por el riesgo constante presume que el riesgo de los flujos aumenta con el tiempo, sin embargo Bar-yosef y Mesnick (1977) y Beedles (1978 b) citados por Beedles y Joy (1978) argumentan que los factores de equivalencia y el riesgo no están relacionados.

Una de las principales críticas que la tasa ajustada por el riesgo o RADR (por sus siglas en inglés) es que no hace una separación entre el riesgo y el tiempo como si lo hace el método de equivalente de certeza; además el supuesto de descontar por un factor p (prima por riesgo) constante en el tiempo es incorrecto según Beedles y Joy (1978).

La discusión de cual técnica es superior ha sido ardua, Beedles (1978 a, b) sugiere que el enfoque de certeza equivalente es superior al RADR, sin embargo Miles y Choi (1979), debaten esta conclusión; ambos citados por Ryan y Gallagher (2006).

Ahora bien, en general se habla de la superioridad del método de equivalencia de certeza, sin embargo Daves (1999) citado por Ryan y Gallagher (2006), argumenta que no hay una manera práctica de determinar la certeza equivalente, lo cual hace que la tasa ajustada por riesgo sea más popular entre los administradores y financistas tal como lo menciona Gitman (2007).

5.1.4 Análisis de Riesgo mediante simulación Monte Carlo

5.1.4.1 Medidas de Riesgo de un proyecto

El riesgo de un proyecto se suele definir como la variabilidad de los flujos de caja reales con respecto a los estimados; para cuantificar el riesgo de un proyecto se suele utilizar la desviación estándar y el coeficiente de variación (Sapag y Sapag 2008).

Desviación estándar

La desviación estándar de una muestra, corresponde a la raíz cuadrada de la varianza de la muestra, tal como lo menciona Walpole et al(2007), la cual se denota con el símbolo σ^2 .

La varianza de una muestra se puede calcular como:

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n-1} \quad (\text{Ecuación 5.26})$$

Donde :

x_i : n valor que las observaciones $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ que una variable x puede tomar.

\bar{x} : media de las n observaciones.

n : numero de observaciones.

Según Sapag y Sapag(2008), para un proyecto de inversión, la desviación estándar se puede calcular como:

$$\sigma = \sum_{xA_1}^n (A_x - \bar{A})^2 P_x \quad (\text{Ecuación 5.27})$$

Donde:

A_x : flujo de caja de la posibilidad x

P_x : Probabilidad de ocurrencia

\bar{A} : Valor esperado de la distribución de probabilidades de los flujos de caja.

Coefficiente de variación

El coeficiente de variación expresa la desviación estándar (σ) como un porcentaje de la respuesta promedio, la cual no posee escalas o unidades(Walpole et al 2007).

El coeficiente de variación se puede escribir como:

$$C.V = \frac{\sigma}{\mu} \quad (\text{Ecuación 5.28})$$

Cuando la desviación estándar de dos proyectos es igual, pero si los valores esperados de sus flujos son diferentes, el coeficiente de variación más alto indicara un riesgo relativo mayor (Sapag y Sapag, 2008).

5.1.4.2 Simulación Monte Carlo

La simulación Monte Carlo es un método de simulación que nos permite determinar la distribución de probabilidad de los resultados de un proyecto tal como lo menciona Balcombe y Smith (1999), citado por Yisa y Ingall (2007).

La Simulación Monte Carlo es un método de ensayos estadísticos, en donde se busca definir valores esperados para variables no controlables, mediante la selección aleatoria de valores, donde la probabilidad de elegir entre todos los resultados posibles está en estricta relación con sus respectivas distribuciones de probabilidades (Sapag y Sapag, 2008).

La simulación Monte Carlo, por medio de miles de iteraciones, nos permite simular un modelo el cual cada vez se escoge un valor de manera aleatoria de la distribución de probabilidades de cada variable. El resultado es una distribución de probabilidades del modelo calculado por medio de las iteraciones del mismo (Yisa y Ingall, 2007).

Dentro del contexto de análisis de riesgo, la Simulación Monte Carlo permite simular las variables claves de riesgo para la construcción de escenarios; dichas variables son seleccionadas aleatoriamente dentro de la distribución de probabilidad que se determinó para cada variable (Savvkis, 1994).

El resultado en este contexto es la distribución de probabilidad del Valor Presente Neto del proyecto, que nos permite cuantificar la probabilidad de retorno negativo del VAN. La selección de una distribución de probabilidades para cada variable es necesaria ya que se está tratando de predecir el futuro por medio de la simulación (Savvkis,1994).

5.1.4.3 Distribución de Probabilidad

La especificación de las distribuciones de probabilidad de los parámetros usualmente recae en la opinión de un experto o la disponibilidad de una serie de tiempo confiable (Savvides, 1994).

Según lo menciona Cabeza y Torras (2007), las distribuciones continuas más usadas son: Normal, Triangular, Uniforme, Exponencial y LogNormal.

Distribución Normal

Se conoce como distribución de probabilidad normal, a la distribución de probabilidad de una variable aleatoria continua con forma de Campana; la cual depende de dos parámetros μ (media) y σ (desviación estándar). (Walpole et al 2007).

Se puede denotar los valores de la densidad de X con $n(x; \mu, \sigma)$, la cual posee una función de densidad con media μ y varianza σ^2 y se puede escribir como:

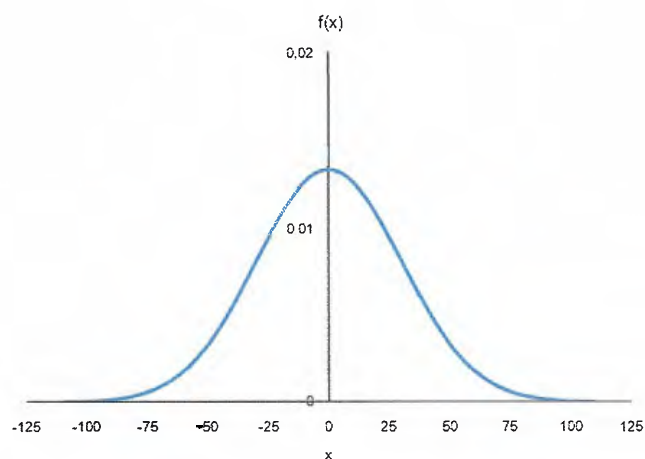
$$n(x; \mu, \sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{1}{2\sigma^2}(x-\mu)^2}, -\infty < x < \infty, \quad (\text{Ecuación 5.29})$$

donde $\pi = 3.14159\dots$, y $e = 2.71828\dots$

Dentro de las propiedades de la distribución normal encontramos las siguientes tal como lo menciona Walpole (et al 2007):

- La moda, que es el punto sobre el eje horizontal donde la curva es un máximo, ocurre en $x = \mu$.
- La curva es simétrica alrededor de un eje vertical a través de la media μ .
- La curva tiene sus puntos de inflexión en $x = \mu \pm \sigma$, es cóncava hacia abajo si $\mu - \sigma < X < \mu + \sigma$, y es cóncava hacia arriba en cualquier otro caso.
- La curva normal se aproxima al eje horizontal de manera asintótica. conforme nos alejamos a la media en cualquier dirección.
- El área total bajo la curva y sobre el eje horizontal es igual a 1.

Figura 1.2 Distribución Normal



Fuente: Elaboración Propia

Distribución Uniforme

Se conoce como distribución uniforme aquella en que la variable x , tiene igual probabilidad entre todos los sucesos elementales posibles (Garro y Hernández, 2009).

La función de densidad está dada por:

$$f_x(x) \begin{cases} \frac{1}{b-a} & \text{para } a \leq x \leq b \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases} \quad (\text{Ecuación 5.30})$$

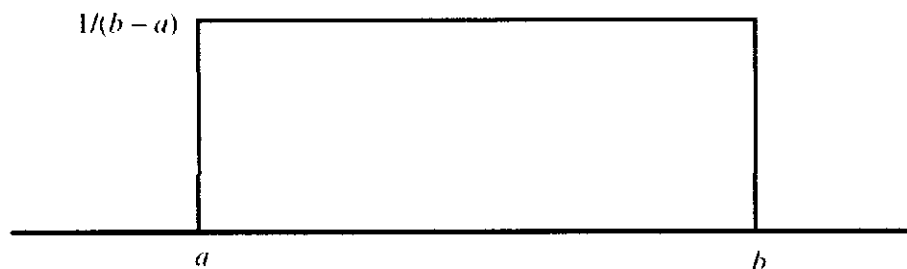
Donde a se conoce como el parámetro de locación y b el parámetro de escala. La función de densidad para la distribución uniforme toma un valor constante de $1/(b-a)$, con $a < b$.

La media y la varianza de la distribución uniforme esta dado respectivamente por:

$$\mu = \frac{a+b}{2} \quad (\text{Ecuación 5.31})$$

$$\sigma^2 = \frac{(b-a)^2}{12} \quad (\text{Ecuación 5.32})$$

Figura 1.3 Distribución Uniforme



Fuente: Dayanta, et al 2002

Distribución Triangular

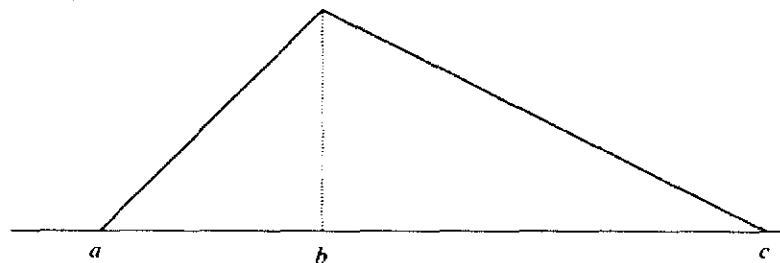
La distribución triangular se caracteriza por estar definida por tres parámetros, el mínimo (a), el más probable (c), y el máximo (b) (Cabeza y Torras 2007).

La media y la varianza de la distribución uniforme esta dado respectivamente por:

$$\mu = \frac{a+b+c}{3} \quad (\text{Ecuación 5.33})$$

$$\sigma^2 = \frac{(a-b)^2 (c-a)(b-c)}{18} \quad (\text{Ecuación 5.34})$$

Figura 1.4 Distribución Triangular



Fuente: Dayanta, et al 2002

5.1.4.4 Ajuste de una distribución de probabilidad

Una vez seleccionada las variables críticas es necesario ajustar una distribución de probabilidades a cada una de las variables. Este contraste se realiza mediante pruebas estadísticas no paramétricas para determinar el mejor ajuste.

Tal como lo menciona Cabeza y Torras (2007), el procedimiento consiste en analizar a partir de la muestra, la posibilidad de que los datos observados procedan de una población determinada asociada a un modelo teórico de probabilidad; esa sería la hipótesis nula de la prueba.

Dentro de las pruebas más usadas tenemos: Test χ^2 , Kolmogorov-Smirnov y Anderson-Darling.

Test χ^2

Posee la limitación de que requiere un mínimo de 25 observaciones. Al comparar el estadístico y el valor tabulado, nos permite averiguar si hay diferencias entre las frecuencias observadas y las frecuencias teóricas (Cabeza y Torras 2007).

El estadístico de prueba está definido por:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^m \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (\text{Ecuación 5.35})$$

Donde χ^2 es la medida de discrepancia entre las frecuencias observadas (O_i) y las esperadas (E_i); m es el número de intervalos.

Si la hipótesis nula es verdadera, significa que las diferencias entre lo observado y lo esperado serán mínimas y por lo que se deduce que el modelo propuesto es correcto (Cabeza y Torras 2007).

Kolmogorov-Smirnov

Permite determinar el grado de "acuerdo" o "desacuerdo" entre una distribución empírica de una muestra y una teórica específica de una población. Si existe diferencia significativa entre ambas se concluye que la muestra no procede de la población (Cabeza y Torras 2007).

Para contrastar la hipótesis nula, se define el estadístico con mayor distancia vertical entre ambas distribuciones, según lo plantea Cabeza y Torras (2007)

$$D_n = \text{Max}|F_n(x) - F_0(x)| \quad (\text{Ecuación 5.36})$$

Donde:

F_n : función de distribución empírica de frecuencias acumulativas observadas.

F_0 : función teórica de frecuencias acumulativas observadas.

Anderson Darling

Esta prueba es una variante del contraste de K-S, en que se asignan a las discrepancias (entre la distribución empírica y la teórica) un peso o ponderación diferente. En este caso rechazamos la hipótesis nula, cuando el estadístico sea mayor que el valor tabulado (Cabeza y Torras 2007).

El estadístico (AD) se define como:

$$AD_N^2 = \int_{-\infty}^{\infty} [F_n(x) - F_0(x)]^2 \Psi(x) f(x) dx \quad (\text{Ecuación 5.37})$$

Siendo la función de pesos la siguiente:

$$\Psi(x) = \frac{1}{\{F_0(x)[1-F_0(x)]\}} \quad (\text{Ecuación 5.38})$$

5.1.4.5 Modelo de predicción

Para realizar un análisis de riesgo, el primer paso debe ser la creación de un modelo que sea capaz de predecir correctamente escenario propuesto. Este consiste en definir relaciones matemáticas dentro de las variables numéricas relacionadas con la predicción.

Figura 1.5 Proceso de análisis de Riesgo



Fuente: Adaptado de Savvkis, 1994

Tal como lo menciona Savvkis (1994), un bueno modelo incluye todas las variables relevantes e indica las relaciones entre las mismas; el autor propone un modelo básico de flujo de caja para realizar proyecciones.

Como se puede observar en la figura 1.6, las variables han sido parametrizadas y las relaciones entre las mismas expresadas como relaciones matemáticas entre ellas. Dichas variables deben ser analizadas para determinar cuáles son las variables de riesgo.

Figura 1.6 Modelo de Simulación

<i>Modelo de Proyección</i>		
	Variables	Fórmulas
Precio de Venta	<input type="text"/>	V1
Volumen de Venta	<input type="text"/>	V2
Costo Unitario Materiales	<input type="text"/>	V3
Costo Unitario Mano de Obra	<input type="text"/>	V4
Gastos	<input type="text"/>	V5
<hr/>		
Ventas		$F1 = V1 \times V2$
Costo de Materiales		$F2 = V2 \times V3$
Costo Mano de Obra		$F3 = V2 \times V4$
Gastos		$F4 = V5$
<hr/>		
Total Egresos		$F5 = F2 + F3 + F4$
Flujo Neto de Efectivo		$F6 = F1 - F5$

Adaptado de Savvkis, 1994

5.1.4.6 Variables de riesgo

Se define como variables de riesgo aquella que con un pequeño cambio afecta la viabilidad del proyecto. En este sentido Ketelhöhn et al (2004) mencionan que el riesgo intrínseco a un proyecto está determinado por los riesgos implícitos en cada una de las variables usadas para construir el modelo propuesto.

Para la determinación de las variables de riesgo, el análisis de sensibilidad del VAN permite encontrar éstos valores; Ketelhöhn et al (2004) señalan los siguientes pasos a seguir:

- Construcción de un modelo determinístico.
- Estimación del VAN del proyecto con la tasa de descuento seleccionada.
- Calcular la sensibilidad del VAN a cada variable financiera usada en el modelo.
- Identificar las dos o tres variables financieras a las que los diferentes resultados son más sensibles.

Ahora bien, respecto al análisis de sensibilidad Savvkis (1994) menciona que después de realizar dicho análisis, solo se incluye las variables de riesgo seleccionadas por dos razones fundamentales; la primera recae que al aumentar el número de distribuciones de probabilidades en un modelo de simulación, existe una mayor posibilidad de generación de inconsistencias en los escenarios debido a la dificultad de establecer y monitorear las relaciones para variables correlacionadas.

La segunda razón por la cual solo se incluyen las variables de riesgo según lo señala el autor, es el costo necesario para definir con exactitud una distribución de probabilidad adecuada; y condiciones de correlación para muchas variables con una baja posibilidad de impacto en el resultado, el cual puede ser mayor que el beneficio derivado del análisis.

5.1.4.7 Correlación de la Variables

La correlación es una medida estadística de relación entre dos variables o serie de datos; se dice que estas están correlacionadas si ellas tienden a variar de manera sistemática (Savvkis 1994), esta relación se puede expresar como:

$$\rho_{xy} = \frac{Cov(x,y)}{\sigma_x \sigma_y} = \frac{\sum_{i=1}^n (x - \mu_x)(y - \mu_y)}{\sigma_x \sigma_y} \quad (\text{Ecuación 5.39})$$

Donde:

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

σ_x = Desviación estándar de la variable x

σ_y = Desviación estándar de la variable y

μ_x = Promedio de la variable x

μ_y = Promedio de la variable y

Tal como Jorion (2001), muchas veces es de gran utilidad transformar la covarianza a una medida sin unidad, como lo es el coeficiente de correlación, el cual siempre se encontrara en un intervalo de $[-1, +1]$.

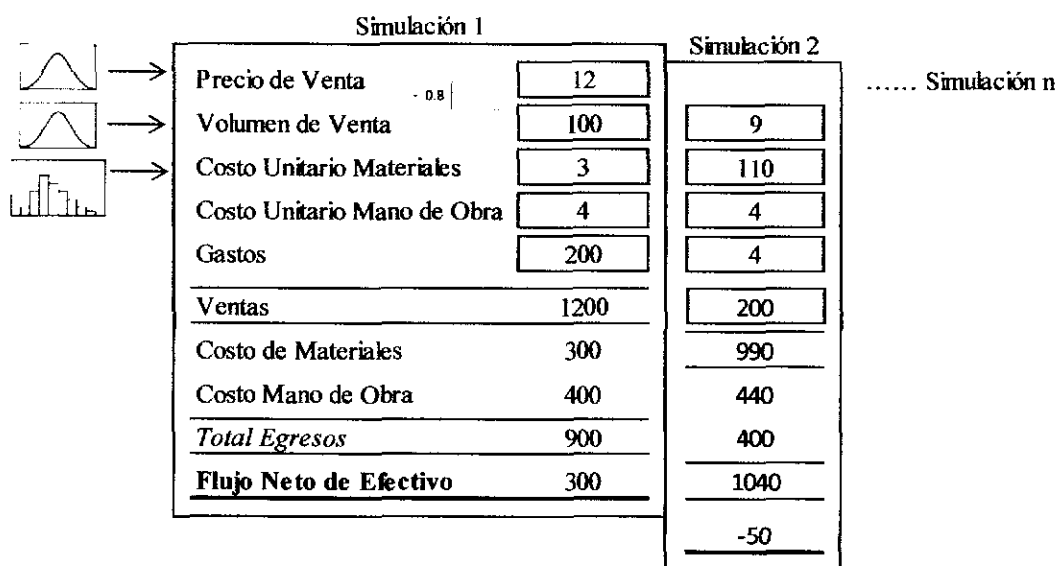
El coeficiente de correlación se utiliza como una aproximación o proxy de la relación entre dos variables de riesgo. En el análisis de riesgo de proyectos, es necesario tomar en cuenta la correlación de las variables de riesgo; el no hacerlo puede producir la simulación de escenarios que carezcan de realidad (Savvkis 1994).

Ignorar esta relación solo se puede hacer cuando las variables son independientes entre sí, es decir una de ellas aumenta y todas las demás pueden aumentar o disminuir independientemente; porque no existe una relación de ningún variable con otra (Ketelhöhn et al 2004).

5.1.4.8 Simulación

Una vez que el modelo ha sido parametrizado, y las variables de riesgo han sido definidas como sus respectivas distribuciones de probabilidades e incluidas sus respectivas correlaciones; se prosigue a generar suficientes corridas del modelo para generar una distribución de probabilidad del VAN.

Figura 1.7 Corridas de la Simulación



	Simulación 1	Simulación 2 Simulación n
Precio de Venta	12		
Volumen de Venta	100	9	
Costo Unitario Materiales	3	110	
Costo Unitario Mano de Obra	4	4	
Gastos	200	4	
Ventas	1200	200	
Costo de Materiales	300	990	
Costo Mano de Obra	400	440	
<i>Total Egresos</i>	900	400	
Flujo Neto de Efectivo	300	1040	
		-50	

Adaptado de Savvkis, 1994

5.1.5 Estimación de una función de producción

Con el fin de estimar los rendimientos del cultivo según la edad de corta es necesaria plantear un modelo de regresión simple tomando como variable explicativa la edad del cultivo. Otros investigadores como Hoekstra (1976) y Munita (1970) realizaron estimaciones de las funciones de producción, el primero adaptó una función lineal a datos que se explicaban con una función logarítmica; el segundo adaptó un polinomio de grado dos, obteniendo mejores resultados a nivel estadístico.

Para la selección de un modelo, Hendry y Richard (1983) citado por Gujarati (2010) menciona 6 criterios para dicha selección:

1. Ser adecuado para los datos; es decir, las predicciones basadas en el modelo deben ser lógicamente posibles.
2. Ser consistente con la teoría.
3. Tener regresoras exógenas débiles; es decir, las variables explicativas, o regresoras, no deben estar correlacionadas con el término del error.
4. Mostrar constancia en los parámetros; es decir, los valores de los parámetros deben ser estables.
5. Exhibir coherencia en los datos; es decir, los residuos estimados a partir del modelo deben ser puramente aleatorios.
6. Ser inclusivo; es decir, el modelo debe abarcar o incluir todos los modelos contendientes, en el sentido de que debe poder explicar sus resultados. En resumen, otros modelos no pueden ser mejores que el elegido.

Siendo consistentes con estos puntos, se debe estudiar la forma funcional del modelo para evitar errores de especificación del mismo y no ajustar funciones lineales a datos que no los son. Se ha observado que la curva de producción de la caña obedece más a un modelo polinomial¹⁰ de grado n ; lo anterior se puede expresar con la siguiente relación:

$$R.T.M_i = \beta_0 + \beta_1 E + \beta_2 E^2 \dots + \beta_n E^n + \varepsilon_i \quad (\text{Ecuación 5.40})$$

Donde:

R.T.M_i = Rendimiento en toneladas métricas para una edad i

Eⁿ = Edad del cultivo elevado a la potencia n

¹⁰ La definición del modelo se hizo con base en el criterio de el Ing. Oldemar Navarro Acuña (CoopeAgri) y el Ing. Julio Barrantes Mora (LAICA).

El grado del polinomio va estar en función de los datos, ya que la forma funcional se va a ver influenciada por la variedad y la zona de cultivo.

6.1 DISEÑO METODOLOGICO

6.1.1 Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo cuantitativa debido a que para desarrollar el objetivo propuesto, es fue necesario utilizar técnicas e instrumentos estadísticos y financieros para el análisis de los datos. Este estudio se basó principalmente a partir de información primaria, que se ha ido generando a través de los años en la Cooperativa y LAICA.

6.1.2 Recolección de datos

Con el fin de realizar el análisis de riesgo descrito en el capítulo anterior, se recolectaron los siguientes datos tanto de fuentes primarias como secundarias:

- Estructura de costos (actual e históricos)
- Variedad utilizada por finca.
- Rendimientos de azúcar y miel por finca y por zafra.
- Costos de mantenimiento (actuales e históricos).
- Costos de transporte (actuales e históricos).
- Información contable tanto de la cooperativa como de la división agrícola.
- Información de mercado de valores desarrollados de industrias similares.
- Historial de dividendos repartidos o ROE por la cooperativa.
- Historial de precios tanto de azúcar como de miel.
- Historial mensual de la Tasa Básica Pasiva de al menos 10 años.
- Historial del IPC de al menos 10 años.

Los datos de los rendimientos por año fueron tomados de la validación de variedades realizadas por LAICA en la zona.

Los datos de mercados de valores desarrollados se obtuvieron por medio de páginas oficiales de países como Colombia y Estados Unidos; los cuales fueron seleccionados por el nivel de acceso y volumen de información.

6.1.3 Elaboración del Modelo

Con base a los datos de los diseños experimentales por variedad, se estimó por medio de una regresión múltiple la curva de mejor ajuste a los datos según su forma funcional. La curva de rendimiento no fue ajustada por efectos climáticos ya que no se disponía de suficientes datos en la zona de estudio.

En modelo fue ajustado y validado por los expertos de LAICA el Ing. Julio Barrantes Mora y la Cooperativa el Ing. Oldemar Navarro Acuña.

Una vez calculados los rendimientos por año, se estimaron los ingresos para el flujo de caja. Se elaboraron dos modelos, uno apalancado y otro desapalancado para cada variedad analizada.

6.1.4 Selección de una tasa de descuento

Con base a la revisión de literatura y los datos de recolectados tanto de la cooperativa como del mercado de valores seleccionado, se determinó una tasa de descuento según lo plantea la teoría financiera por medio de dos enfoques:

- Modelo de activos de capitales (CAPM)
- Modelo de Gordon o crecimiento de dividendos

Como bien es sabido, nuestro país no tiene un mercado de valores bien desarrollado por lo cual la aplicación directa del CAPM no fue posible. Sin embargo Ketelhöhn et al (2004) plantean que se puede realizar un ajuste del CAPM en países que no tienen mercados de valores desarrollados por medio del ajuste con el riesgo país; tal como se planteó en el apartado 5.2.2.4, en el modelo de activos de capitales.

6.1.5 Análisis de Riesgo

Una vez seleccionadas las variables de riesgo y asignadas sus correspondientes distribuciones de probabilidad, se procedió a la construcción de un modelo parametrizado.

Por medio de la hoja de cálculo de Excel se realizaron simulaciones Monte Carlo del modelo, con la ayuda del complemento de @Risk y CrystalBall. A partir de simulaciones piloto se determinó el tamaño de muestra para las simulaciones.

Este procedimiento se realizó para diferentes edades de renovación que produjeron un VAN más alto en modelo determinístico, es decir $n=4$ y hasta $n=5$.

6.1.6 Operativización de las Variables

Con la intención de poder determinar los instrumentos que permitan obtener la información necesaria para el cumplimiento de cada uno de los objetivos y por ende del objetivo general, se estableció el siguiente cuadro de operacionalización para las variables identificadas.

Tabla 1.3 Definición de las Variables de Investigación

Objetivos	Nombre de la variables	Medición	Fuente
Realizar una estimación de la curva de producción para las variedades Q 96, LAICA 03-825, LAICA 04-825 y SP 71-5574	Rendimientos por hectárea	Tonelada por hectárea	Coopeagri
	Rendimientos por edad	Tonelada por hectárea	Coopeagri
	Distribución de probabilidad de los rendimientos	Tonelada por hectárea	Coopeagri
Determinar una tasa de descuento óptima para realizar el análisis de riesgo en el cultivo de caña de azúcar	Estructura de capital de la Cooperativa	Ponderación de fuentes de financiamiento	Coopeagri
	Política de dividendos de la Cooperativa	Rendimiento sobre capital social	Coopeagri
	Betas de empresas similares en mercados de valores desarrollados		Bolsa de valores de CO, Merval AR, Bolsa Mexica de valores, NASDAQ, NYSE
Determinar el valor actual neto cíclico determinístico de los distintos momentos de renovación en el tiempo.	Tasa de descuento	Porcentaje anual	Producto de CAMP y CCP
	VAN cíclico	Valor Monetario	Producto modelo parametrizado
Determinar bajo el método de Simulación Monte Carlo el valor actual neto cíclico promedio de los distintos momentos de renovación en el tiempo.	Tasa de descuento	Porcentaje anual	Producto de CAMP y CCP
	VAN Cíclico	Valor Monetario	Producto modelo parametrizado
	P(u) de retorno negativo	Porcentaje	Análisis de Riesgo

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO II. ESTIMACION DE UNA CURVA DE PRODUCCIÓN EN EL TIEMPO PARA LAS VARIETADES Q 96, LAICA 03-825, LAICA 04-825

Con el fin de estimar una curva de producción para las variedades LAICA 03-825, LAICA 04-825 y Q-96 se tomó como base los diseños experimentales para la validación de variedades realizados por LAICA; para cada variedad se contó con cuatro datos por año para un total de 16 observaciones. Los resultados de la validación fueron proporcionados por el Ing. Julio César Barrantes Mora, coordinador Regional de LAICA en Pérez Zeledón.

Para realizar el análisis de renovación y probar la hipótesis planteada en la investigación, fue necesario realizar ajustes a la curva de cada variedad para los años cinco y seis; período que se estableció como horizonte máximo de evaluación.

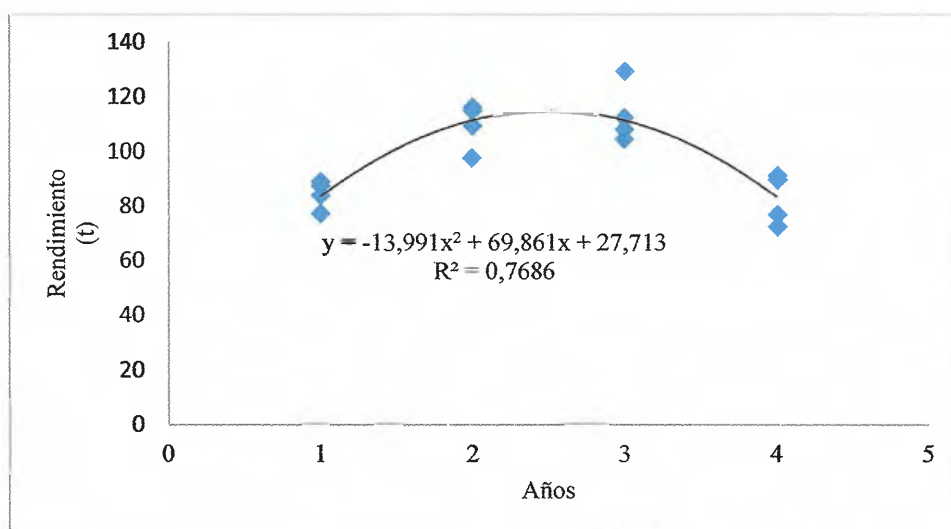
La metodología empleada y los principales resultados se presentan a continuación para cada una de las variedades bajo estudio. Los resultados de las variedades LAICA 04-825 y Q-96 se muestra en el apéndice 5-12 y 13-21.

2.1 Curva de producción para la variedad LAICA 03-825

A partir de los resultados obtenidos en el diseño experimental, se prosiguió a analizar la forma funcional de los rendimientos por año de la variedad LAICA 03-825; esto por medio de la curva de mejor ajuste que proporciona la hoja de cálculo de *Microsoft Excel* así como su respectiva ecuación.

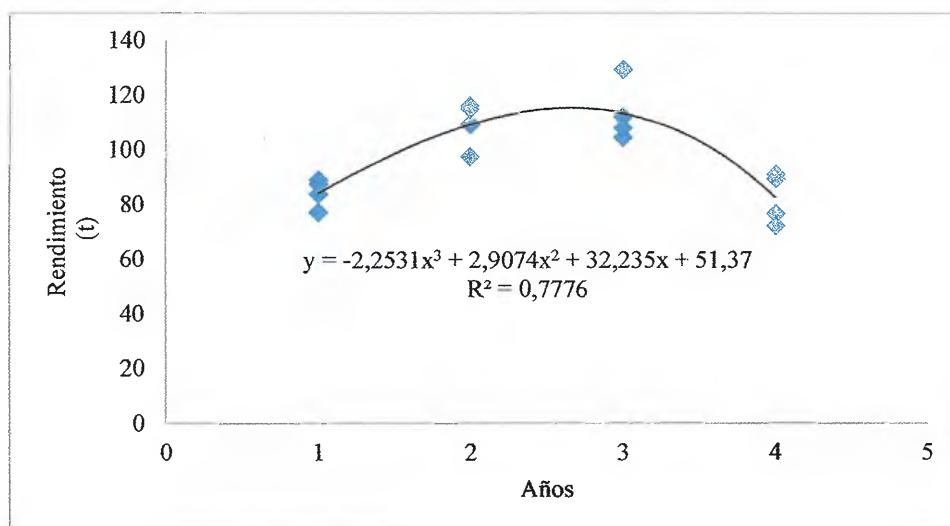
La forma funcional de los rendimientos obedece a una forma polinomial tanto de grado 2 como de grado 3, tal como se observa en los gráficos 2.1 y 2.2 respectivamente; con un coeficiente de determinación (R^2) de 0,768 para el polinomio de grado 2 y 0,777 para el polinomio de grado 3.

Gráfico 2.1 Curva polinomial de grado 2 para la Variedad LAICA 03



Fuente: Elaboración propia con base en Barrantes (2012)

Como se observa en el gráfico 2.1, el rendimiento máximo se obtuvo en el año tres, el cual corresponde a 129 toneladas por hectárea; a partir de este momento los rendimientos empiezan a disminuir hasta llegar hasta 72,6 toneladas.

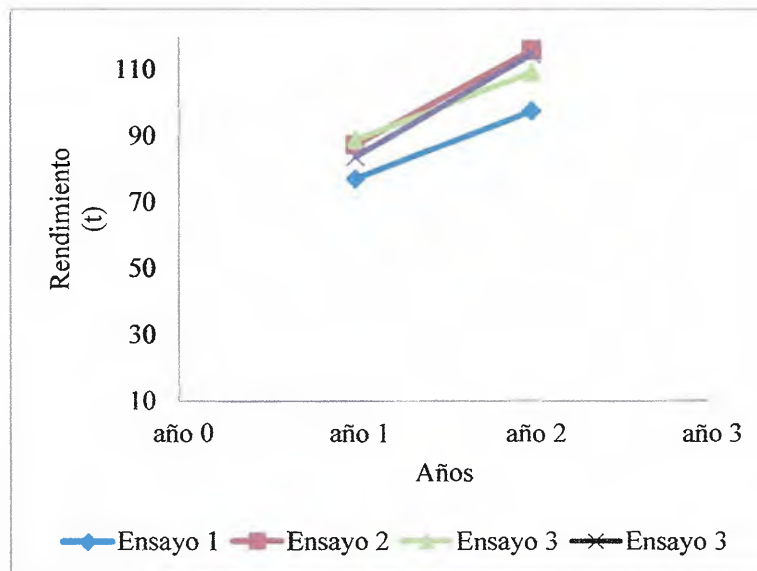
Gráfico 2.2 Curva polinomial de grado 3 para la Variedad LAICA 03

Fuente: Elaboración propia con base en Barrantes (2012)

Como se mencionó anteriormente, para el año cinco y seis fue necesario realizar ajustes a los rendimientos, debido a que las evaluaciones de las variedades sólo se realizan por un periodo de cuatro años.

Para realizar dicho ajuste, se prosiguió a analizar la pendiente de la línea que se forma al graficar los puntos de aumento y disminución del rendimiento de cada uno de los ensayos. Dichos puntos corresponden a los años uno y dos; tres y cuatro.

Gráfico 2.3 Ajuste lineal para los años 1 y 2 de la variedad LAICA 03



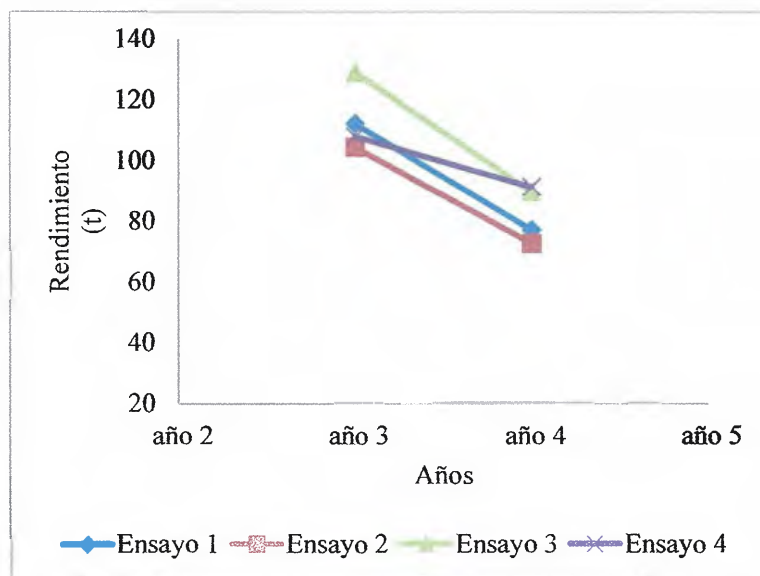
Fuente: Elaboración propia

A partir del ajuste lineal que se forma entre los puntos de los años uno y dos de producción y tres y cuatro, es posible determinar una ecuación de recta para cada par de puntos. Una vez obtenida la ecuación de la recta es posible calcular la primera derivada, que se denotará como $f'(x)$; y a su vez la razón de cambio porcentual que indica en este caso cuanto cambia el rendimiento de un año a otro.

La razón de cambio porcentual se define como:

$$\Delta\% = \frac{f'(x)}{f(x)} \times 100 \quad (\text{Ecuación 2.1})$$

Gráfico 2.4 Ajuste lineal para los años 3 y 4 de la variedad LAICA 03



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla número 2.1, los cambios porcentuales en el rendimiento (\bar{Y}), tanto para los aumentos y disminuciones es de un 30% y un -26% respectivamente; con un promedio absoluto de cambio de un 28%.

Una vez que se calculó el cambio promedio para las disminuciones y aumentos en la productividad por hectárea, se realizó un ajuste para los años cinco y seis de los rendimientos obtenidos en el ensayo varietal; es decir, se aplicó una disminución promedio del 28% a cada observación del diseño experimental a partir del año cinco hasta el año seis.

Es importante señalar que en la tabla 2.1 el dato correspondiente a *Variación* es el factor ajustado que se determinó como porcentaje de disminución más real para aplicar a los datos; esto con base a las observaciones realizadas por el Ing. Oldemar Navarro Acuña de CoopeAgri y el Ing. Julio Cesar Barrantes Mora. Sin embargo la aplicación de dicho ajuste se detalla más adelante en este apartado.

Tabla 2.1 Análisis de la pendiente según año para la variedad LAICA 03-805

RAZÓN DE CAMBIO CRECIENTE				
Años	$f(x)$	$f'(x)$	%	
1-2	Ensayo 1	$20,593x + 56,444$	20,593	26,73%
	Ensayo 2	$28,593x + 58,815$	28,593	32,71%
	Ensayo 3	$31,111x + 52,593$	31,111	37,17%
	Ensayo 4	$18,660x + 67,400$	18,660	21,68%
RAZÓN DE CAMBIO DECRECIENTE				
Años	$f(x)$	$f'(x)$	%	
3-4	Ensayo 1	$-35,110x + 147,260$	-35,110	-31,31%
	Ensayo 2	$-31,852x + 136,30$	-31,852	-30,50%
	Ensayo 3	$-16,741x + 124,740$	-16,741	-15,50%
	Ensayo 4	$-30,778x + 144,190$	-30,778	-27,14%

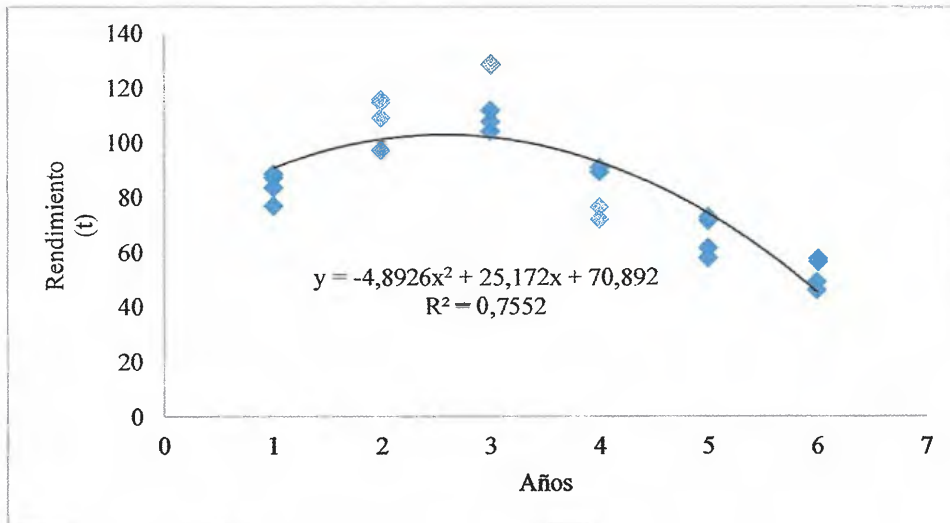
\bar{Y}	↑ 30%
\bar{Y}	↓ -26%
Prom	28%
Variación	20%

Fuente: Elaboración propia

Una vez aplicado dicho el factor de ajuste de un 28%, se prosiguió a ajustar una nueva curva de producción de los años uno a seis para la variedad LAICA 03, tanto de grado 2 como de grado 3, así como su respectiva ecuación de curva.

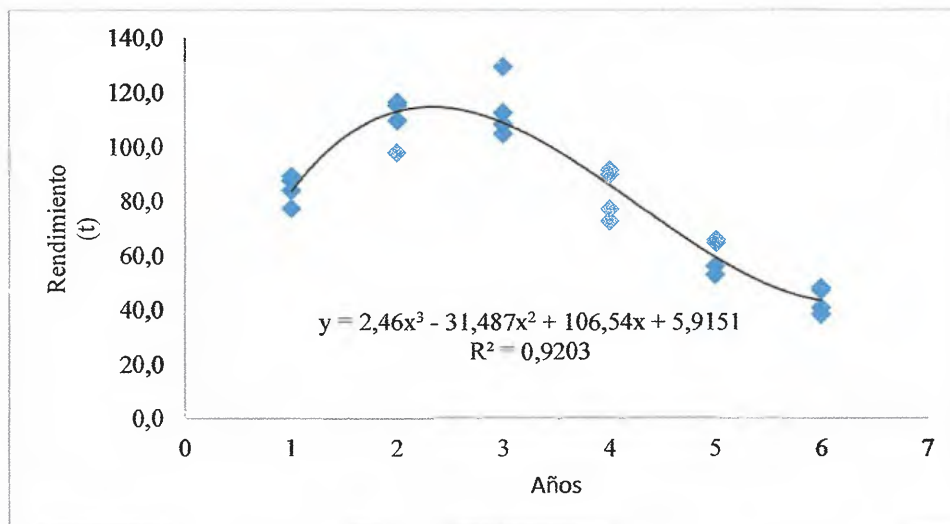
Las curvas ajustadas tanto de grado 2 como de grado 3 se pueden observar en los gráficos 2.5 y 2.6 respectivamente; con un coeficiente de determinación (R^2) de 0,75 para el polinomio de grado 2 y 0,92 para el polinomio de grado 3.

Gráfico 2.5 Curva polinomial ajustada de grado 2 para la Variedad LAICA 03-805



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 2.6 Curva polinomial ajustada de grado 3 para la Variedad LAICA 03-805



Fuente: Elaboración propia

En la tabla 2.2, se puede observar a partir de la tercera columna los rendimientos proyectados con base en un factor de ajuste de un 28% a partir del quinto año, estos separados según el grado polinomial tanto para las curvas sin ajuste como para las curvas ajustadas de los años uno a ocho de cosecha; así como el rendimiento promedio en toneladas métricas por hectárea (\bar{Y}) por año.

Tabla 2.2 Rendimientos proyectados por año para la variedad LAICA 03-805

Año	Rendimiento	Polinomio n ³	Polinomio n ²	Polinomio n ^{3*}	Polinomio n ^{2*}
1	77,0				
1	87,4	84,254	83,58	83,395	90,803
1	88,9				
1	83,7				
2	97,6				
2	116,0	109,434	111,47	112,675	102,392
2	109,3				
2	114,8				
3	112,1				
3	104,4	113,392	111,38	108,515	102,667
3	129,0				
3	108,0				
4	77,0				
4	72,6	82,61	83,31	85,675	91,628
4	89,6				
4	91,3				
5	55,59				
5	52,38	3,57	27,26	58,915	69,275
5	64,68				
5	65,85				
6	40,11				
6	37,80	-137,246	-56,77	42,995	35,608
6	46,67				
6	47,52				
7	28,94				
7	27,27	-353,356	-168,78	52,675	-9,373
7	33,67				
7	34,29				
8	20,89				
8	19,68	-658,278	-308,77	102,715	-65,668
8	24,30				
8	24,74				

Fuente: Elaboración propia

Polinomio n²: Polinomio de grado 2 sin ajuste. Polinomio n^{2*}: Polinomio de grado 2 ajustado

Polinomio n³: Polinomio de grado 3 sin ajuste. Polinomio n^{3*}: Polinomio de grado 3 ajustado.

En la columna tres y cuatro de la tabla anterior, se observa los rendimientos proyectados de la curva sin ajuste, para cada uno de los años de cosecha; ahora bien a partir del quinto año se observa que los rendimientos proyectados decrecen de manera irreal¹¹, como lo señala el Ing. Oldemar Navarro Acuña, Gerente de Operaciones Agrícolas de CoopeAgri R.L y el Ing. Julio César Barrantes Mora coordinador Regional de LAICA en Pérez Zeledón.

En las columnas cinco y seis se observa los rendimientos ajustados según el grado polinomial utilizado en la proyección, como se puede observar a partir del año 7 el rendimiento crece para el polinomio de grado tres ajusto y se vuelve negativo para el polinomio de grado dos ajustado.

Debido a estas particularidades de las curvas y dado el hecho que el punto de equilibrio para una hectárea de cultivo de caña de azúcar para la cooperativa ronda las 68 toneladas por hectárea, tal como lo menciona Ing. Oldemar Navarro Acuña; se estableció como horizonte máximo del proyecto cinco años de cosecha, tal como se mencionó anteriormente.

Como parte final de la estimación de la curva, se simularon los rendimientos de cada año por medio de mil iteraciones con base a una distribución normal; esto con el fin de analizar los datos y los rendimientos máximos y mínimos para definir los parámetros de la distribución triangular a utilizar en el análisis de riesgo. Los parámetros de simulación de los rendimientos se pueden observar en la tabla 2.3, para cada uno de los 6 años proyectados; según los ajustes previamente explicados.

¹¹ La validación de las curvas proyectadas y proyectadas se realizó el día 11 de Febrero de 2013, en las oficinas de Operaciones Agrícolas de CoopeAgri R.L.

Tabla 2.3 Parámetros de proyección para la variedad LAICA 03

Año	Rendimiento	\bar{Y}	σ	Max	Min	C.V
1	77,0	84,3	4,577	88,9	77,0	5,4%
1	87,4					
1	88,9					
1	83,7					
2	97,6	109,4	7,270	116,0	97,6	6,6%
2	116,0					
2	109,3					
2	114,8					
3	112,1	113,4	9,427	129,0	104,4	8,3%
3	104,4					
3	129,0					
3	108,0					
4	77,0	82,6	7,992	91,3	72,6	9,7%
4	72,6					
4	89,6					
4	91,3					
5	55,1	59,1	5,720	65,3	52,0	9,7%
5	52,0					
5	64,1					
5	65,3					
6	39,5	42,3	4,094	46,7	37,2	9,7%
6	37,2					
6	45,9					
6	46,7					

Fuente: Elaboración propia

Una vez realizada la simulación de los datos, se prosiguió a revisar el porcentaje de caída para cada variedad y ajustarla según criterio de experto¹², es decir cuál es el porcentaje de caída es más adecuado de un año a otro según los expertos. Para el caso de la variedad LAICA 03 se ajustó el porcentaje de caída de un 28% a un 20%. Los datos ajustados por se pueden ver en la tabla 2.4.

¹² Ing. Oldemar Navarro Acuña e Ing. Julio César Barrantes Mora

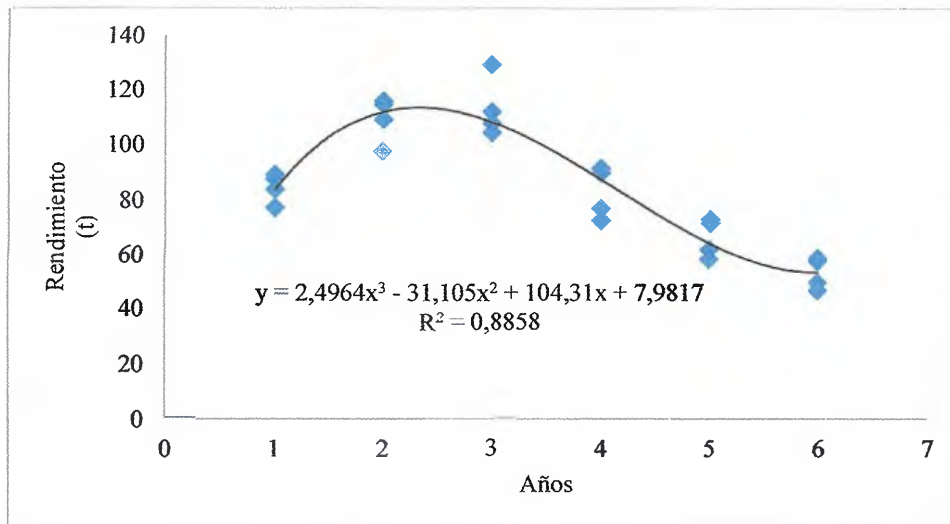
Tabla 2.4 Rendimientos proyectados y ajustados por año para la variedad LAICA 03

Año	Rendimiento	\bar{Y}	σ	Max	Min	C.V
1	77,04	84,3	4,577	88,9	77,0	5,4%
1	87,41					
1	88,89					
1	83,70					
2	97,63	109,4	7,270	116,0	97,6	6,6%
2	116,00					
2	109,33					
2	114,81					
3	112,15	113,4	9,427	129,0	104,4	8,3%
3	104,44					
3	129,04					
3	108,00					
4	77,04	82,6	7,992	91,3	72,6	9,7%
4	72,59					
4	89,63					
4	91,26					
5	61,63	66,1	6,394	73,0	58,1	9,7%
5	58,07					
5	71,70					
5	73,01					
6	49,30	52,9	5,115	58,4	46,5	9,7%
6	46,46					
6	57,36					
6	58,41					

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en gráfico 2.7, el R ajustado disminuyó; sin embargo se seleccionó este modelo debido a que los rendimientos proyectados por el mismo se ajustaron mejor a los valores medios son más reales que los proyectados por las curvas ajustadas de los gráficos 2.5 y 2.6.

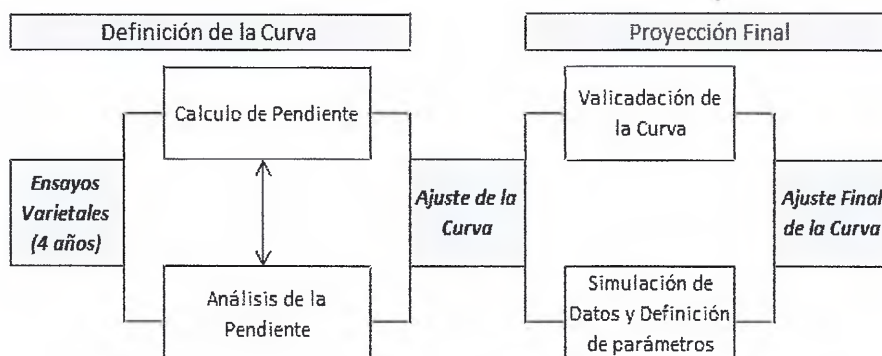
Gráfico 2.7 Curva polinomial ajustada y validado de grado 3 para la Variedad LAICA 03-805



Fuente: Elaboración propia

Para las curvas de las variedades LAICA 04-825 y Q-96 se usó el procedimiento descrito anteriormente. Los resultados del análisis de cada una de las curvas se muestra en los apéndices 5-12 y 13-21.

Figura 2.1 Esquema para la estimación de la curva de producción de caña de azúcar por variedad



Fuente: Elaboración propia

CAPITULO III. COMPARACION LOS DISTINTOS MÉTODOS FINANCIEROS UTILIZADOS EN EL CÁLCULO DE LA TASA DE DESCUENTO EN UN PROYECTO DE INVERSIÓN, EN EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR.

Para llevar a cabo la evaluación financiera y determinar el valor actual neto de cada uno de los proyectos de renovación es necesario determinar una tasa de descuento que permitiera llevar a cabo el análisis propuesto. Para este propósito se comparó dos métodos a saber:

1. El modelo de activos de capitales: Se analizó la información de dos mercados de bienes desarrollados, como lo son la Bolsa de Valores de Colombia y el mercado accionario estadounidense.
2. El de crecimiento de dividendos o Modelo de Gordon: Para el cálculo de la esta tasa se analizó la estructura de capital de la cooperativa para determinar las proporciones y fuentes de financiamiento. Para determinar costo de capital de la cooperativa se adaptó la metodología planteada por Pederson (1998).

3.1 El modelo de activos de capital (CAPM)

Como se mencionó anteriormente una de las ventajas de CAPM es que permite incorporar el riesgo en el costo ponderado de capital (CPC); además permite determinar el rendimiento esperado de una inversión contemplando el riesgo si se usara dicha tasa para descontar los flujos, en este caso se estaría descontando los flujos a una *tasa ajustada por riesgo*, tal como lo menciona Weston y Copeland (1994).

Ahora para la aplicación del modelo CAPM es necesario definir ciertos parámetros como lo son la tasa libre de riesgo, la prima por riesgo sobre el mercado y beta correspondiente para calcular la tasa de descuento y aplicar el modelo completo.

Para la selección de la tasa libre de riesgo, en la práctica, se suele usar los bonos emitidos por el Banco Central del país en cuestión, pero debido a la poca madurez de los mercados de países emergentes y de la disponibilidad de datos (en algunos casos menores a diez años¹³), no se recomienda usar dichos retornos como tasa libre de riesgo.

Para la presente investigación se definió como tasa libre de riesgo la tasa de referencia los bonos emitidos por la Reserva Federal, en este caso se seleccionaron los *Treasury Bonds* o *T-bonds*¹⁴ con una maduración de 10 años, esto por el hecho de que la tasa libre de riesgo usada debe ser equiparada con la duración del horizonte de los flujos de caja descontados (Damodaran, 2012).

Ahora bien, es necesario seleccionar un periodo de análisis para la escogencia de la tasa libre de riesgo así como una manera de cuantificarlo. Sobre este punto Copeland et al (1994) y Damodaran (2012) plantean que la media geométrica es un mejor predictor de los retornos de largo plazo ya que la media aritmética está parcializada por la medida de tiempo

¹³Damodaran, A Estimating Equity Risk Premiums

¹⁴Para más detalles ver Damodaran (199) A Estimating Equity Risk Premiums, así como Ketelohn et al (2004), pág 136-139.

Tabla 3.1 Tasa libre de riesgo según periodo de tiempo

	Tasa libre de Riesgo	
	Aritmético	Geométrico
1928-2012	5,38%	5,11%
1962-2012	7,19%	6,80%
2002-2012	5,64%	5,31%

Fuente: Damodaran, en línea (2013)

Otro punto importante en contra de la media aritmética, es que estudios empíricos parecen indicar que los rendimientos de las acciones están negativamente correlacionados en el tiempo; por lo que la rentabilidad media aritmética puede sobrevalorar la tasa (Damodaran, 2012); es importante señalar que Lee¹⁵, W (1974) citado Indro, D y Blume, M (1997) plantea un promedio ponderado entre la media aritmética y la geométrica como mejor estimador de la tasa libre de riesgo.

Por último, con respecto al periodo a utilizar Damodaran (2012) indica que periodos más amplios tienen errores estándar menores y por lo tanto son un mejor estimador.

En la tabla 3.2 se puede observar el error estándar del premio por riesgo obtenido al efectuar la diferencia entre el rendimiento de mercado (RM¹⁶) y los *Treasury Bills* o *T-Bills*; o el rendimiento de mercado y *Treasury Bonds* o *T-bonds*.

¹⁵ El análisis de esta metodología se encuentra fuera de los análisis de esta investigación. Para más detalle de su desarrollo ver Lee, W (1974). Unbiased Estimators of Long-Run Expected Rates of Return. *Journal of the American Statistical Association* 69(347): 634-638.

¹⁶ Tomado de Damodaran línea (2013). <http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/>.

El rendimiento de mercado es calculado con base al índice accionario S&P 500.

Tabla 3.2 Error Estándar del premio por riesgo según período de tiempo

	Error Estándar	
	RM-T. Bills	RM-T. Bonds
1928-2012	2,201%	2,333%
1962-2012	2,380%	2,664%
2002-2012	5,823%	8,113%

Fuente: Damodaran, en línea (2013)

Por estas razones se selecciono período de 1923-2012 como intervalo de análisis para la selección de la tasa libre de riesgo y el rendimiento de mercado, analizados por medio de un promedio geométrico.

Tabla 3.3 Rendimiento de mercado histórico y premio por riesgo según periodo de tiempo

	Rendimiento de Mercado (R_M)		R_M -T. Bills		R_M -T. Bonds	
	Aritmético	Geométrico	Aritmético	Geométrico	Aritmético	Geométrico
1928-2012	11,26%	9,31%	7,65%	5,88%	5,74%	4,20%
1962-2012	11,10%	9,73%	5,93%	3,91%	4,60%	2,93%
2002-2012	8,71%	7,02%	7,06%	3,08%	5,38%	1,71%

Fuente: Damodaran, en línea (2013)

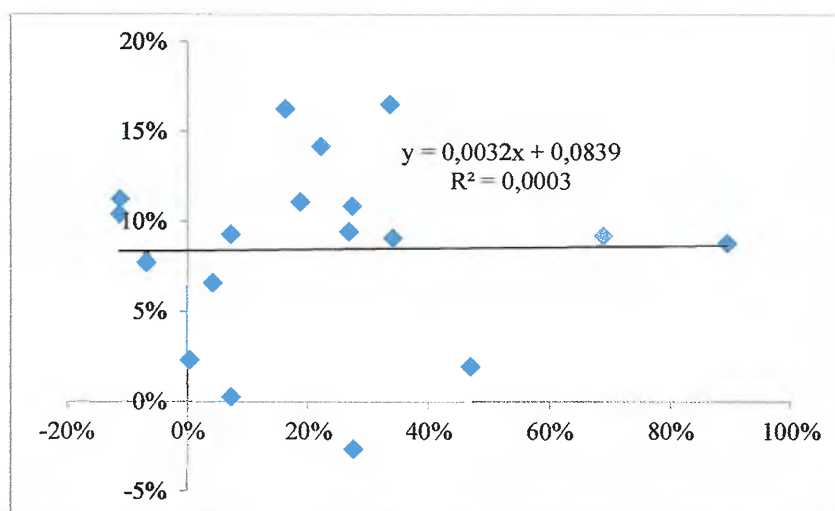
El último parámetro del modelo CAPM es el coeficiente beta, el cual es una medida relativa del riesgo no diversificable. Para su cálculo realiza una regresión del cambio de precios del activo y los cambios en los rendimientos de la bolsa de valores del país en donde se realice el análisis.

Sin embargo existen ciertas consideraciones a tomar a la hora de calcular el beta como lo son el periodo, la frecuencia (semanal, mensual o anual) y la selección del mercado accionario.

Para el caso de Costa Rica existen inconvenientes como los son: un mercado accionario poco diversificado y datos limitados; además para el caso del precio del azúcar, solo se cuenta con información anual de las zafras de 1994-1995 a la zafra 2011-2012 lo cual representa 18 observaciones.

Al realizar la regresión se pueden observar en el gráfico 3.1 como beta calculado fue de un 0.003, lo cual muestra una relación prácticamente nula con relación al movimiento del mercado nacional.

Gráfico 3.1 Rendimiento del IBNV vs Precio del Azúcar
Período 1994-2012



Fuente: Elaboración Propia.

En general los países latinoamericanos presentan problemas similares en cuanto a la madurez de sus mercados y disponibilidad de datos, por lo cual no es recomendable su utilización.

Caicedo (2004) realizó una investigación en la que calculó betas para diferentes sectores de la economía colombiana, en los cuales se encuentra el azúcar; los betas calculados en dicho estudio tanto apalancados como des apalancados fueron de 1.86 y 1.49 respectivamente.

Los datos calculados presentan varios inconvenientes para ser adaptados:

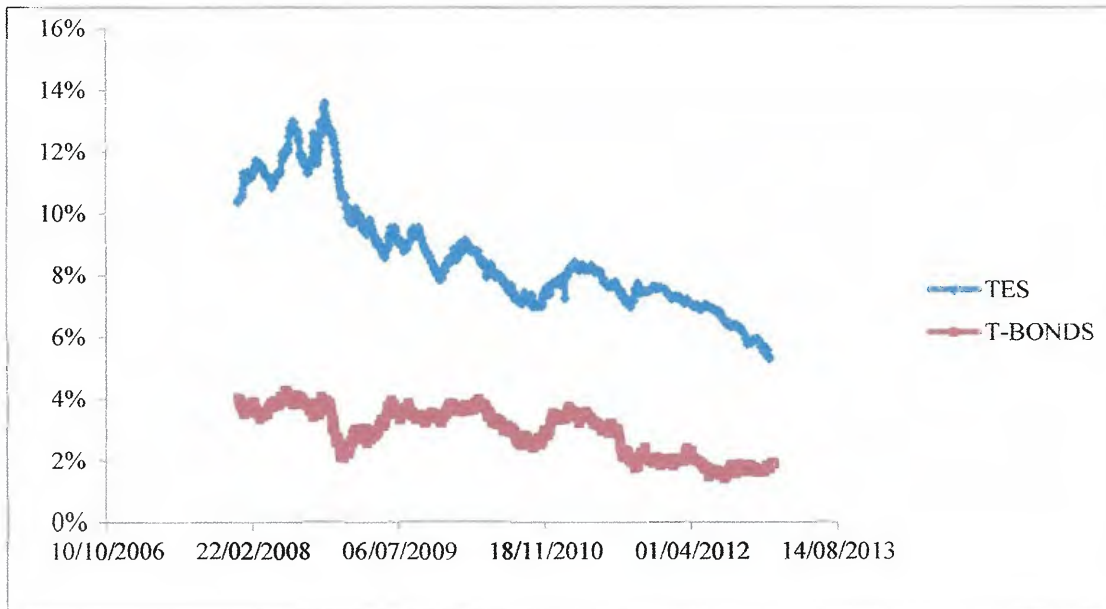
- El periodo utilizado es muy corto (4 años).
- La bolsa de valores de Colombia comenzó operaciones en el año 2001, producto de la fusión de la bolsa de Bogotá, Medellín y Occidente, lo cual hace que la serie de datos sea limitada.

De tomarse Colombia como país base y aplicar la metodología¹⁷ propuesta por Ketelhöhn et al (2004) y Damodaran (2012), se estaría siendo inconsistente con los argumentos planteados para la selección de la tasa libre de riesgo. En el gráfico 3.2 se puede observar lo fluctuante¹⁸ que ha sido el rendimiento de los títulos de deuda del Gobierno colombiano o TES, los cuales han oscilado entre 5,3% y 13,6% en comparación de 1,39% y un 4,27% de los T-BONS americanos; y una desviación estándar de 1,9% y 0,78 % respectivamente.

¹⁷ Ver página 55

¹⁸ Ver Apéndice 1

Gráfico 3.2 Rendimiento de los títulos libre de riesgo en Colombia y Estados Unidos
(Diario 2008-20013)



Fuente: Elaboración Propia. Datos Department of the Treasury y Grupo Aval.

Por las razones antes señaladas se selecciona una beta calculada con base a un mercado desarrollado como lo es el mercado accionario de la Bolsa de New York y el índice accionario S&P 500. Damodaran (2012) en su página web calcula diversos valores de beta según el sector, tanto apalancados como desapalancados.

Para el caso del azúcar o los llamados *commodities* en general no se encontraron betas de industrias relacionadas, este hecho lo confirma Acosta¹⁹ (2012) y Damodaran (2012) vía correo²⁰.

¹⁹ Carlos Acosta Calzado, asesor de IBKAN Invesmente Banker .

²⁰ Damodaran, A (2012). Beta Sugar (correo electrónico). Acosta, C (2012). Beta Sugar. (correo electrónico).

Es importante señalar que el cálculo de un beta para el sector azucarero esta fuera de los alcances de la presente investigación y la implementación del modelo CAPM y sus componentes se basa en la recolección de fuentes secundarias.

En investigaciones anteriores, Damodaran calculó un beta desapalancado para el sector azucarero con base a la clasificación de sectores realizada por Bloomberg; sin embargo el mismo no recomendó usar dicho valor debido que vejez del cálculo. Es por este hecho que el Damodaran (2012) y el Acosta (2012) recomendaron usar el beta relacionado con la industria de procesamiento de alimentos Para tal caso se tomó el beta desapalancado calculado por Damodaran (2013) con un valor de 0,87.

Una vez seleccionado el beta adecuado, se prosiguió a calcular la relación Deuda/ Capital de la Cooperativa con base a los Balances Generales del período 2002-2012; después de esto se determinó el promedio de dicha serie con el fin calcular el beta apalancado según la estructura de la misma; con lo cual se obtuvo un beta de 3,26. Los cálculos se pueden observar en la tabla 3.4

Tabla 3.4 Relación Deuda/ Capital de CoopeAgri R.L
Período 202-2012

Año	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Relación (D/E)	2,24	3,08	3,11	2,69	3,47	3,12	3,48	3,62	3,86	5,04	3,72
Promedio	3,40										

Fuente: Elaboración Propia. Datos Gerencia Financiera CoopeAgri R.L

El último parámetro necesario para implementar el CAPM según la ecuación 1.21 es el riesgo país, el cual se tomó de los datos calculados por Damodaran (2012). Para el caso de Costa Rica, se reporta²¹ un riesgo país de 3%.

²¹ Ver Anexo 1

Ya estimados los parámetros del CAPM, es necesario hacerlo equivalente a la moneda local, ya que el costo de recursos propios fue calculado en dólares.

Este ajuste se puede lograr mediante la tasa de inflación relativa mediante la siguiente expresión:

$$K_s \times \frac{(1 + \text{Inflación esperada } \text{₡})}{(1 + \text{Inflación esperada } \$)} - 1 \quad (\text{Ecuación 3.1})$$

Tabla 3.5 Tasa de Inflación Anual Según País
Período 2003-2012

PAÍS	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
C.R	9,87%	13,13%	14,07%	9,43%	10,81%	13,90%	4,05%	5,82%	4,74%	4,55%
USA	2,27%	2,68%	3,39%	3,24%	2,85%	3,85%	-0,34%	1,64%	3,16%	2,07%

Fuente: Elaboración Propia. Datos Banco Central y La Reserva Federal de Estados Unidos de America

Para el caso de Costa Rica, según el Programa Macro económico 2012-2013, la inflación proyectada es de 4% ± 1 p.p. Según el Reporte de la Política Monetaria de la Reserva Federal al Congreso (17 de Julio de 2012); la inflación proyectada en el mediano plazo será de 2%.

Los cálculos para la implementación del CAPM y el cálculo de la tasa de descuento ajustada por riesgo se presentan en la siguiente cuadro:

Tabla 3.6 Cálculo de la tasa de descuento

Parámetro	Observación	Valor	Cálculo
Tasa Libre de Riesgo (Rf)	T-Bonds, 10 años plazo Periodo 1928-2012 Promedio Geométrico	5,11%	
Beta (β)	Apalancada	0,84	
	Desapalancada	0,74	
Sector Procesamiento de alimentos	Relación D/E	3,40	
	Beta ajustada	3,26	
Premio por Riesgo (Rm- Rf)	Periodo 1928-2012 Promedio Geométrico	4,2%	
Riesgo Pais (Rp)		3,0%	
Costo de Recursos Propios (Ke)		21,79%	$=5,11\% + (3,26)(4,2\%) + 3\%$
Inflación Proyectada C.R		5%	
Inflación Proyectada USA		2%	
Ajuste por Inflación Relativa		1,03	$= [(1+5\%)(1-2\%)]$
Ke Colonizado Nominal		22,43%	
Ke Colonizado Real		16,60%	$= [(22,43 - 5\%)(1-5\%)]$

Fuente: Elaboración Propia

3.2 Modelo de crecimiento de dividendos o Modelo de Gordon

El modelo de Gordon o de crecimiento de dividendos permite calcular el rendimiento requerido sobre el capital contable.

Debido a que las cooperativas no son empresas que tranzan en una bolsa de valores, la fórmula usualmente aplicada deriva de la relación entre el pago de dividendos y el valor en libros de capital contable. Es por esto que la modificación del modelo de Gordon no usa el valor de mercado medida por el rendimiento de dividendo (Pederson, 1998).

El modelo de Gordon se compone de dos partes, tal como se denota en la expresión 1.9²². La primera parte pertenece al rendimiento de los dividendos y la segunda parte a la tasa crecimiento (g).

A continuación se detalla el uso del enfoque de Pederson (1998) para el cálculo de costos de recursos propios para CoopeAgri R.L y la División Agrícola.

Según el modelo planteado por Pederson (1998), la expresión 1.12 puede ser transformada para obtener la expresión 1.13, la cual hace una relación entre bonificaciones, reembolsos de capital (si los hubiera), reservas²³ de Ley que implican una salida de efectivo por parte de la cooperativa y el aporte de capital para obtener una relación entre, devoluciones y reservas sobre capital.

Tabla 3.7 Relación excedentes, devoluciones y reservas sobre capital. CoopeAgri R.L
Período 2006-2012

Rubro	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Capital social	C2.516.890.146	C2.944.760.349	C3.267.630.185	C3.589.069.294	C3.946.154.010	C4.285.759.580	C4.294.496.993
Bonificaciones	C83.532.739	C101.448.872	C118.912.987	C123.975.897	C124.969.965	C192.532.463	C241.469.265
Devoluciones	C114.661.675	C107.719.013	C172.256.271	C215.011.043	C193.321.455	C280.774.437	C357.565.000
Excedentes	C383.231.813	C426.597.429	C153.523.212	C177.177.417	C331.562.896	C405.152.100	C405.152.100
Reservas de Ley*	C17.245.432	C19.196.884	C6.908.545	C7.972.984	C14.920.330	C18.231.845	C18.231.844
Excedentes, devoluciones y reservas / Capital social	8,6%	7,8%	9,1%	9,7%	8,4%	11,5%	14,4%

Fuente: Elaboración Propia, Datos Gerencia Financiera CoopeAgri

* 4,5% sobre excedentes. CONACOOOP 2%, CENECOOP 2,5%

²² Ver página 27

²³ Ley 4179, Art. 80

El segundo componente de la ecuación 1.13 consta de dos partes, la primera corresponde a la tasa de retención; la cual se calcula como 1.0 menos la relación de pago de bonificaciones (bonificaciones repartidas dividido por la utilidad neta). La segunda parte de la expresión corresponde al rendimiento sobre capital o ROE de la Cooperativa.

Al multiplicar las dos partes se obtiene la tasa de crecimiento (g) que se denotó como g_c , para hacer referencia a la tasa de crecimiento constante de la cooperativa. Al sumar los componentes de la expresión 1.12 se obtiene el costo de recursos propios de la cooperativa.

Tabla 3.8 Costo de recursos propios. CoopeAgri R.L
Período 2006-2012

Rubro	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Tasa de retención	96,68%	96,55%	96,36%	96,55%	96,83%	95,51%	94,38%
ROE	21,52%	17,09%	6,59%	6,53%	10,01%	14,02%	0,24%
g_c	21%	17%	6,35%	6%	10%	13%	0,23%
K_s	29%	24%	15%	16%	18%	25%	15%

Fuente: Elaboración Propia. Datos Gerencia Financiera CoopeAgri

La misma metodología puede ser aplicable para el cálculo de costos de recursos propios para cualquier división de una cooperativa. Por una parte, la primera sección de la expresión de 1.13 no varía, es decir, la relación excedentes, devoluciones y reservas sobre capital.

El cálculo de g para una división varía según el capital de cada división, el cual puede ser determinado por los estados financieros elaborados para cada división o por despeje de la ecuación contable según los activos y deuda de cada división.

Esto permite calcular el ROE para cada división, ya que la tasa de retención también permanece invariable.

Tabla 3.9 Rendimientos sobre capital y costo de recursos propios para la División Agrícola. CoopeAgri R.L.
Período 2006-2012

Rubro	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Capital Agrícola	€1.647.760.253	€2.059.240.819	€2.764.095.555	€3.044.290.134	€3.464.646.335	€3.137.616.419	€2.973.077.791
Excedentes	€230.972.554	€105.126.956	(€303.964.037)	€32.542.540	(€94.352.279)	(€106.283.676)	€140.298.257
ROE Agrícola	14,02%	5,11%	-11,00%	1,07%	-2,72%	-3,39%	4,72%
GA	13,55%	4,93%	-10,60%	1,03%	-2,64%	-3,24%	4,45%
Ks _A	22,1%	12,7%	-1,5%	10,7%	5,8%	8,2%	18,8%

Fuente: Elaboración Propia. Datos Gerencia Financiera CoopeAgri

Con base a los datos proporcionados por la gerencia financiera de CoopeAgri R.L se calculó el costos promedio ponderado tanto para la cooperativa, como para la División Agrícola, los cuales se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 3.10 Costo promedio ponderado de la División Agrícola y CoopeAgri R.L
2012

Fuente de Capital	Ponderación	Costo	Costo Ponderado
Duda	0,8	10,00%	8,00%
Recursos Propios Coopeagri	0,2	20,38%	4,08%
Recursos Propios Agrícola	0,2	16,81%	3,36%
Costo Promedio Ponderado Coopeagri *			12,08%
Costo Promedio Ponderado Agrícola **			11,36%
Inflación Proyectada	5%		
Costo Promedio Ponderado Coopeagri (Real)			6,74%
Costo Promedio Ponderado Agrícola (Real)			6,06%

Fuente: Elaboración Propia. Datos Gerencia Financiera CoopeAgri

*Promedio simple período 2006-2012

**Promedio simple período 2006-2012, se omiten años con utilidades negativas

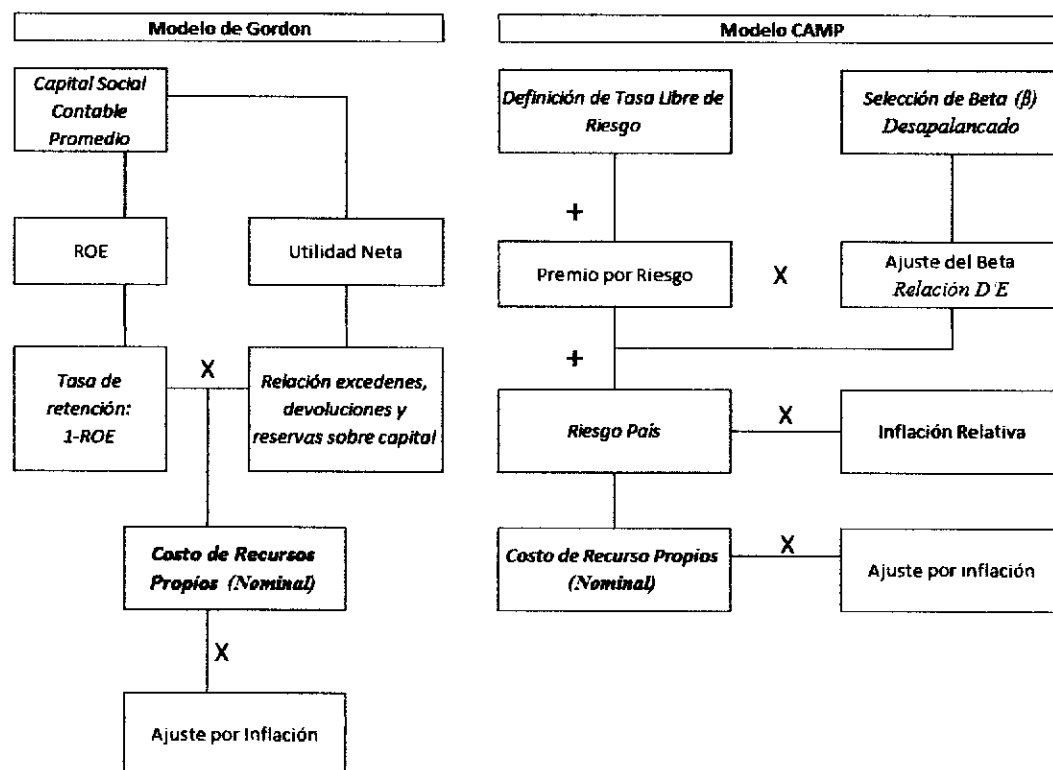
Al comparar el costo de recursos propios calculado por medio del CAPM (22,43% nominal), y el modelo de Gordon (20,38% nominal); se observa que difieren levemente (2,05%).

Sin embargo, al ponderar el costo de recursos propios calculado por el modelo de crecimiento constante de dividendos o modelo de Gordon, se obtiene una tasa de descuento de un 12,08% en términos nominales para la cooperativa y un 11,36% en términos nominales para la división agrícola; la cual es muy inferior si se compara con la tasa de descuento calculada por medio del CAPM de un 22,43% en términos nominales.

La tasa de descuento calculada por medio del CAPM puede ser usada directamente para descontar los flujos de un proyecto, con lo cual se usaría una tasa ajustada por riesgo tal como lo menciona Weston y Copeland (1994).

La figura 3.1 resume la metodología llevada a cabo para el cálculo de la tasa de descuento.

Figura 3.1 Cálculo de Tasa de Descuento



Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO IV. DETERMINACION DEL VALOR ACTUAL NETO CÍCLICO DETERMINÍSTICO DE LOS DISTINTOS MOMENTOS DE RENOVACIÓN EN EL TIEMPO

Para determinar el valor actual neto de los distintos momentos de renovación posible bajo un escenario determinístico, es necesario plantear un modelo de rentabilidad financiera para evaluar la producción de caña de azúcar.

Sin embargo, es necesario explicar los factores que componen el precio de azúcar final en cada zafra y como éste es fijado. Por cual, una vez explicados y debido a los alcances de esta investigación se plantea un análisis con base en precios reales y no nominales; supuesto que se planteará en el apartado 4.2

A continuación se hará una descripción del mecanismo de fijación de precios para cada zafra en nuestro país.

4.1 Determinación del precio en zafra

Para la fijación del precio del azúcar en nuestro país es necesario antes determinar el precio el valor de la producción dentro de cada zafra. Según el artículo 114 de la ley 7818, la Cuota Nacional de Producción de Azúcar será igual al consumo nacional de azúcar registrada en la zafra inmediatamente anterior, multiplicado por un factor de 1,5. Toda producción por encima de la Cuota se considera azúcar de extracuota, el cual se liquida por separado.

El valor de la cuota puede variar según se estimen cambios en el consumo interno o haya variaciones en las cuotas concedidas a Costa Rica, tal como lo indica el artículo 115 de la ley.

Una vez definida la Cuota Nacional, el azúcar producido bajo el régimen de cuota, durante la zafra es vendido de la siguiente manera: aproximadamente 70% va dirigida a consumo interno y un 30% se comercializa en el exterior tal como lo indica la gerencia financiera²⁴ y el departamento de comercialización de LAICA.

El azúcar para exportación, se asigna primeramente para cubrir las cuotas preferenciales que Costa Rica tiene producto de los acuerdos comerciales logrados por el país (CAFTA por ejemplo) y el restante se vende en el llamado Mercado Mundial, que es el mercado donde se negocian los excedentes de azúcar. El precio de referencia para las cuotas dentro de los mercados internacionales es el Contrato Número 16; el azúcar que se vende fuera de la cuota tiene como referencia el Contrato Número 11, ambos de la Bolsa de Nueva York.

En el cuadro 4.1 se puede observar la participación de las exportaciones según destino para la zafra 2010-2011, así como el precio FOB por kilo de azúcar.

²⁴ Visita realizada el jueves 7 de enero de 2013.

Tabla 4.1 Exportaciones de Azúcar
Zafra 2010-2011.

Destino	Tipo de Azúcar	Bulto de 50 kg	Toneladas métricas	Valor FOB (USD)	\$/kg
Cuota USA	crudo	496.360	24.818	15.830.732,24	0,6379
Cuota CAFTA	crudo	242.893	12.144,65	9.660.218,95	0,7954
Cuota Especial	refinado	20.000	1.000	1.060.000	1,0600
Cuota CAFTA	refinado	55.400	2.770	3.187.809,90	1,1508
USA- Mercado Mundial	crudo	435.821	21.791,03	11.677.771,87	0,5359
Venezuela- Mercado Mundial	crudo	184.010	9.200,49	3.566.115,73	0,3876
Canadá- Mercado Mundial	crudo	597.729	29.886,44	17.659.735,32	0,5909
Canadá	blanco de plantación	3.200	160	108.207,20	0,6763
Bahamas	varios	115.059	5.752,93	4.227.150,14	0,7348
TOTAL		2.150.472	107.524	66.977.741	

Fuente: Elaboración Propia. Datos LAICA

El precio que se paga dentro de cada mercado es muy variado, según lo plantea el gerente financiero de LAICA. Para la zafra 2012-2013, para las cuotas preferenciales se tiene un valor de referencia promedio de \$28 por bulto de 50 kg y un precio de \$22 para mercado mundial.

En cuanto al mercado nacional (aproximadamente 70% de la producción en cuota), el 54% de las ventas son para consumo industrial y el 46% para consumo doméstico. El precio promedio del mercado local es superior al de exportación, y que dentro del mercado local el precio comercial es superior al industrial; es importante señalar que este es ajustado con base a la inflación.

Por último la Liga de la Caña (LAICA) percibe otros ingresos provenientes de la venta de alcohol y otros derivados del azúcar.

Una vez hechas las diferentes transacciones a nivel nacional e internacional, la Liga de la Caña determinará el valor correspondiente a las ventas a los cuales le rebajará lo establecido en el artículo 102.2, el cual indica:

- Los impuestos y las contribuciones establecidas por ley.
- La suma necesaria para atender los gastos de comercialización del azúcar, tales como financiación, almacenamiento, transporte, administración, salarios, gravámenes que deban pagarse en el exterior por la exportación de azúcar y cualquiera otros relacionados con el mercadeo del citado producto.
- Cualquier otra deducción que autorice la ley.

Después de realizar las deducciones correspondientes, el monto calculado corresponderá al valor neto del azúcar. Este a su vez se divide entre la producción de azúcar en cuota para obtener el precio de liquidación de azúcar en cuota por bulto de 50 kgs. De este precio de liquidación al productor le corresponde por ley el 62.5%.

Debido a los múltiples factores que interviene en la fijación del precio por kilogramo pagado a los ingenios y a los productores, y además que, la elaboración de un modelo para la predicción de precio de azúcar está fuera de los alcances del presente trabajo, los precios utilizados en el flujo de caja se mantendrán en términos reales, tomando como año base el 2012.

4.2 Supuestos del modelo financiero de renovación de caña de azúcar

En el siguiente apartado se definirán los supuestos en los cuales se basa el modelo financiero de renovación para caña de azúcar.

- Las curvas de producción para las variedades LAICA, 04-825, LAICA 03-805 y Q 96, son curvas de producción en función del tiempo, es decir no se toma en cuenta ningún otro factor más que el agotamiento del cultivo en el tiempo; por lo que se asumen condiciones climatológicas promedio para el cultivo.
- No se toman en cuenta ajustes por efectos climáticos de el Niño o de la Niña, los cuales según su intensidad y momento fenológico del cultivo, pueden afectar los rendimientos del cultivo; debido a que no existen los datos para establecer dichos efectos.
- Se asume que la cooperativa realiza el manejo agronómico adecuado del cultivo, ya que el modelo no contempla las diferencias en él.
- El rendimiento de kilogramos de azúcar por tonelada de caña se estima en un 12%, el cual es el promedio simple del rendimiento²⁵ por tonelada de caña de todas las fincas para el período 2007-2012.
- El rendimiento de kilogramos de miel por tonelada de caña se estima en 3,5% IDEM , el cual es el promedio simple del rendimiento²⁶ por tonelada de caña de todas las fincas para el período 2007-2012.

²⁵ Ver figura 7.3

²⁶ Ver figura 7.4

- El gasto administrativo se estima en 140.000 por hectárea.
- La tasa de inflación proyectada es de un 5%.
- La inversión inicial o de establecimiento se estima en ₡ 1.333.204,64; el monto a financiar corresponde al 100% de dicha inversión con un plazo de 5 años y un interés del 13% nominal (7,62% real²⁷).
- Se analizan las renovaciones en igualdad de condiciones, excluyendo el efecto del avance tecnológico; y considerando los ciclos de renovación a perpetuidad.
- Se asume un periodo vegetativo de 12 meses de la caña de azúcar, para todas las variedades.
- El análisis de renovación se realiza en términos constantes (año base 2012), eliminando el efecto de la inflación en precios, costos, tasas de interés y costo de capital.
- Se calcularon dos tasas de descuento, la primera siguiendo la metodología del CAPM y adaptada para países en desarrollo tal como lo plantea Ketelhöhn et al (2004) y Damodaran (2012); la cual en términos reales es de un 16,60%.
- La segunda tasa se calculó bajo el modelo de crecimiento de dividendos modificada para cooperativas agrícolas planteada por Pederson (1998), el cual se incorporó en el cálculo del costo de capital promedio ponderado; con lo que se obtuvo un valor de 6,74% en términos reales para CoopeAgri R.L y un 6,06% para la división agrícola también en términos reales.

$${}^{27} r = \frac{rn - \pi}{(1 + \pi)}$$

Donde: r = tasa real, rn = tasa nominal, π = inflación

La estructura de capital que indica la Gerencia Financiera de la Cooperativa, es decir, la porción de deuda de largo plazo y capital utilizada por la cooperativa es de un 80/20 para proyectos propios de la cooperativa, con lo que obtenemos los valores antes mencionados. Sin embargo, como lo plantea la Gerencia Financiera de la cooperativa, para proyectos de renovación se utiliza un financiamiento del 100%; lo cual equivaldría a usar el costo de la deuda, la cual corresponde a un 7,62% en términos reales y un 13% en términos nominales.

4.3 Determinar el valor actual neto cíclico determinístico para la variedad LAICA 03-805

Para el cálculo de los flujos se determinó que la tasa de descuento más apropiada es aquella calculada por la metodología del CAPM, debido a que los proyectos en la cooperativa se realizan bajo un esquema de un 100% de apalancamiento. Esto implicaría usar como tasa de descuento una tasa de interés del 13% en términos nominales y un 7,62% en términos reales.

Debido a que la tasa de interés del préstamo no refleja el riesgo de un proyecto de renovación de caña, se seleccionó la tasa de descuento calculada bajo el modelo de activos de capital (CAPM) para el análisis por lo cual se utilizó una tasa de 16,60% en términos reales.

Una vez calculados los flujos para cada año del proyecto de renovación, fue necesario calcular el VAN correspondiente a cada año de renovación y realizar un ajuste por ciclicidad; es decir se asume una renovación perpetua a 1,2,3,4,5 años según sea el caso. Este ajuste permite comparar el VAN de los distintos momentos de renovación con horizontes diferentes de tiempo.

Se realizó un escenario base sin financiamiento, el cual se puede observar en la tabla anterior. Posteriormente se determinó el momento de renovación de acuerdo a los distintos planes de financiamiento. El tabla 4.3 resume los cálculos del VAN de los distintos momentos de renovación evaluados sin financiamiento o escenario base.

Tabla 4.2 Modelo financiero de renovación para una hectárea caña de azúcar sin apalancamiento

Año		0	1	2	3	4	5	6
Ingresos								
Rendimiento (TM ha)			83,68	112,15	108,37	87,33	63,98	53,32
Rendimiento Azucar (kg ha)	12%		10.041,24	13.457,88	13.004,76	10.479,00	7.677,72	6.398,04
Precio Azucar (kg)			181,10	181,10	181,10	181,10	181,10	181,10
Rendimiento Miel	3,54%		2.962,17	3.970,07	3.836,40	3.091,31	2.264,93	1.887,42
Precio Miel (kg)			60,06	60,06	60,06	60,06	60,06	60,06
INGRESOS TOTALES			1.996.376,24	2.675.664,75	2.585.576,47	2.083.410,68	1.526.466,63	1.272.043,60
Costos								
Costos Mantenimiento (ha)			517.240,00	517.240,00	517.240,00	517.240,00	517.240,00	517.240,00
Gasto Administrativo			140.000,00	140.000,00	140.000,00	140.000,00	140.000,00	140.000,00
Gasto Financiero			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cosecha			284.484,79	381.283,81	368.446,17	296.887,25	217.522,40	181.266,96
Transporte (t)			326.728,41	437.901,27	423.157,36	340.972,53	249.822,66	208.183,60
Otros			247.469,54	331.673,72	320.506,44	258.258,28	189.219,84	157.681,73
COSTOS TOTALES			1.515.922,75	1.808.098,80	1.769.349,97	1.553.358,07	1.313.804,90	1.204.372,29
Inversión de renovación		-1.333.204,64						
Préstamo		0,00						
Flujo de caja		-1.333.204,64	480.453,49	867.565,95	816.226,50	530.052,61	212.661,73	67.671,31

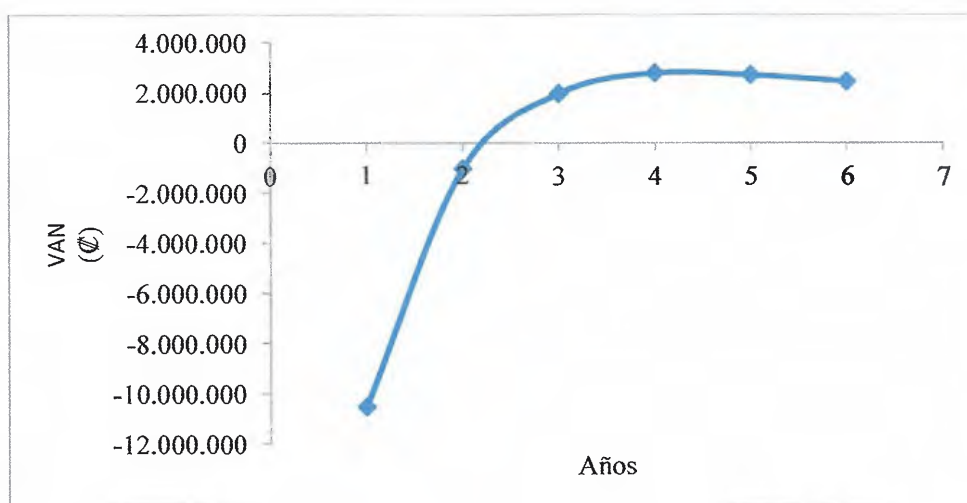
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.3 Cálculo del Valor Actual Neto de los distintos momentos de renovación sin financiamiento

Alternativa 1 @ 16,60%	Renovación	año 1	Alternativa 2: @ 16,60%	Renovación	año 2
VAN	(921.138,24)		VAN	(282.971,47)	
Fciclco	7,0255		Fciclco	3,7819	
VAN Cíclico	(6.471.456,28)		VAN Cíclico	(1.070.171,31)	
Alternativa 3: @ 16,60%	Renovación	año 3	Alternativa 4: @ 16,60%	Renovación	año 4
VAN	231.970,44		VAN	518.772,57	
Fciclco	2,7092		Fciclco	2,1790	
VAN Cíclico	628.443,74		VAN Cíclico	1.130.426,34	
Alternativa 5: @ 16,60%	Renovación	año 5	Alternativa 6: @ 16,60%	Renovación	año 6
VAN	617.461,53		VAN	644.395,46	
Fciclco	1,8659		Fciclco	1,6612	
VAN Cíclico	1.152.121,15		VAN Cíclico	1.070.443,92	

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 4.1 Valor Actual Neto Cíclico para los distintos momento de renovación
Variedad LAICA 03-805

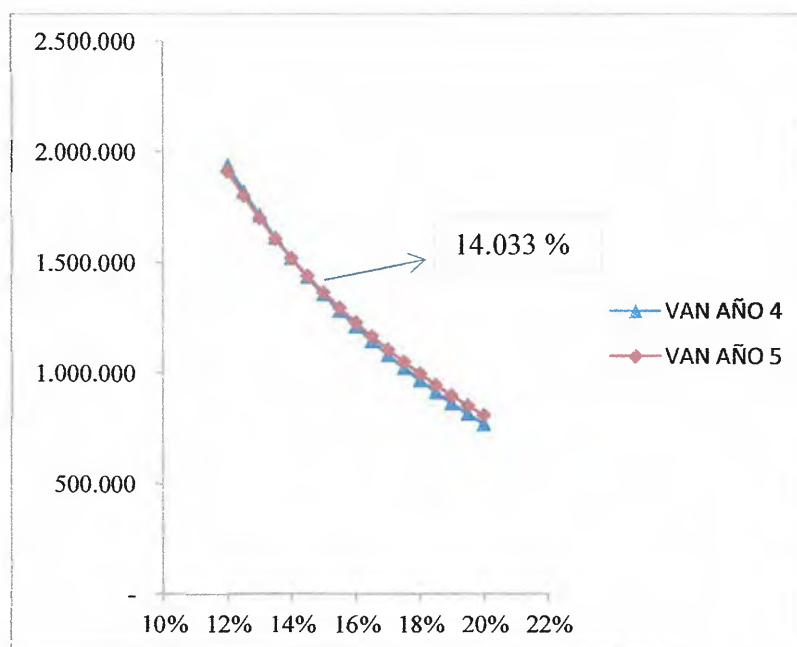


Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar en el tabla 4.3, el VAN máximo se obtiene en año número 6 con un valor de ¢ 644.39546 sin embargo el VAN cíclico del quinto año es de ¢ 1.152.121,15; el cual es máximo. Lo cual indica que el momento óptimo de renovación en un esquema sin financiamiento es el año 5.

Es importante señalar que el VAN de los años 4 y 5 son muy parecidos, al variar la tasa de descuento se puede observar que la decisión de renovar al año 5, pasa al año 4 tasas de descuento inferiores 14,033% en términos reales tal como se ve reflejado en el gráfico 4.2. Esta situación sugiere que es necesario analizar con más detalle los flujos de cada año y apoyarse en otros parámetros de rentabilidad para seleccionar el momento óptimo de renovación.

Gráfico 4.2 Tasa de indiferencia entre el año 4 y 5 de renovación para el escenario base
Variedad LAICA 03-805



Fuente: Elaboración Propia

Una vez calculado este escenario sin financiamiento, se prosiguió a elaborar un flujo de caja con diferentes planes de financiamiento, variando los plazos de financiamiento, debido a que la Cooperativa realiza todas las siembras con financiamiento.

En la tabla 4.4, se puede observar el efecto que tiene en los flujos el apalancamiento del 100% de la inversión de renovación, con una tasa de interés de 7,62% en términos real y un plazo 5 años . Al hacer los cálculos del VAN previamente explicados, el VAN más alto se encuentra en el año 3, con un valor de ¢ 2.248.488,32.

El valor antes obtenido puede llevar a la conclusión de que el momento óptimo de renovación pasó del año 5 al año 3. Sin embargo se debe recordar que existe un préstamo con un plazo de 5 años el cual debe cancelarse al momento de renovación, lo cual afecta significativamente el VAN del año 3.

Tabla 4.4 Modelo financiero de renovación para una hectárea caña de azúcar con financiamiento

Año		0	1	2	3	4	5	6
Ingresos								
Rendimiento (TM/ha)			83,68	112,15	108,37	87,33	63,98	53,32
Rendimiento Azúcar (kg/ha)	12%		10.041,24	13.457,88	13.004,76	10.479,00	7.677,72	6.398,04
Precio Azúcar (kg)			181,10	181,10	181,10	181,10	181,10	181,10
Rendimiento Miel	3,54%		2.962,17	3.970,07	3.836,40	3.091,31	2.264,93	1.887,42
Precio Miel (kg)			60,06	60,06	60,06	60,06	60,06	60,06
INGRESOS TOTALES			1.996.376,24	2.675.664,75	2.585.576,47	2.083.410,68	1.526.466,63	1.272.043,60
Costos								
Costos Mantenimiento (ha)			517.240,00	517.240,00	517.240,00	517.240,00	517.240,00	517.240,00
Gasto Administrativo			140.000,00	140.000,00	140.000,00	140.000,00	140.000,00	140.000,00
Gasto Financiero			330.563,91	330.563,91	330.563,91	330.563,91	330.563,91	0,00
Cosecha			284.484,79	381.283,81	368.446,17	296.887,25	217.522,40	181.266,96
Transporte (t)			326.728,41	437.901,27	423.157,36	340.972,53	249.822,66	208.183,60
Otros			247.469,54	331.673,72	320.506,44	258.258,28	189.219,84	157.681,73
COSTOS TOTALES			1.846.486,66	2.138.662,71	2.099.913,88	1.883.921,97	1.644.368,81	1.204.372,29
Inversión de renovación		-1.333.204,64						
Préstamo		1.333.204,64						
Flujo de caja		0,00	149.889,58	537.002,04	485.662,59	199.488,70	-117.902,18	67.671,31

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.5 Cálculo del Valor Actual Neto de los distintos momentos de renovación con un financiamiento a 5 años plazo

Alternativa 1	Renovación	año 1	Alternativa 2:	Renovación	año 2
@ 16,60%			@ 16,60%		
VAN	128.554,50		VAN	523.564,08	
Fcíclico	7,0255		Fcíclico	3,7819	
VAN Cíclico	903.159,59		VAN Cíclico	1.980.069,81	
Alternativa 3:	Renovación	año 3	Alternativa 4:	Renovación	año 4
@ 16,60%			@ 16,60%		
VAN	829.959,45		VAN	937.899,27	
Fcíclico	2,7092		Fcíclico	2,1790	
VAN Cíclico	2.248.488,32		VAN Cíclico	2.043.720,33	
Alternativa 5:	Renovación	año 5	Alternativa 6:	Renovación	año 6
@ 16,60%			16,596%		
VAN	883.184,95		VAN	910.118,87	
Fcíclico	1,8659		Fcíclico	1,6612	
VAN Cíclico	1.647.934,34		VAN Cíclico	1.511.853,02	

Fuente: Elaboración Propia

En el análisis 1, se presenta el proyecto de renovación con un plazo de la deuda a 5 años plazo, sin embargo como se mencionó anteriormente este dato puede inducir a pensar que el momento de renovación más adecuado es el año 3; al hacer el ajuste de prepago del préstamo se puede observar que el VAN del año 3 (momento de renovación seleccionado en este escenario) es afectado drásticamente en el análisis 2.

Tabla 4.6 Análisis comparativo del VAN según las condiciones del préstamo

Análisis 1		Análisis 2	
VAN c	€	VAN c	€
VAN 1	903.159,59	VAN 1	903.159,59
VAN 2	1.980.069,81	VAN 2	1.980.069,81
VAN 3	2.248.488,32	VAN 3	1.235.683,77
VAN 4	2.043.720,33	VAN 4	
VAN 5	1.647.934,34	VAN 5	
VAN 6	1.511.853,02	VAN 6	

Fuente: Elaboración Propia

Por esta razón se concluye que el momento adecuado de renovación se ve afectado por las condiciones del préstamo. Es importante señalar que debido al efecto que tiene el apalancamiento en los flujos, la tasa de indiferencia encontrada anteriormente pasa de un 14%, a valores superiores al 100%; por lo que la tasa deja de ser un factor que determine el momento de renovación.

Sin embargo, como se mencionó anteriormente debido a la características de los flujos y que existen años con flujos negativos, la decisión de renovación debe apoyarse en criterios de rentabilidad.

En el siguiente cuadro se resumen los análisis de los escenarios de renovación según el plazo de financiamiento para la variedad LAICA 03-805.

Tabla 4.7 Análisis comparativo del VAN según el momento de renovación y condiciones del préstamo para la LAICA 03-805.

Escenarios				Flujo de Efectivo Rendimientos sobre Ventas						
Renovación	Préstamo	Prepago	VAN	0	1	2	3	4	5	
1	Reno año 3	5 años	Prepago año 3	1.235.683,77	0,00	149.889,58 7,51%	537.002,04 20,07%	-106.913,79 -4,14%		
2	Reno año 4	5 años	Prepago año 4	1.681.564,95	0,00	149.889,58 7,51%	537.002,04 20,07%	485.662,59 18,78%	-107.672,45 -5,17%	
3	Reno año 4	4 años	-	1.630.669,70	0,00	81.339,14 4,07%	468.451,60 17,51%	417.112,15 16,13%	130.938,26 6,28%	
4	Reno año 4	3 años	-	1.545.539,30	0,00	-33.322,36 -1,67%	353.790,09 13,22%	302.450,65 11,70%	530.052,61 25,44%	
5	Reno año 5	5 años	-	1.647.934,34	0,00	149.889,58 7,51%	537.002,04 20,07%	485.662,59 18,78%	199.488,70 9,58%	-117.902,18 -7,72%
6	Reno año 5	4 años	-	1.580.476,62	0,00	81.339,14 4,07%	468.451,60 17,51%	417.112,15 16,13%	130.938,26 6,28%	212.661,73 13,93%
7	Reno año 5	3 años	-	1.543.122,61	0,00	-33.322,36 -1,67%	353.790,09 13,22%	302.450,65 11,70%	530.052,61 25,44%	253.708,81 15,87%

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar en el cuadro anterior, el VAN cíclico máximo se obtiene en la opción 2, que implica una renovación al cuarto año y un préstamo a 5 años.

Como se mencionó anteriormente la decisión de renovación se ve influenciada por el efecto que tiene la carga financiera en los flujos descontados de cada año. Si comparamos los escenarios con igual plazo de financiamiento como lo son las opciones 3 y 6, ambos con plazos de financiamiento de 4 años, el VAN máximo se presenta bajo un esquema de renovación de 4 años; con niveles de rentabilidad promedio de un 10,65% y 11,60% respectivamente.

Sin embargo es importante señalar que la opción de renovación 2 presenta un flujo negativo en el cuarto año y un nivel de rentabilidad promedio de 10,10% en comparación de la opción 3 que presenta niveles de rentabilidad promedio de un 11,60 % con un menor VAN; pero siempre bajo un esquema de renovación de 4 años.

El análisis para determinar cuál es el mejor plan de financiamiento está fuera de los alcances de la tesis, por lo cual no se profundizó más en el análisis.

Al analizar los flujos de la variedad LAICA 04-825²⁸, vemos que el momento óptimo se alcanza en la opción 2 de renovación, lo cual implica renovar al cuarto año y un préstamo de 5 años. De la misma manera al comparar opciones de renovación con las mismas condiciones de financiamiento, la opción de renovación se mantiene en el cuarto año.

Al igual que en el análisis anterior, la opción de renovación número 2 presenta un flujo negativo en el último año y una rentabilidad inferior que la opción de renovación número 3.

²⁸ Ver Apéndice 22

Para el caso de la variedad Q-96²⁹, igual que las demás variedades, el VAN máximo se alcanza con ciclo de renovación de 4 años y un período de financiamiento de 5 años. Sin embargo las opciones de renovación a 4 años y 5 años con un préstamo de igual duración, presentan flujos negativos al cuarto año; sólo cuando el período de financiamiento es igual o menor a 3 años se obtienen flujos positivos en todos los años y con niveles de rentabilidad superiores al 13%.

Ahora como parte de análisis, se determinó que rendimientos proyectados para el año 4 y 5 hacen que la decisión cambie del cuarto al quinto año en los escenarios 2, 3 y 4. Este análisis se llevó a cabo determinando primero qué rendimiento es necesario obtener en el quinto año para obtener una rentabilidad mínima de un 13% sobre ventas con base en una disminución del 20% con respecto al cuarto año.

A partir de la fórmula de punto de equilibrio, se derivó la ecuación 4.2 que permite incluir el nivel de rentabilidad deseada y el rendimiento en el cuarto año necesarios para obtener una rentabilidad exigida en el quinto año. La solución de ésta ecuación se determinó por medio del complemento de Excel "Buscar Valor", el cual le permite realizar iteraciones numéricas hasta que se satisfaga la ecuación.

$$\frac{C.F.T}{(P_AZ \times AZ \times 1.000 \times 0.80) + (P_M \times M \times 1.000 \times 0.8) - (RV \times AZ \times 1.000 \times P_AZ)} = T \quad \text{(Ecuación 4.3.1)}$$

Donde:

C.F.T: Costos Fijos Totales

P_AZ: Precio por kilogramo de azúcar.

AZ: Rendimiento de azúcar industrial (%).

P_M: Precio por kilogramo de miel.

M: Rendimiento de azúcar miel (%).

²⁹ Ver Apéndice 23

RV: Rendimiento sobre ventas.

T: Toneladas de caña por hectárea.

Este punto se logra con un rendimiento de 62 t/ha para el año 5. Sin embargo, la decisión de renovación se mantiene en año 4. Esta situación también se mantiene en el resto de las variedades.

Tomando en cuenta estos resultados descritos anteriormente, se prosiguió a determinar qué niveles de productividad hacen que el escenario 2, 3 y 4 cambien, y sea mejor renovar al año 5 para la variedad LAICA 03-805. Tanto para el escenario 2 como para el escenario 3, se determinó que es necesario obtener rendimientos superiores a 68 t/ha, lo cual implicaría un rendimiento de 85 t/ha en el año 4 con una disminución en la productividad del 20%; para el escenario 4 es necesario un rendimiento de 67 t/ha.

Es importante recalcar que en escenario 2 aun se alcancen estos niveles de productividad, se sigue obteniendo un flujo negativo en el cuarto año.

Para el caso de la variedad LAICA 04-805 se determinó que para el escenario 2 y 3 es necesario un rendimiento de 67 t/ha en el año 5 para que la decisión de renovación cambie; esto implica un rendimiento de 84 t/ha para el año 4 asumiendo una pérdida de productividad del 20%. En el caso de la opción de renovación 4, es necesario un rendimiento 64 t/ha en el año 5, lo que implica un rendimiento de 80 t/ha asumiendo de igual manera una disminución del 20% con respecto al año anterior.

Por último para la variedad Q-96, se determinó que para el escenario 2 y 3 es necesario un rendimiento de 75 t/ha lo que implica un rendimiento de 92,5 t/ha para el año 4 asumiendo una pérdida de productividad del 20%; sin embargo un rendimiento tan elevado para el cuarto año es irreal para ésta variedad, debido a que este rendimiento esta fuera de los límites establecidos para la distribución de probabilidad³⁰ de dicha variedad. Estos límites fueron definidos según criterio de experto por el Ing. Oldemar Navarro de CoopeAgri y el Ing Julio Barrantes de LAICA.

Para la opción 4, la decisión se mantiene independientemente de los rendimientos obtenidos en el quinto año.

³⁰ Las distribuciones de probabilidad de los rendimientos por año se amplían en el apartado 5.1.2

CAPITULO V. SIMULACIÓN DE MONTE CARLO DEL VALOR ACTUAL NETO DE CÍCLICO DE LOS DISTINTOS MOMENTOS DE RENOVACIÓN EN EL TIEMPO.

Una vez analizados los distintos momentos de renovación, bajo los diferentes esquemas de financiamiento, es necesario determinar cuáles variables afectan más al VAN cíclico del escenario base es decir, una renovación a cinco años plazo sin financiamiento, con el fin de ajustar a cada una de ellas una distribución de probabilidad.

El análisis de sensibilidad se llevó a cabo con la ayuda del completo de la hoja de cálculo de Excel *CrystalBall*. En el siguiente apartado se muestran los resultados del análisis de sensibilidad para la variedad LAICA 03-805; en el apéndice 24 y 25 se puede observar los resultados para las variedades Q 96 y LAICA, 04-825.

5.1.1 Análisis de Sensibilidad para valor actual neto para la variedad LAICA 03-805

El análisis de sensibilidad captura los impactos estadísticos de cada variable sobre el modelo a evaluar. Es decir, la herramienta impacta de manera automática cada variable presente en el modelo que se ha especificado y captura las fluctuaciones sobre el modelo final del pronóstico; y organiza las perturbaciones categorizadas en orden de importancia.

En la siguiente tabla se organizaron las 10 variables de entrada del modelo que tienen el impacto más grande sobre los resultados. Se realizaron variaciones $\pm 20\%$ del caso base (escenario de entrada) y se comparó su efecto con el caso base.

Tabla 5.1 Análisis de sensibilidad para el escenario base
Variedad LAICA 03-805

Variable	Resultado Inferior	Resultado Superior	Rango	Variables de entrada		
				Extremo Inferior	Extremo superior	Valor Caso Base
Precio_de_azucar	-1.466.646,65	7.853.748,98	9.320.395,64	147,52	221,28	181,10
Rendimiento_Azucar	2.059.809,06	4.327.293,27	2.267.484,21	0,10	0,14	0,12
Costo_de_Mantenimiento	2.079.193,24	4.307.909,09	2.228.715,85	620.688,00	413.792,00	517.240,00
Ren_año_2	2.314.335,08	4.072.767,25	1.758.432,17	89,72	134,58	112,15
Tasa_de_descuento_KØ1	2.504.886,12	4.222.654,59	1.717.768,47	0,11	0,07	0,09
Transpote_t	2.371.227,11	4.015.875,22	1.644.648,10	4.685,57	3.123,71	3.904,64
Ren_año_3	2.416.109,27	3.970.993,06	1.554.883,79	86,70	130,05	108,37
Ren_año_1	2.476.649,32	3.910.453,01	1.433.803,69	66,94	100,41	83,68
Cosecha_t	2.477.547,66	3.909.554,66	1.432.007,00	4.079,76	2.719,84	3.399,80
Otros_t	2.570.709,23	3.816.393,10	1.245.683,88	3.548,93	2.365,95	2.957,44
Ren_año_4	2.620.317,01	3.766.785,32	1.146.468,32	6986,00%	10479,00%	8732,50%

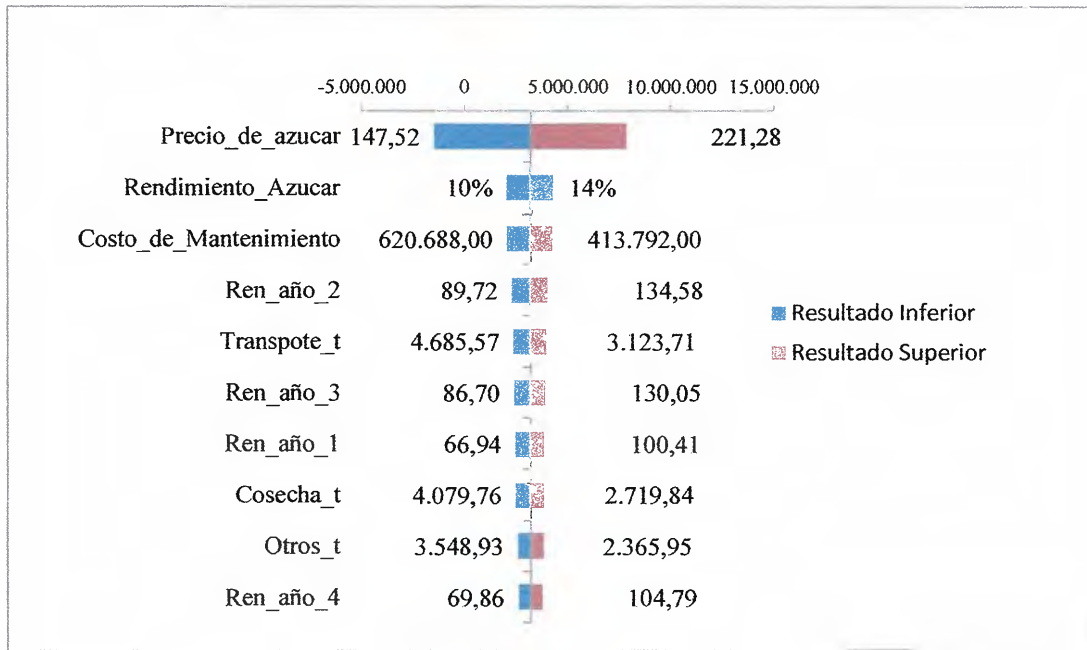
Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar en la tabla 5.1, las variables que más afectan el VAN son:

- El precio de azúcar (real).
- Rendimiento de azúcar por hectárea.
- Costo de mantenimiento del cultivo.
- Rendimiento del año 2 (t/ha).

Sin embargo en el presente modelo se consideró como constante los costos de mantenimiento así como los gastos administrativos, ya que como lo indica el Ing. Oldemar Navarro estos no varían significativamente de acuerdo a lo proyectado. Además se consideró como variables críticas la tasa de descuento y el rendimiento en toneladas por hectárea para cada año, el precio y rendimiento de miel.

Gráfico 5.1 Análisis de sensibilidad para el escenario base
Variedad LAICA 03-805



Fuente: Elaboración Propia

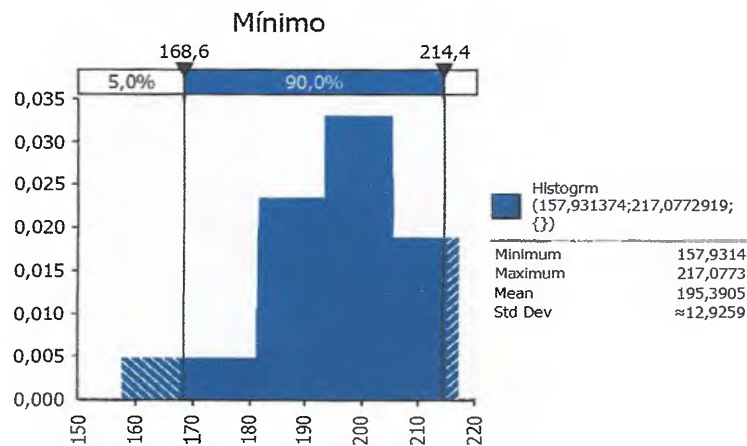
5.1.2 Ajuste de distribución de probabilidades

Una vez estudiadas las variables críticas, es decir las variables que tienen mayor incidencia en el VAN, se prosiguió a ajustar su respectiva distribución de probabilidad.

A continuación se presenta las distribuciones para cada variable; para el ajuste de la distribución se siguió el criterio de Kolmogorov-Smirnov³¹.

³¹ Este se considera como el criterio más robusto para ajustar una distribución de probabilidad tal como lo señala el Msc. Víctor Esquivel Méndez. Profesor y coordinador de la cátedra de simulación de la escuela de Ing. Industrial, UCR.

5.1 Distribución de probabilidad para el precio real por kilogramo de azúcar

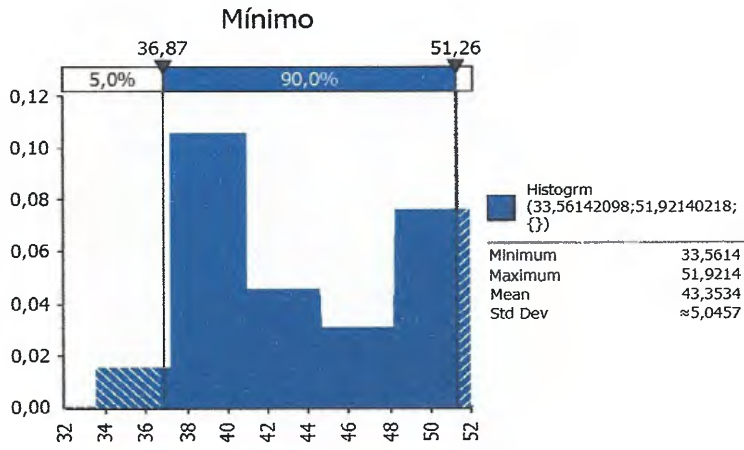


Fuente: Elaboración Propia

Para el ajuste de probabilidad del precio final por kilogramo de azúcar pagado al productor en términos reales, se utilizó una distribución empírica o *Step* con base al histograma construido para los últimos 18 períodos (1994-2012). Para deflactar y actualizarlos precios, tomando como año base el 2012, se utilizó el IPC correspondiente a octubre de cada año posterior a la zafra, ya es en el 31 de ese mes que se publica en la Gaceta el precio a pagar.

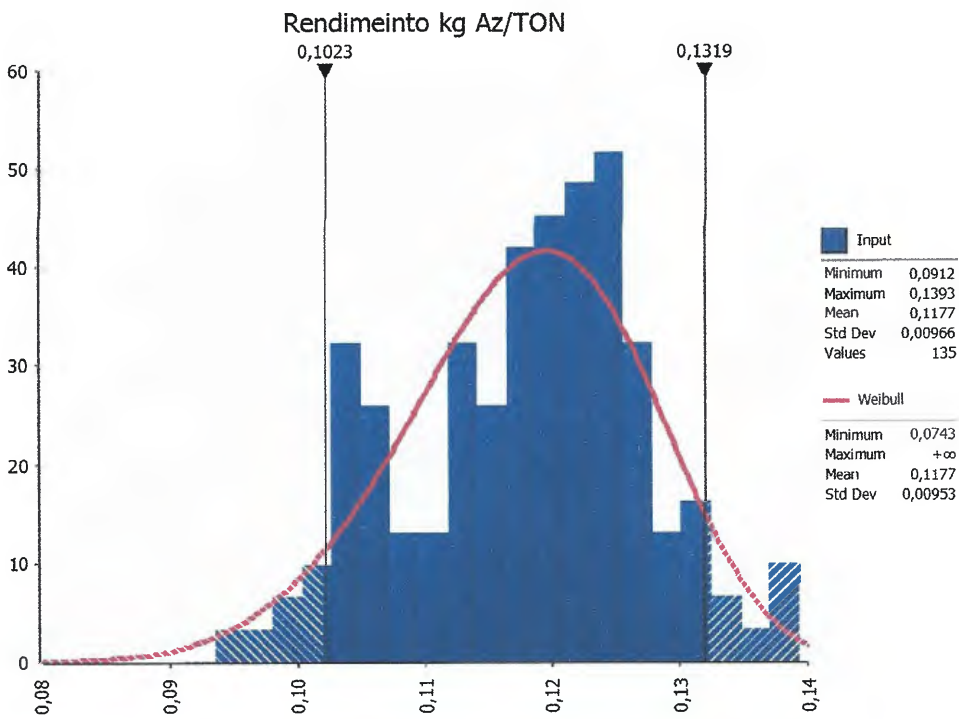
La misma metodología se siguió para el precio por kilogramo de miel. Los datos se pueden observar en el apéndice 3 y 4.

Figura 5.2 Distribución de probabilidad para el precio real por kilogramo de miel



Fuente: Elaboración Propia

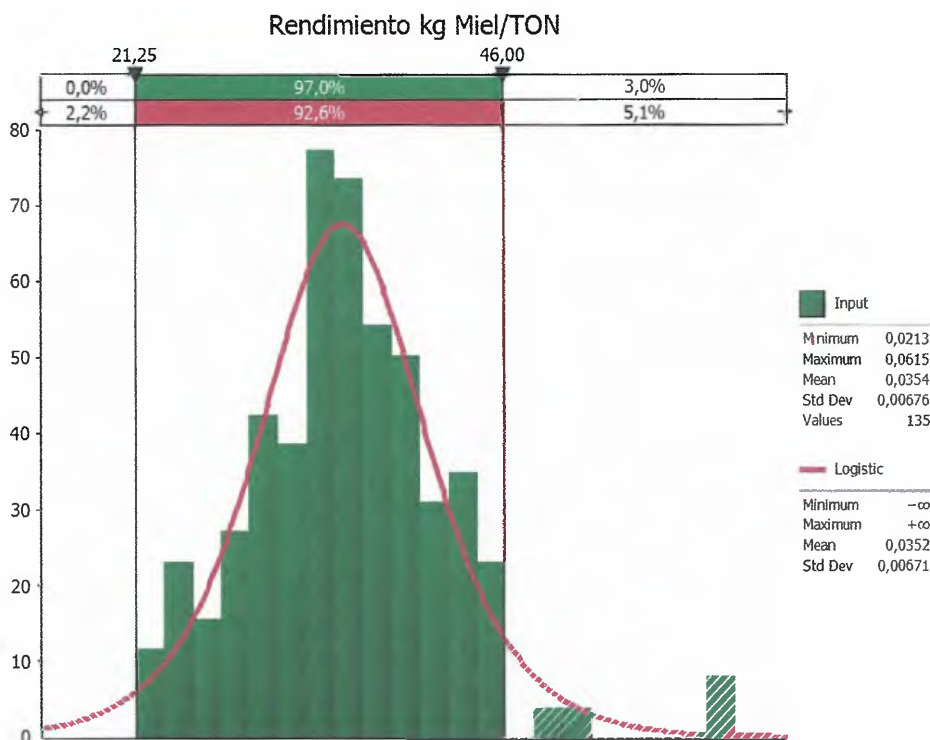
Figura 5.3 Distribución de probabilidad para el rendimiento azúcar por tonelada de caña



Fuente: Elaboración Propia

La variable Rendimiento_Azúcar se ajustó por medio de una distribución de Weibull; para el caso de Rendimiento_Miel se ajustó por medio de una distribución Logística. Para ambas variables se utilizaron los rendimientos históricos a nivel industrial de todas las fincas para el período 2007-2012; lo cual corresponde a 135 observaciones.

Figura 5.4 Distribución de probabilidad para rendimiento de miel por tonelada de caña



Fuente: Elaboración Propia

Par el caso del rendimiento de caña por hectárea y año de corta, se prosiguió a ajustar una distribución triangular, definida según criterio de experto y según los rendimientos proyectados previamente calculados en el apartado 2.1. Esto debido a que los rendimientos de las fincas de la cooperativa no son medidos según variedad ni año de corta, sino por fincas; las cuales tienen mezcladas diferentes variedades y edad.

Como se mencionó anteriormente, uno de los supuestos del modelo determinístico es que el mismo no contempla las afectaciones del clima y otros, sin embargo al utilizar una distribución triangular se asume tanto un mínimo (peor escenario), más probable (escenario promedio) y un máximo (mejor escenario); lo cual implícitamente está considerando dichos efectos ajustados a criterio de experto.

Para determinar el promedio de cada una de las distribuciones de probabilidad, se tomó como referencias los valores promedio proyectados por cada una de las curvas estimadas en la sección 2.1; es decir el valor promedio de la distribución de probabilidad se debe aproximar lo más posible al valor promedio de la curva. Para lograr esto, se determinaron los valores máximos y mínimos en los que puede estar el valor de la moda en la distribución de probabilidad, ya que los valores mínimos y máximos fueron definidos a criterio de experto.

Tabla 5.2 Parámetros para las distribuciones de probabilidad para los rendimientos según Variedad y año

	Parámetros						Límites	
	Mín	Moda	Max	F(x)	Promedio	LI	LS	
	LAIICA 03-825							
Año 1	70	81,5	100	83,68	83,8333	80,00	90,0	
Año 2	88	114,7	128	112,15	110,2333	101,33	114,7	
Año 3	88	111	125	108,36	108,0000	100,33	112,7	
Año 4	70	90	102	87,31	87,3333	80,67	91,3	
Año 5	54	62	78	63,95	64,6667	62,00	70,0	
Año 6	45	52	64	53,28	53,6667	51,33	57,7	
LAIICA 04-805								
Parámetros								
Límites								
	Mín	Moda	Max	F(x)	Promedio	LI	LS	
Año 1	70	85	100	84,93	85,0000	80,00	90,0	
Año 2	85	113	127	109,01	108,3333	99,00	113,0	
Año 3	85	103	127	104,93	105,0000	99,00	113,0	
Año 4	68	87	102	85,63	85,6667	79,33	90,7	
Año 5	54	62	78	64,03	64,6667	62,00	70,0	
Año 6	45	51	64	53,10	53,3333	51,33	57,7	
Q-96								
Parámetros								
Límites								
	Mín	Moda	Max	F(x)	Promedio	LI	LS	
Año 1	90	101	118	102,96	103,0000	99,33	108,7	
Año 2	90	120	135	116,32	115,0000	105,00	120,0	
Año 3	75	95,5	107	92,47	92,5000	85,67	96,3	
Año 4	60	69,5	88	72,54	72,5000	69,33	78,7	
Año 5	50	63	80	64,80	64,3333	60,00	70,0	
Año 6	40	46	60	44,65	48,6667	46,67	53,3	

Fuente: Elaboración propia

Figura 5.5 Distribución de probabilidad triangular para el rendimiento del año 1
LAICA 03-805

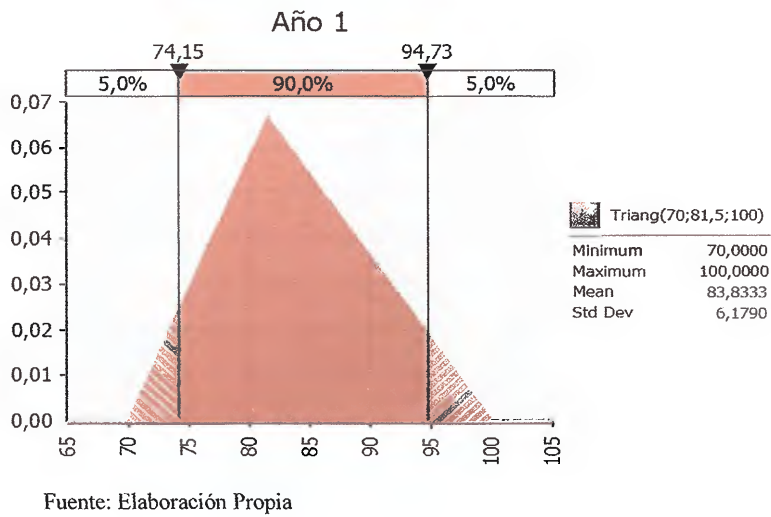


Figura 5.6 Distribución de probabilidad triangular para el rendimiento del año 2
LAICA 03-805

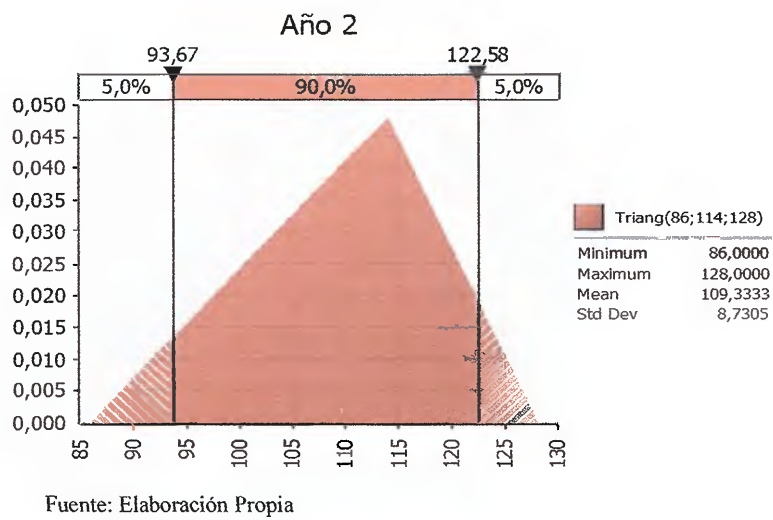
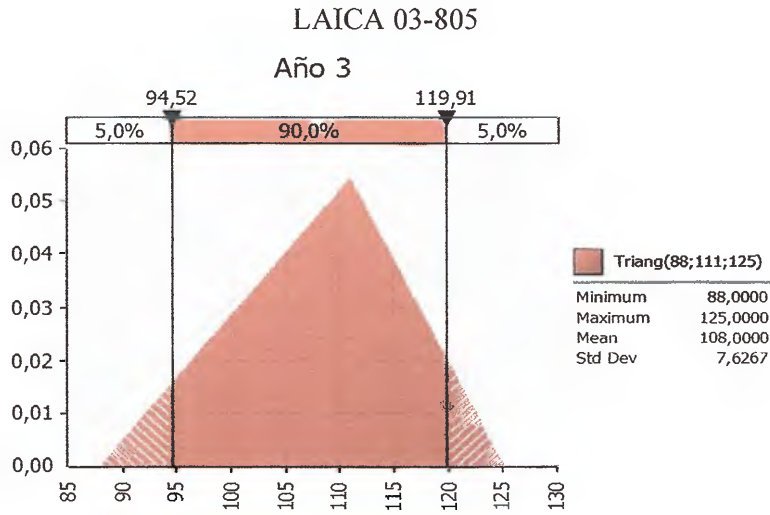
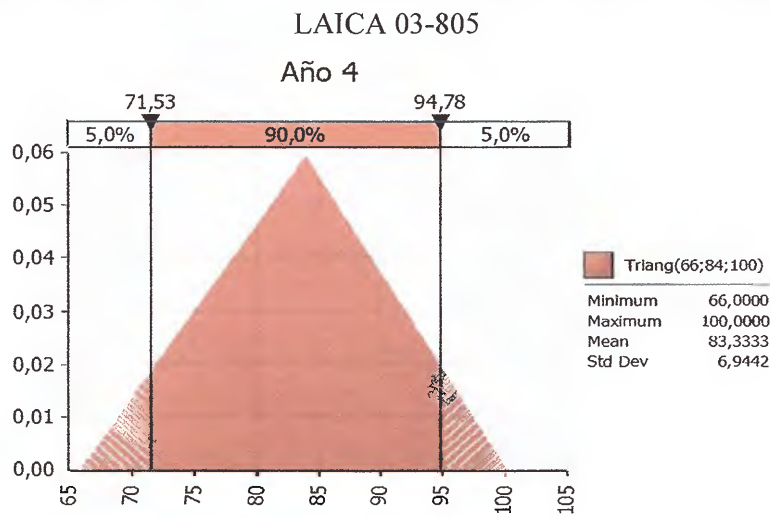


Figura 5.7 Distribución de probabilidad triangular para el rendimiento del año 3



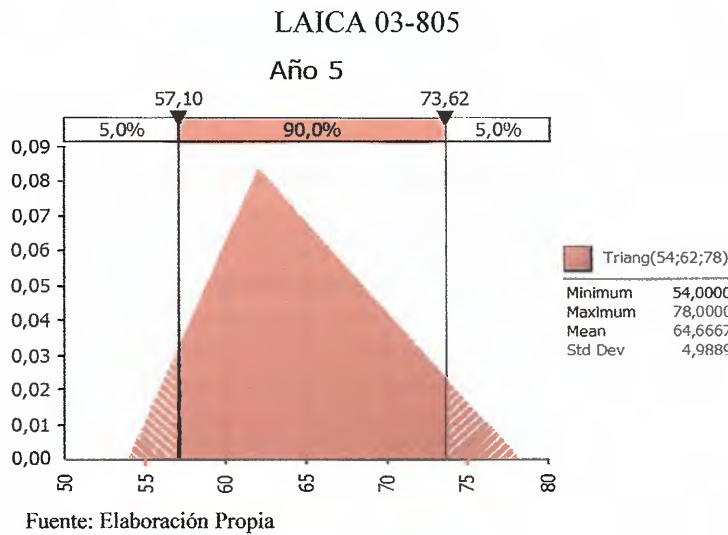
Fuente: Elaboración Propia

Figura 5.8 Distribución de probabilidad triangular para el rendimiento del año 4



Fuente: Elaboración Propia

Figura 5.9 Distribución de probabilidad triangular para el rendimiento del año 5



5.1.3 Análisis de riesgo

Una definidas las distribuciones de probabilidades de cada una de las variables críticas, se prosiguió a definir la tasa de descuento para la simulación. Tal como lo menciona Ketelhöhn et al (2004), se debe descontar a una tasa libre de riesgo para evitar una doble contabilización del riesgo.

Como tasa libre de riesgo³², se utilizó la Tasa Básica Pasiva mensual de los últimos 13 años reportada por el Banco Central. Debido a que dicha tasa se reporta en términos nominales, se prosiguió a deflactarla por medio de la inflación anual medida por el cambio en el IPC de los meses punta a punta; es decir, para el mes de Enero del año 2000 se utilizó el cambio en el IPC del mes de Febrero del año 2000 con respecto al IPC de Enero del año 2001, con lo cual se obtiene una inflación del 8,3% para los 12 meses posteriores a la tasa a deflactar.

³² Ver Díaz, Rosales y WingChing (2009). Factibilidad del establecimiento de un sistema de producción de engorde de búfalos en pastoreo. *Agronomía Costarricense* 33(2):183-191.

Para el año 2012 se utilizó una inflación proyectada del 5%, según lo establecido en el Plan Macroeconómico para el periodo 2012-2013. Los resultados de este cálculo se pueden observar en el anexo 4.

Los rendimientos negativos del mercado no fueron tomados dentro de la serie, ya que la TBP se utilizó para descontar los flujos del análisis de renovación; por lo cual, los meses no tomados en cuenta dentro de la serie corresponden a los meses de Febrero del 2007 a Junio de 2008.

Una vez estimados los valores de la TBP, se calculó el promedio geométrico de la serie mencionada anteriormente como tasa de descuento utilizada en análisis de riesgo; con un valor de 4,56%.

El siguiente paso dentro del análisis de riesgo es determinar el número de corridas a realizar, se realizaron 1.000 simulaciones piloto de cada escenario para calcular la desviación estándar, el error de muestreo fue definido según criterio de experto³³ con un valor de 3 toneladas de caña por hectárea; lo cual equivale a cometer un error de \pm ₡ 93.787,20 utilizando un rendimiento de un 12% y valor de 195,39 colones por kilo de azúcar.

Se tomó como referencia un valor de 195,39 colones por kilo de azúcar (ver figura 5.1), por ser el valor promedio dentro de la distribución de probabilidad del precio por kilo de azúcar, y ser congruentes con el análisis probabilístico.

En la tabla 5.3 se muestra los resultados obtenidos de la simulación piloto para la variedad LAICA 03-805 y el número de simulaciones para cada escenario.

³³ Consulta con Ing. Oldemar Navarro e Ing. Julio Aguilar. Marzo 2013

Tabla 5.3 Simulación piloto para la variedad LAICA 03-805

Opción	σ	Error	Simulaciones
LAICA 03 O1	3.985.772	93.787	6.938
LAICA 03 O2	3.640.004	93.787	5.787
LAICA 03 O3	3.748.176	93.787	6.136
LAICA 03 O4	3.616.591	93.787	5.712
LAICA 03 O5	3.400.409	93.787	5.050
LAICA 03 O6	3.415.524	93.787	5.095
LAICA 03 O7	3.393.348	93.787	5.029

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5.4 Resultados de las simulaciones según opción de renovación para la variedad LAICA 03-805

Estadística	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4	Opción 5	Opción 6	Opción 7
Mínimo	(6.497.417)	(5.363.312)	(4.078.936)	(5.203.721)	(4.675.191)	(4.288.848)	(3.692.921)
Máximo	19.231.520	17.578.330	18.429.040	18.502.530	17.613.290	17.876.730	17.547.510
Media	7.435.327	7.717.064	7.778.465	7.869.957	7.439.019	7.516.234	7.592.299
Desviación estándar	4.096.769	3.663.983	3.680.226	3.706.880	3.405.954	3.440.855	3.434.400
Curtosis	2,99	3,00	3,08	3,06	3,08	3,09	3,06
Mode	6.646.078	9.381.349	7.189.866	7.648.557	6.209.720	6.939.688	9.064.320
Iteraciones	7.408	6.076	6.043	5.878	5.016	5.250	5.011
P(U) VAN<0	5,4%	3,5%	3,4%	3,3%	3,1%	3,2%	3,0%
5% Perc	-142.026	867.440	876.313	917.535	1.029.062	990.390	1.007.740
10% Perc	2.005.529	2.926.427	2.919.287	2.978.323	2.993.126	3.048.220	3.042.644
15% Perc	3.281.831	4.042.729	4.107.125	4.137.009	4.077.567	4.156.306	4.161.696
20% Perc	4.196.212	4.820.224	4.880.618	5.008.482	4.727.803	4.869.106	4.905.105
25% Perc	4.931.780	5.458.366	5.526.320	5.637.963	5.333.077	5.442.812	5.564.745
30% Perc	5.526.391	5.981.308	6.094.246	6.175.145	5.891.314	5.939.837	6.054.191
35% Perc	6.067.786	6.498.647	6.609.234	6.675.011	6.336.432	6.403.972	6.549.539
40% Perc	6.603.138	6.947.691	7.155.290	7.165.664	6.789.242	6.829.502	6.967.770
45% Perc	7.127.177	7.490.604	7.584.444	7.615.098	7.232.976	7.258.723	7.377.949
50% Perc	7.637.137	7.951.726	8.042.537	8.036.215	7.645.205	7.699.022	7.811.834
55% Perc	8.150.221	8.371.648	8.492.293	8.545.507	8.078.589	8.168.028	8.235.754
60% Perc	8.670.655	8.841.078	8.970.602	9.012.871	8.511.943	8.577.573	8.688.573
65% Perc	9.204.502	9.349.529	9.395.617	9.484.072	8.945.803	9.085.353	9.099.637
70% Perc	9.772.771	9.801.973	9.875.937	9.971.516	9.409.680	9.524.411	9.536.569
75% Perc	10.362.750	10.328.590	10.378.670	10.455.120	9.862.965	9.967.905	9.995.924
80% Perc	10.936.820	10.848.940	10.882.940	10.968.130	10.372.500	10.458.580	10.508.090
85% Perc	11.627.460	11.501.210	11.439.800	11.618.840	10.936.120	11.023.690	11.070.490
90% Perc	12.475.460	12.282.490	12.195.110	12.426.970	11.603.070	11.743.500	11.828.270
95% Perc	13.770.090	13.307.490	13.346.050	13.719.310	12.537.920	12.693.830	12.778.840

Fuente: Elaboración Propia

Una vez realizadas las iteraciones según el tamaño de la muestra, se determinó la probabilidad de retorno negativo para cada una de las opciones de renovación (fila sombreada). Como se puede observar, todas las opciones de renovación tienen una probabilidad de retorno negativo inferior al 3,5%; todas excepto la opción 1 con una probabilidad de retorno negativo de 6,8%.

Como parte del análisis, para cada opción de renovación de la variedad LAICA 03-805, se calculó el VAN cíclico promedio; en donde se puede observar que se mantiene como mejor opción la renovación al cuarto año (opciones 2- 4). Además se puede observar que sólo en los percentiles 5-15 existe la probabilidad de que el resultado de obtener un VAN superior en el año 5 (opciones 2- 4).

Es importante aclarar que los valores que se muestran en la tabla 5.4, se simularon a una tasa libre de riesgo, lo que hacen sus valores sean mayores a los calculados en el modelo determinístico.

Como parte final de la simulación se realizó un análisis exploratorio de las probabilidades de los rendimientos de año 4 y 5 con el fin de establecer parámetros de análisis de renovación entre el año 4 y 5. Se recalca que los resultados de este análisis son exploratorios debido a que al momento de la presente investigación no se contaba con suficiente información para determinar correlaciones entre los rendimientos de un año a otro, así como una distribución de probabilidad que no fuera ajustada a criterio de experto como es la distribución triangular.

Tal como se señaló en la sección 4.3 la variedad LAICA 03-805, en las opciones de renovación 2 y 3, es necesario rendimientos superiores a las 68 t/ha para que la decisión cambie al año 5 y de 67 t/ha en la opción 4; asumiendo una caída en rendimiento con respecto al año anterior de un 20%. Para este caso en particular implicaría un rendimiento de 83,75 t/ha para el año 4.

Ahora bien, si los rendimientos disminuyen a una tasa del 26% del año 4 a 5, la decisión de renovación se mantiene solo para rendimientos superiores a las 93,24 t/ha para el año 4; lo que implicaría un rendimiento para el quinto año de 69 t/ha.

Por último, para la variedad LAICA 04-805, es necesario obtener rendimientos iguales o superiores a las 94,59 t/ha para el año 4; lo que implicaría un rendimiento para el quinto año de 70 t/ha. En el caso de la opción de renovación 4, es necesario un rendimiento 67 t/ha en el año 5, lo que implica un rendimiento de 90,54 t/ha asumiendo de igual manera una disminución del 26% con respecto al año anterior.

Para determinar las probabilidades asociadas a los rendimientos analizados anteriormente y así obtener un parámetro de decisión, se realizó corrida piloto de 10.000 iteraciones para los rendimientos del año 4 v 5 de cada variedad. En la tabla 5.5 se presentan los resultados exploratorios de la simulación.

Variedad	Año	Rendimiento (t/ha)	$P(Y) > X$	Tasa de Renovación
LAICA 03-825	4	85	65%	20%
	5	67	31%	
	4	93	21%	26%
	5	69	21%	
LAICA 04-805	4	67	61%	20%
	5	84	31%	
	4	94	14%	26%
	5	70	16%	

Fuente: Elaboración Propia

En la columna número 3, se puede observar el rendimiento esperado para los años 4 y 5 dada una tasa de disminución (columna 5). En la columna 4 se ve la probabilidad de que los rendimientos sean mayores o igual a los rendimientos expresados en la columna 3.

La tasa de disminución del 26%, es la tasa máxima que uno esperaría que el cultivo disminuyera de un año a otro en condiciones normales, tal como lo expresa el Ing. Julio Barrantes Mora.

CONCLUSIONES

- Por medio de una regresión múltiple se logró estimar la curva de producción para cada una de las variedades estudiadas, para la cual se determinó como tasa de cambio en la productividad de un año a otro un 20%. Este valor permitió obtener tanto valores reales proyectados para cada uno de los años, así como ajustes estadísticamente significativos para la estimación de dichas curvas.
- Se comparó tanto la metodología del CAPM como el modelo de Gordon para determinar la tasa de descuento de un proyecto de renovación de caña de azúcar. La primera metodología permite incorporar el riesgo mercado en la tasa de descuento del proyecto asumiendo un portafolio diversificado de inversión, siendo esto un supuesto válido para la cooperativa.
- El modelo de Gordon ajustado permite determinar la tasa de descuento tomando en cuenta la información contable de la misma, sin embargo no presenta fundamentos teóricos tan fuertes como el CAPM; por lo que se considera que el CAPM es el más adecuado para determinar la tasa de descuento de un proyecto de renovación.
- Bajo un modelo de renovación determinístico se determinó que el mejor momento de renovación para cada una de las variedades es el cuarto año, con lo que se comprueba desde el punto de vista económico, la práctica realizada por la cooperativa. Sin embargo esta decisión puede verse afectada por incrementos en la tasa de descuento o altos rendimientos proyectos para el año 5, afectando la decisión de renovación del cuarto al quinto año.

- Mediante Simulación Monte Carlo se determinó la probabilidad de retorno negativo asociada a cada una de las opciones de renovación para cada variedad. Para las opciones de renovación de 4 y 5 años para todas las variedades, la probabilidad de retorno fue menor al 4%; siendo este un nivel de riesgo bajo para los proyectos de renovación de la cooperativa.
- Se concluye por medio de la Simulación Monte Carlo que el momento de renovación no cambia bajo un modelo de renovación estocástico al ser comparado con el modelo de renovación desterminístico.
- Los parámetros de renovación encontrados permiten reforzar las decisiones de renovación llevadas a cabo por la cooperativa en la actualidad, incrementando así los ingresos y rentabilidad de la misma.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda a la Cooperativa distribuir las fincas según edad y variedad con el fin de contar con mayores y mejores datos para la proyección de la curva y el ajuste de las distribuciones de probabilidades para cada uno de los años.
- Con el fin de mejorar la curva de producción, es necesario contar con datos climáticos de la zona, por lo que se recomienda su recolección de por al menos un periodo de 10 años; esto con el objetivo de medir los efectos del Niño y la Niña en los niveles de productividad de la caña de azúcar.
- Para poder ajustar las distribuciones de probabilidad según el criterio de Kolmogorov-Smirnov, el cual requiere de un mínimo de 60 observaciones, es por esto que es necesario recolectar al menos este número según el año de cosecha y variedad con el fin de obtener significancia estadística en su ajuste.

- El modelo analizado no contempla prácticas de subsolado en el año 4, las cuales permiten incrementar los rendimientos en el año 5; es por esto que es necesario desarrollar la recolección de muestras en las cosechas que contemplen y excluyan esta práctica con el fin de medir su efecto a nivel económico.
- Es necesario desarrollar un modelo de predicción de precios que permita tanto a la cooperativa como a productores tomar mejores decisiones de renovación con base en los rendimientos proyectados y los costos para el quinto año.

BIBLIOGRAFÍA

Libros

Ayyub, B. McCuen, R (2011). Probability Statistics, and Reliability for Engineers and Scientist. CRC Pres. 637p.

Baca, G. (1994). Fundamentos de Ingeniera Económica. McGraw-Hill. 305 p.

Besley, S. Brigham, E. (2001). Fundamentos de AdministracionFinaciera. 12 ed. McGraw-Hill 893p.

Blank, L. Tarquin, A. (2004). Ingeniería Económica. 5 ed. McGraw-Hill. 796p

A, Damodaran (2011). Applied Corporate Finance. 3 ed. Jonh Wiley & Son, Inc 738 p.

Cabeza, M. Torra (2007). El Riesgo en la empresa. Palisade Corporation. 204 p.

Copeland,T. Koller, T. Murrin, J.(2000).Valuation: Measuring and Managing the Value of Companies, 3 ed. John Wiley&Sons. 484p. Ediciones Anteriores: 1990 y 1995.

Dayanta, D. Irons, R. Harrison, S. Herbohn, J. Rowland, P. (2002). Capital Bubgeting. Financial Appraisal of Investmente Projects. Cambridge University Press. 343 p.

DeGarmo, E. Sullivan, W. Bonadelli, J. Wicks, E.(1998).Ingeniería Económica. 10 ed. Prentice Hall. 647 p.

Fabozzi, F. Peterson, P. Habegger, W (2004). *Financial Management and Analysis*. 2 ed. John Wiley & Son, Inc. 1022 p.

Fernández , S. (2010). *Los Proyectos de Inversión: Evaluación Financiera*. 2 ed. Editorial Tecnológica de Costa Rica. 350 p.

Garro, F. Hernández, O. (2009). *Teoría estadística para economistas*. 2 ed. Editorial Universidad de Costa Rica. 302p.

Gitman. L. (2007). *Principios de Administración Financiera*. 11 ed. Pearson Educación. 580p.

Glyn, J. (2004) .*SugarCane*. 2 ed. Blackwell Publishing. 216p.

Infante, A.(1997). *Evaluación Financiera de Proyectos de Inversión*. Grupo Norma. 400p.

Jiménez, F; Espinoza, C; Fonseca, L. (2007). *Ingeniería Económica*. 1. ed. Editorial Tecnológica de Costa Rica. 351 p.

Jorion, P (2001). *Financial Risk Manager HandBook*. John Wiley & Son, Inc. 808 p.

Ketelhöhn , W. Marin, J. Montiel, E. (2004). *Inversiones: Análisis de inversiones Estratégicas*. 2ed. Editorial Norma. 274p.

Lerma, H. (2004). *Metodología de la investigación. Propuesta, Anteproyecto y Proyecto*. 3 ed. Ecoe Ediciones.

Sapag, N (2007). *Proyectos de Inversión, Formulación y Evaluación*. 1 ed. Prince Hall. 486p.

Sapag, N. Sapag, R. (2008). *Evaluacion y Preparacion de Proyectos*. 5 ed. McGraw-Hill .445p.

Subiros, F (1995). *El Cultivo de la Caña de Azúcar*. 1 ed. Editorial Universidad Estatal a Distancia. 411p.

Tarquin, A. Blank (2004). *Ingeniería Económica*. 4 ed. McGraw-Hill. 740p.

Ross, S. Westerfield, R. Jaffe, J (2000). *Finanzas Corporativas*. 5 ed. McGraw-Hill. 1049 p.

Walpole, R. Myers, R. Myers, S. Ye, K (2007) *Probabilidad y Estadística para ingenieros y ciencias* 7 ed. Prentice Hall. 816 p.

Weston, F. Copeland, T. (1994). *Finanzas en Administración*. 8 ed. McGraw-Hill. Vol. 1. 576p.

Weston, F. Copeland, T. (1994). *Finanzas en Administración*. 8 ed. McGraw-Hill. Vol. 2. 514p.

Revistas

Acosta, C. (2011). *Valuation of a Mexican sugar mill and driving value factors*. *Business Intelligence Journal* January, 4(1): 91-106

Beedles, W. Maurice, J (1982). *Compounding risk over time: a note*. *Journal of Business Finance&Accounting*, 9(3): 307-31.

Blume, M. (1974) Unbiased Estimators of Long-Run Expected Rates of Return
Journal of the American Statistical Association, 69 (347): 634-638.

Hertz, D. (1979) Risk Analysis en Capital Investment. Harvard Business Review.
57(5): 169-181.

Hoekstra, G. (1976) Analysis of when to plough out a sugarcane field. Proceedings of
the South African Sugar Technologist's Association. 103-113.

Indro, C. Lee, Wayne (1997) Biases in Arithmetic and Geometric Averages as
Estimates of Long-Run Expected Returns and Risk Premia. Financial Management 26
(4): 81-90.

Keerthipala, A. Dharmawardene. (2000). Determination of Optimal Replanting
Cycles for Sugarcane Production in Sri Lanka. SugarTech. 2(3): 9-19

Perrin, R (1972). Asset ReplamentPrincipls. Asset Replacement Principles. American
Journal of Agricultural Economics. 54(1): 60-67

Tonta, J. Smith, L (1996). Determination of optimum number of ratoons in sugarcane
by the discounted cash flow technique. Proceeding International Society of
SugarCaneTechnologist. 22(2): 8-13.

Robichek, A. Stewart, M (1966). Conceptual problems in the use of risk adjusted
discount rates. The Journal of Finance. 21(1): 727-730.

Ye, S. Tiong (2000). NPV at Risk Method in Infrastructure project Invesment
Evaluation (en linea). Journal of ConstructionEngineering and Managemente
126(3):227-233.

Informes Técnicos y de Investigación

Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales (11,1999, Costa Rica).1999. Nutrición y fertilización de la caña de azúcar en Costa Rica. Cháves, M. San José, Costa Rica. Laica-Dieca. p:46-67.

Congreso Colombiano de la Asociación de técnicos de la Caña de Azúcar (IV, 1997, Cali. Col).1997. Modelo Económico para la renovación de la Plantación de Caña. O. Daza, C. Luna. Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (Cenicaña). pp. 518-534.

Crane, D. Spreen, T. Alavarez, J. Kidder G (1982). An analysis of the stubble replacement decision for Florida sugarcane growers. Gainesville, Agricultural Experiment Station. Institute of Food an Agricultural Science, University of Florida. 74 p.

Internet

Alvarez, J. Abbitt, B (1980). Using Partial Bubgeting in the Sugarcane Stubble Replacement Dicion (en línea). University of Florida. Belle Glade AREC Research Report EV-1980-2. Consultado 3 de marzo de 2012. Disponible en: <http://ufdc.ufl.edu/UF00054020/00001>

Bonilla, A. Maldonado, J (2003). El valor económico de la predicción del fenómeno El Niño Oscilación del Sur (ENOS) en el sector azucarero colombiano. (en línea) Desarrollo y Sociedad no 52. 1-38. Consultado el 5 de mayo de 2012. Disponible en: <http://economia.uniandes.edu.co/publicaciones/d2003-25.pdf>

Damodaran, A (2012). Equity Risk Premiums (ERP): Determinants, Estimation and Implications (En línea). Consultado el 20 de diciembre de 2012. Disponible en:

<http://people.stern.nyu.edu/adamodar/pdfiles/papers/ERP2012.pdf>

Eschenbach, T; Cohen, R. (2006). Which Interest Rate for Evaluating Projects?. (En línea). Consultado el 28 de octubre de 2011. Disponible en: <http://www.highbeam.com/doc/1P3-1160234181.html>

Luerhman, T (1997). What's it worth? A general manager's guide to valuation. Harvard Business Review. Consultado el 28 de Octubre de 2011. Disponible en: http://www.una.edu/faculty/blgordon/630%20Documents/Article-Manager's_Guide_to_Valuation.pdf

Manita, E (1970). Determinación del momento óptimo económico en la renovación de cultivos semi permanentes CASO DE ESTUDIO (en línea). Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 77 p. Consultado el 10 de setiembre de 2011. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A2881E/A2881E.PDF>

Manotas, D. Hernán, H. (2009) Análisis de decisiones de inversión utilizando criterio valor presente neto en riesgo (en línea). Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia no49 199-213. Consultado el 4 de setiembre de 2011. Disponible en <http://jaibana.udea.edu.co/grupos/revista/revistas/nro049/Articulo20.pdf>

Nutrición y Fertilización de la Caña de Azúcar en Costa Rica. Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (En línea). Consultado 8 de noviembre de 2011. Disponible en: <http://www.laica.co.cr/biblioteca/buscar.do?p=1&q=curva+de+absorcion+de+fertilizantes>

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO). Food Outlook: Global Market Analysis. Junio 2011. Consultado el 7 de setiembre de 2011. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/014/a1978e/a1978e00.pdf>

Pederson, G (1998). Cost of Capital for Agricultural Cooperatives. U.S Department of Agriculture (USDA). Rural Business Cooperative Service Research Report 163 (en línea). Consultado el 18 de febrero de 2012. Disponible en: <http://www.rurdev.usda.gov/rbs/pub/rr163.pdf>

Rodriguez, L. Diaz, L (2006). Régimen óptimo para plantaciones de Eucalipto en Brasil: Un Modelo Análisis no determinista. (En línea). Asociación Interciencia. Consultado el 28 de octubre de 2011. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/339/33912107.pdf>

Ryan , P. Gallagher, T (2006) Implied Risk Adjusted Discount Rates. Consultado el 12 de mayo de 2012. Disponible en: <http://www.abe.sju.edu/proc2006/ryan.pdf>

Sanchez, J (2010). La tasa de Descuento en Países Emergentes Aplicación al Caso Colombiano (En línea). Revista Escuela de Administración de Negocios no. 69: 120-135. Consultado el 5 de noviembre de 2012. Disponible en: <http://www.redalyc.org/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=20619966007>

Salassi, M. Breaux, J. (2002). Economically Optimal Crop Cycle Length for Major Sugarcane Varieties in Louisiana (en línea).University of Louisiana LSUAgCenter. ResearchReport. No 111. Consultado el 4 de setiembre de 2011. Disponible en: <http://text.lsuagcenter.com/NR/rdonlyres/5F142DE8-F25E-444B-89F2-F59B10CC31BC/4229/RR111Economically.pdf>

Savvakis, C (1994). Risk Analysis in Investment Appraisal (en línea). Project Appraisal. 9(1): 3-18. Consultado el 26 de enero de 2012. Disponible en: <http://129.3.20.41/eps/fin/papers/0409/0409020.pdf>

Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria (SEPSA). Boletín estadístico Agropecuario 21 (en línea). Consultado el 5 de setiembre de 2011. Disponible en: <http://www.infoagro.go.cr/boletines/021.pdf>

Simposio de Docentes de Finanzas (3, 2004, Bogotá). 2006. Betas Apalancadas y No Apalancadas en Industria Colombiana. Caicedo, E. (En línea). Consultado el 28 de octubre de 2012 en: <http://cashflow88.com/decisiones/articulo.pdf>

Steer, J (2004). Determination of the Economic Optimal Cycle Length for Major Sugarcane (*Saccharum Spp.*) Varieties in Louisiana. (en línea). Tesis Mag. Sc. Luisiana, USA, LSU. 62 p. Consultado el 21 de noviembre de 2011. Disponible en: <http://etd.lsu.edu/docs/available/etd-11162010-121817/unrestricted/SteerThesis.pdf>

Yisa, H. Ingall, L (2007). Exploring Monte Carlo Simulation Applications for Project Management (en línea). Risk Management. 9:44 – 57. Consultado el 5 de mayo de 2012. Disponible en: http://home.gwu.edu/~kwak/Monte_Carlo_Kwak_Ingall.pdf

Comunicaciones personales en línea

Acosta, C. 2012 y 2013. Beta sugar. (correo electrónico). Mexico DF, MX (c.acosta@ibkan.com.mx)

Barrante, J. 2012 y 2013. Productividad de la caña de azúcar en la zona sur. (entrevista). Perez Zeledón, CR. CoopeAgri R.L. (jbarrantes@laica.co.cr)

Berger, A. 2012. Tasa de Riesgo en la agricultura. (correo electrónico). Buenos Aires, Argentina, Univercidad CEMA. (aberger@cema.edu.ar)

Damodaran, A. 2012. Beta sugar. (correo electrónico). NY, USA, NYU Stern School of Business (adamodar@stern.nyu.edu)

Marin, N. 2011. APV y Análisis de riesgo y sensibilidad. (correo electrónico). Alajuela, CR, INCAE. (Nicolas.Marin@incae.edu)

Navarro, O. 2012 y 2013. Analisis de fincas, productividad y variedades usadas en las plantaciones de CoopeAgri R.L. (entrevista). Perez Zeledón, CR. CoopeAgri R.L. (onavarro@coopeagri.co.cr)

ANEXOS

Anexo 1. Riesgo País

Pais	Calificación	Riesgo País	Pais	Calificación	Riesgo País	Pais	Calificación	Riesgo País
Albania	B1	6.00%	Fiji Islands	B1	6.00%	Peru	Baa2	2.63%
Angola	Ba3	4.88%	Finlandia	Aaa	0.00%	Filipinas	Ba1	3.60%
Argentina	B3	9.00%	Francia	Aa1	0.38%	Polonia	A2	1.50%
Armenia	Ba2	4.13%	Georgia	Ba3	4.88%	Portugal	Ba3	4.88%
Australia	Aaa	0.00%	Alemania	Aaa	0.00%	Qatar	Aa2	0.75%
Austria	Aaa	0.00%	Grecia	Caa1	10.50%	Rumania	Baa3	3.00%
Azerbaijan	Baa3	3.00%	Guatemala	Ba1	3.60%	Rusia	Baa1	2.25%
Bahamas	Baa1	2.25%	Honduras	B2	7.50%	Arabia Saudita	Aa3	1.05%
Bahrain	Baa1	2.25%	Hong Kong	Aa1	0.38%	Senegal	B1	6.00%
Bangladesh	Ba3	4.88%	Hungría	Ba1	3.60%	Singapur	Aaa	0.00%
Barbados	Baa3	3.00%	Islandia	Baa3	3.00%	Slovenia	A2	1.50%
Belarus	B3	9.00%	India	Baa3	3.00%	Eslovenia	Baa2	2.63%
Belgium	Aa3	1.05%	Indonesia	Baa3	3.00%	Sur Africa	Baa1	2.25%
Belice	Caa3	15.00%	Irlanda	Ba1	3.60%	España	Baa3	3.00%
Bermuda	Aa2	0.75%	Israel	A1	1.28%	Sri Lanka	B1	6.00%
Bolivia	Ba3	4.88%	Italia	Baa2	2.63%	St. Maarten	Baa1	2.25%
Bosnia y Herzegovina	B3	9.00%	Jamaica	B3	9.00%	Suriname	Ba3	4.88%
Botswana	A2	1.50%	Japón	Aa3	1.05%	Suecia	Aaa	0.00%
Brazil	Baa2	2.63%	Jordan	Ba2	4.13%	Suiza	Aaa	0.00%
Bulgaria	Baa2	2.63%	Kazakhstan	Baa2	2.63%	Taiwan	Aa3	1.05%
Cambodia	B2	7.50%	Kenya	B1	6.00%	Tailandia	Baa1	2.25%
Canada	Aaa	0.00%	Korea	Aa3	1.05%	Trinidad and Tobago	Baa1	2.25%
Cayman Islands	Aa3	1.05%	Kuwait	Aa2	0.75%	Tunisia	Baa3	3.00%
Chile	Aa3	1.05%	Latvia	Baa3	3.00%	Turcia	Ba1	3.60%
China	Aa3	1.05%	Lebanon	B1	6.00%	Ucrania	B3	9.00%
Colombia	Baa3	3.00%	Lithuania	Baa1	2.25%	Emiratos Arabes Unidos	Aa2	0.75%
Costa Rica	Baa3	3.00%	Luxembourg	Aaa	0.00%	Reino Unido	Aaa	0.00%
Croatia	Baa3	3.00%	Macao	Aa3	1.05%	Estados Unidos de Amer	Aaa	0.00%
Cuba	Caa1	10.50%	Malaysia	A3	1.73%	Uruguay	Baa3	3.00%
Chipre	B3	9.00%	Malta	A3	1.73%	Venezuela	B1	6.00%
República Checa	A1	1.28%	Mauritius	Baa1	2.25%	Vietnam	B2	7.50%
Dinamarca	Aaa	0.00%	Mexico	Baa1	2.25%	Zambia	B1	6.00%
Dominican Republic	B1	6.00%	Moldova	B3	9.00%			
Ecuador	Caa1	10.50%	Mongolia	B1	6.00%			
Egipto	B2	7.50%	Montenegro	Ba3	4.88%			
El Salvador	Ba3	4.88%	Morocco	Ba1	3.60%			
Estonia	A1	1.28%	Namibia	Baa3	3.00%			
Holanda	Aaa	0.00%	Oman	A1	1.28%			
Nueva Zelanda	Aaa	0.00%	Pakistan	Caa1	10.50%			
Nicaragua	B3	9.00%	Panama	Baa2	2.63%			
Nigeria	Ba3	4.88%	Papua Nueva	B1	6.00%			
Noruega	Aaa	0.00%	Paraguay	B1	6.00%			

Fuente: <http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/>

Anexo 2. Serie de tiempo de la Tasa Básica Pasiva de Costa Rica a 150 y 210 días.
(Serie mensual)

Periodo	Tasa (Nominal)	IPC	Inflación Esperada	Tasa (Real)	Periodo	Tasa (Nominal)	IPC	Inflación Esperada	Tasa (Real)
Enero-2000	17,50%	50,339			Mayo-2003	16,00%	68,780	11%	4,78%
Febrero-2000	17,50%	51,069	8,3%	8,54%	Junio-2003	15,75%	69,240	11%	4,56%
Marzo-2000	17,25%	51,415	9%	7,80%	Julio-2003	15,50%	69,796	11%	4,06%
Abril-2000	17,25%	51,235	11%	5,62%	Agosto-2003	14,75%	70,086	12%	2,48%
Mayo-2000	17,25%	51,195	12%	4,23%	Septiembre-2003	14,50%	70,177	13%	1,41%
Junio-2000	17,75%	51,887	12%	5,57%	Octubre-2003	14,00%	70,996	12%	1,36%
Julio-2000	17,75%	52,571	11%	6,46%	Noviembre-2003	13,75%	72,004	12%	1,81%
Agosto-2000	18,00%	52,917	11%	6,74%	Diciembre-2003	13,75%	72,908	12%	1,66%
Septiembre-2000	16,25%	53,119	11%	4,72%	Enero-2004	13,50%	74,149	11%	2,04%
Octubre-2000	15,75%	53,454	11%	4,30%	Febrero-2004	13,50%	75,107	12%	1,37%
Noviembre-2000	15,50%	53,897	10%	4,94%	Marzo-2004	13,50%	75,454	13%	0,73%
Diciembre-2000	15,50%	54,527	10%	5,23%	Abril-2004	13,50%	76,143	13%	0,81%
Enero-2001	15,50%	55,285	9%	5,54%	Mayo-2004	13,50%	76,654	13%	0,53%
Febrero-2001	15,25%	55,923	9%	5,35%	Junio-2004	13,75%	77,471	13%	0,44%
Marzo-2001	15,00%	56,878	8%	6,44%	Julio-2004	13,75%	78,476	12%	1,28%
Abril-2001	15,00%	57,592	8%	6,94%	Agosto-2004	14,00%	79,234	13%	1,19%
Mayo-2001	14,75%	57,986	7%	7,25%	Septiembre-2004	14,25%	79,850	13%	0,94%
Junio-2001	14,75%	58,147	7%	6,88%	Octubre-2004	14,25%	80,449	13%	1,52%
Julio-2001	14,75%	58,501	7%	6,85%	Noviembre-2004	14,25%	81,574	12%	1,68%
Agosto-2001	14,75%	58,966	8%	6,14%	Diciembre-2004	14,25%	82,480	13%	1,16%
Septiembre-2001	15,00%	59,325	9%	5,77%	Enero-2005	14,50%	84,097	12%	2,34%
Octubre-2001	15,00%	59,319	9%	5,34%	Febrero-2005	14,75%	85,016	12%	2,48%
Noviembre-2001	15,50%	59,847	9%	6,04%	Marzo-2005	15,00%	85,726	12%	2,65%
Diciembre-2001	16,00%	60,501	9%	6,56%	Abril-2005	15,00%	86,547	11%	3,46%
Enero-2002	16,25%	61,178	8%	7,17%	Mayo-2005	15,75%	87,734	10%	5,11%
Febrero-2002	16,75%	61,452	9%	7,42%	Junio-2005	15,75%	88,135	11%	3,95%
Marzo-2002	16,75%	61,933	9%	7,39%	Julio-2005	15,50%	89,265	11%	4,06%
Abril-2002	17,25%	62,041	9%	7,34%	Agosto-2005	15,50%	90,380	11%	4,39%
Mayo-2002	17,25%	62,430	10%	6,98%	Septiembre-2005	15,25%	90,535	11%	3,43%
Junio-2002	17,25%	62,827	9%	7,10%	Octubre-2005	15,25%	91,660	10%	4,89%
Julio-2002	17,50%	63,749	9%	8,18%	Noviembre-2005	15,25%	93,149	8%	6,39%
Agosto-2002	17,50%	64,504	8%	8,59%	Diciembre-2005	15,25%	94,089	8%	6,39%
Septiembre-2002	17,50%	64,760	8%	8,57%	Enero-2006	15,25%	95,194	8%	6,55%
Octubre-2002	17,50%	65,186	8%	9,14%	Febrero-2006	15,25%	96,037	8%	6,48%
Noviembre-2002	17,50%	65,860	8%	9,00%	Marzo-2006	15,25%	96,198	8%	6,28%
Diciembre-2002	17,50%	66,359	9%	8,29%	Abril-2006	15,25%	96,612	9%	5,98%
Enero-2003	17,50%	66,789	9%	7,64%	Mayo-2006	13,75%	98,143	8%	5,28%
Febrero-2003	17,25%	67,332	10%	6,47%	Junio-2006	13,50%	99,081	8%	4,96%
Marzo-2003	16,75%	67,768	11%	5,34%	Julio-2006	13,75%	100,000	8%	5,57%
Abril-2003	16,75%	68,421	10%	5,87%	Agosto-2006	13,75%	100,877	8%	5,51%

Fuente: Elaboración Propia. Datos Banco Central de Costa Rica.

Periodo	Tasa (Nominal)	IPC	Inflación Esperada	Tasa (Real)	Periodo	Tasa (Nominal)	IPC	Inflación Esperada	Tasa (Real)
Septiembre-2006	13,50%	100,711	9%	4,38%	Enero-2010	8,00%	137,410	4%	3,72%
Octubre-2006	13,25%	100,904	9%	3,69%	Febrero-2010	8,00%	138,354	4%	3,73%
Noviembre-2006	11,25%	101,928	9%	2,31%	Marzo-2010	8,00%	138,690	4%	3,53%
Diciembre-2006	11,25%	102,965	9%	2,08%	Abril-2010	7,75%	138,773	5%	3,09%
Enero-2007	10,75%	103,945	10%	0,90%	Mayo-2010	8,50%	139,489	4%	4,18%
Febrero-2007	9,75%	104,312	10%	-0,38%	Junio-2010	8,25%	139,828	5%	3,50%
Marzo-2007	8,00%	105,066	11%	-2,35%	Julio-2010	8,00%	140,275	5%	3,01%
Abril-2007	7,50%	106,038	10%	-2,29%	Agosto-2010	8,25%	140,557	5%	3,11%
Mayo-2007	7,25%	107,142	10%	-2,33%	Septiembre-2010	7,50%	140,441	5%	2,05%
Junio-2007	7,25%	107,751	11%	-3,61%	Octubre-2010	7,25%	141,106	5%	2,46%
Julio-2007	7,25%	108,752	12%	-4,05%	Noviembre-2010	7,00%	142,032	4%	2,65%
Agosto-2007	7,25%	109,315	13%	-5,40%	Diciembre-2010	8,00%	143,086	4%	4,06%
Septiembre-2007	7,25%	110,208	15%	-6,48%	Enero-2011	7,75%	144,054	4%	3,57%
Octubre-2007	7,00%	110,837	15%	-7,05%	Febrero-2011	7,50%	144,682	4%	3,60%
Noviembre-2007	7,00%	112,213	15%	-6,86%	Marzo-2011	7,50%	145,047	4%	3,57%
Diciembre-2007	7,00%	114,091	14%	-6,45%	Abril-2011	7,00%	145,271	4%	2,84%
Enero-2008	7,25%	114,925	13%	-5,15%	Mayo-2011	7,25%	146,247	4%	3,12%
Febrero-2008	5,50%	116,203	12%	-6,02%	Junio-2011	7,25%	147,065	4%	2,68%
Marzo-2008	5,25%	116,661	12%	-6,28%	Julio-2011	7,25%	147,561	4%	2,86%
Abril-2008	4,25%	117,645	11%	-6,40%	Agosto-2011	7,25%	147,939	4%	3,44%
Mayo-2008	5,00%	119,887	10%	-4,25%	Septiembre-2011	7,75%	147,708	4%	3,21%
Junio-2008	5,50%	121,563	8%	-2,33%	Octubre-2011	8,00%	148,058	4%	3,63%
Julio-2008	7,00%	124,162	6%	1,01%	Noviembre-2011	8,00%	148,502	4%	3,48%
Agosto-2008	8,50%	126,383	5%	3,31%	Diciembre-2011	8,00%	149,862	4%	3,59%
Septiembre-2008	9,25%	127,585	5%	4,33%	Enero-2012	8,75%	150,124	4%	4,20%
Octubre-2008	10,50%	128,908	4%	6,50%	Febrero-2012	9,00%	150,547	5%	3,38%
Noviembre-2008	11,00%	130,501	3%	8,05%	Marzo-2012	9,25%	151,150	5%	4,05%
Diciembre-2008	11,50%	129,952	3%	8,25%	Abril-2012	9,50%	152,109	5%	4,29%
Enero-2009	11,25%	130,440	4%	7,32%	Mayo-2012	10,00%	153,611	5%	4,76%
Febrero-2009	12,00%	131,017	5%	6,79%	Junio-2012	9,75%	153,852	5%	4,52%
Marzo-2009	11,75%	131,036	6%	5,84%	Julio-2012	10,25%	153,387	5%	5,00%
Abril-2009	11,50%	131,469	5%	5,69%	Agosto-2012	10,50%	154,198	5%	5,24%
Mayo-2009	11,25%	131,305	6%	5,26%	Septiembre-2012	10,50%	154,305	5%	5,24%
Junio-2009	11,00%	131,526	6%	4,66%	Octubre-2012	10,25%	154,993	5%	5,00%
Julio-2009	12,00%	132,733	5%	6,32%	Noviembre-2012	9,50%	156,249	5%	4,29%
Agosto-2009	11,50%	133,602	5%	6,20%	Diciembre-2012	9,20%	156,682	5%	4,00%
Septiembre-2009	11,50%	133,752	5%	6,10%	Enero-2013	8,30%	158,737	5%	4,00%
Octubre-2009	9,00%	134,064	5%	4,05%	Febrero-2013	7,35%	160,360	5%	3,14%
Noviembre-2009	9,25%	133,850	5%	3,63%					
Diciembre-2009	8,25%	135,211	5%	3,05%					

Fuente: Elaboración Propia. Datos Banco Central de Costa Rica.

Anexo 3. Precio Real de azúcar. Base 2012

Año	Mes	IPC	Valor Por Kilogramo al Productor ¢	Factor de ajuste 2012	Precio Ajustado 2012
1995	Octubre	30,485	40,2	5,084	204,39
1996	Octubre	35,207	47,4	4,402	208,67
1997	Octubre	38,984	54,6	3,976	217,08
1998	Octubre	44,002	59,9844	3,522	211,29
1999	Octubre	48,367	61,17024	3,205	196,02
2000	Octubre	53,454	67,0614	2,900	194,45
2001	Octubre	59,319	73,428	2,613	191,86
2002	Octubre	65,186	82,02	2,378	195,02
2003	Octubre	70,996	87,6	2,183	191,24
2004	Octubre	80,449	94,62	1,927	182,30
2005	Octubre	91,660	105	1,691	177,55
2006	Octubre	100,904	123,49752	1,536	189,70
2007	Octubre	110,837	134,87808	1,398	188,61
2008	Octubre	128,908	131,35164	1,202	157,93
2009	Octubre	134,064	144,10068	1,156	166,60
2010	Octubre	141,106	161,25804	1,098	177,13
2011	Octubre	148,058	165,0195108	1,047	172,75
2012	Octubre	154,993	181,1	1,000	181,10

Fuente: Elaboración Propia. Datos LAICA.

Anexo 4. Precio Real de azúcar. Base 2012

Año	Mes	IPC	Valor kilogramo de miel ¢	Valor kilogramo de miel al	Factor de ajuste 2012	Precio Ajustado 2012
1995	Octubre	30,48	10,85	7,08	5,08	35,98
1996	Octubre	35,21	12,80	8,34	4,40	36,73
1997	Octubre	38,98	14,74	9,61	3,98	38,21
1998	Octubre	44,00	16,20	10,56	3,52	37,20
1999	Octubre	48,37	16,52	10,77	3,20	34,51
2000	Octubre	53,45	19,31	12,59	2,90	36,51
2001	Octubre	59,32	23,87	15,56	2,61	40,66
2002	Octubre	65,19	24,77	16,15	2,38	38,40
2003	Octubre	71,00	24,43	15,93	2,18	34,77
2004	Octubre	80,45	29,31	19,11	1,93	36,82
2005	Octubre	91,66	44,47	28,99	1,69	49,03
2006	Octubre	100,90	49,70	32,41	1,54	49,78
2007	Octubre	110,84	36,81	24,00	1,40	33,56
2008	Octubre	128,91	66,23	43,18	1,20	51,92
2009	Octubre	134,06	64,60	42,12	1,16	48,69
2010	Octubre	141,11	63,72	41,54	1,10	45,63
2011	Octubre	148,06	68,18	44,45	1,05	46,53
2012	Octubre	154,99	74,25	48,41	1,00	48,41

Fuente: Elaboración Propia. Datos LAICA.

APÉNDICE

Apéndice 1. Estadística descriptiva para los bonos de deuda soberana según país

Período 2008-2013

<i>T-BONDS USA</i>		<i>TES Colombia</i>	
Media	2,92%	Media	8,7%
Mediana	3,12%	Mediana	8,2%
Moda	3,68%	Moda	7,0%
Desviación estándar	0,78%	Desviación estándar	1,9%
Rango	2,88%	Rango	8,3%
Mínimo	1,39%	Mínimo	5,3%
Máximo	4,27%	Máximo	13,6%
Suma	37,8273	Suma	99,2479
Cuenta	1295	Cuenta	1139

Fuente: Elaboración Propia. Datos Department of the Treasury y Grupo Aval.

Apéndice 2. Análisis de Regresión para un polinomio de grado 2
Variedad LAICA 03-805

GRADO 2						
Resumen						
<i>Estadísticas de la regresión</i>						
Coefficiente de correlación múltiple		0,869003059				
Coefficiente de determinación R ²		0,755166317				
R ² ajustado		0,731848823				
Error típico		12,00923618				
Observaciones		24				
ANÁLISIS DE VARIANZA						
	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>	
Regresión	2	9341,605243	4670,802622	32,38625592	3,82955E-07	
Residuos	21	3028,656826	144,2217536			
Total	23	12370,26207				
	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>
Intercepción	70,89185185	10,74138738	6,599878519	1,55309E-06	48,55391402	93,22978968
t	25,17153439	7,027309134	3,58195917	0,001757	10,55744508	39,7856237
t2	-4,892592593	0,982736318	-4,978540531	6,30541E-05	-6,936304639	-2,848880547

Fuente: Elaboración Propia

Apéndice 3. Análisis de Regresión para un polinomio de grado 3
Variedad LAICA 03-805

GRADO 3						
Resumen						
<i>Estadísticas de la regresión</i>						
Coefficiente de correlación múltiple		0,941144068				
Coefficiente de determinación R ²		0,885752158				
R ² ajustado		0,868614981				
Error típico		8,40617556				
Observaciones		24				
ANÁLISIS DE VARIANZA						
	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>	
Regresión	3	10956,98632	3652,328773	51,68600353	1,32703E-09	
Residuos	20	1413,275751	70,66378755			
Total	23	12370,26207				
	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>
Intercepción	7,981728395	15,15444851	0,526692106	0,604200478	-23,62989716	39,59335395
t	104,3084754	17,26707271	6,040889338	6,62261E-06	68,289993	140,3269578
t2	-31,10514403	5,525381503	-5,629501604	1,64675E-05	-42,63088785	-19,57940022
t3	2,496433471	0,522132777	4,781223434	0,000113847	1,407283586	3,585583356

Fente: Elaboración Propia

Apéndice 4. Resumen de simulación para la variedad LAICA 03-805 según una distribución normal

Año1		Año2		Año3	
Media	84,260	Media	109,440	Media	113,412
Error típico	0,145	Error típico	0,230	Error típico	0,298
Mediana	84,257	Mediana	109,450	Mediana	113,413
Desviación estándar	4,579	Desviación estándar	7,282	Desviación estándar	9,426
Coefficiente de variación	5,43%	Coefficiente de asimetría	6,65%	Coefficiente de asimetría	8,31%
Rango	30,142	Rango	49,926	Rango	61,614
Mínimo	69,282	Mínimo	82,485	Mínimo	84,252
Máximo	99,424	Máximo	132,412	Máximo	145,867
Cuenta	1000,000	Cuenta	1000,000	Cuenta	1000,000
Año4		Año5		Año6	
Media	82,629	Media	59,138	Media	42,322
Error típico	0,253	Error típico	0,181	Error típico	0,130
Mediana	82,622	Mediana	59,137	Mediana	42,326
Desviación estándar	8,006	Desviación estándar	5,719	Desviación estándar	4,098
Coefficiente de asimetría	9,69%	Coefficiente de asimetría	9,67%	Coefficiente de asimetría	9,68%
Rango	56,907	Rango	37,701	Rango	27,269
Mínimo	53,188	Mínimo	41,342	Mínimo	28,703
Máximo	110,094	Máximo	79,043	Máximo	55,971
Cuenta	1000,000	Cuenta	1000,000	Cuenta	1000,000

Fente: Elaboración Propia

Apéndice 5. Rendimientos proyectados por año para la variedad LAICA 04-825

Año	Rendimiento	Proyectado n_3	Proyectado n_2	Proyectado n_3^*	Proyectado n_2^*
1	89,5	85,144	84,99	84,93078189	90,779
1	78,8				
1	86,2				
1	86,1				
2	102,4	107,74	108,23	109,014027	102,436
2	113,0				
2	110,8				
2	104,7				
3	102,4	107,864	107,43	104,9323692	102,671
3	100,6				
3	114,8				
3	113,6				
4	88,1	82,372	82,59	85,62572604	91,484
4	82,7				
4	79,3				
4	79,3				
5	70,5	28,12	33,71	64,03401529	68,875
5	66,1				
5	63,4				
5	63,4				
6	56,4	-58,036	-39,21	53,09715461	34,844
6	52,9				
6	50,7				
6	50,7				
7	45,1	-179,24	-136,17	65,75506173	-10,609
7	42,3				
7	40,6				
7	40,6				
8	36,1	-338,636	-257,17	114,9476543	-67,484
8	33,9				
8	32,5				
8	32,5				

Fuente: Elaboración propia

Polinomio n^2 : Polinomio de grado 2 sin ajuste.

Polinomio n^3 : Polinomio de grado 3 sin ajuste.

Polinomio n^{2*} : Polinomio de grado 2 ajustado.

Polinomio n^{3*} : Polinomio de grado 3 ajustado.

Apéndice 6. Análisis de la pendiente según año para la variedad LAICA 04-825

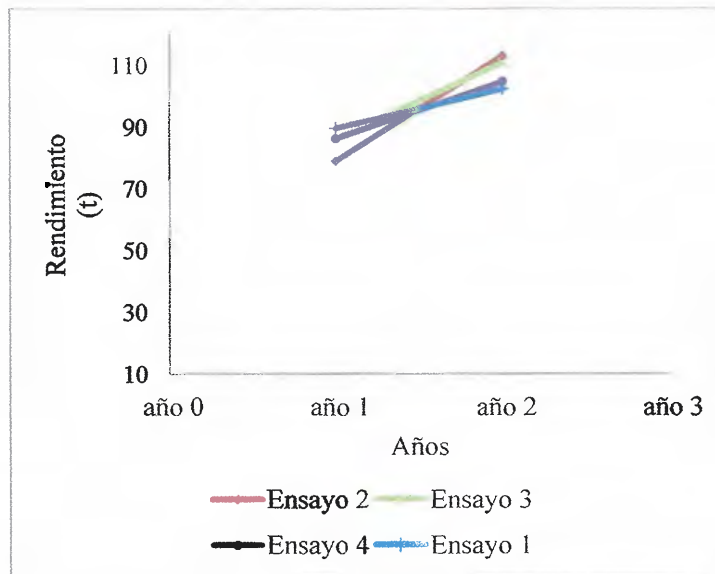
RAZÓN DE CAMBIO CRECIENTE			
Años	f(x)	f'(x)	%
1-2	Ensayo 1 $12,88x + 76,590$	12,88	14,49%
	Ensayo 2 $34,22x + 44,590$	34,22	43,75%
	Ensayo 3 $24,59x + 61,630$	24,59	28,73%
	Ensayo 4 $18,66x + 67,400$	18,66	21,78%

RAZÓN DE CAMBIO DECRECIENTE			
Años	f(x)	f'(x)	%
3-4	Ensayo 1 $-14,22x + 116,5$	-14,22	-13,90%
	Ensayo 2 $-17,92x + 118,5$	-17,92	-17,82%
	Ensayo 3 $-35,556x + 150,37$	-35,55	-30,96%
	Ensayo 4 $-34,37x + 148$	-34,37	-30,25%

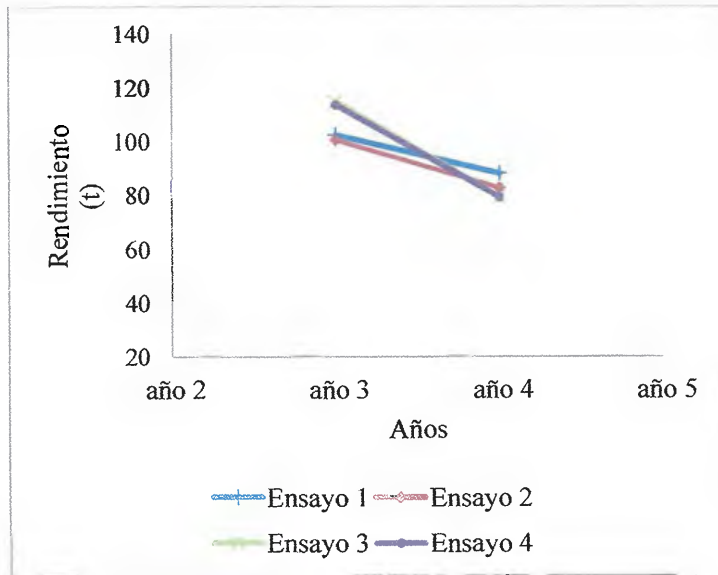
\bar{Y}	↑ 27%
\bar{Y}	↓ 23%
Total	25%
Variación	20%

Fuente: Elaboración propia

Apéndice 7. Ajuste lineal para los años 1 y 2 de la variedad LAICA 04-825



Fuente: Elaboración propia

Apéndice 8. Ajuste lineal para los años 3 y 4 de la variedad LAICA 04-825

Fuente: Elaboración propia

Apéndice 9. Análisis de Regresión para un polinomio de grado 2
Variedad LAICA 04-825

GRADO 2						
Resumen						
<i>Estadísticas de la regresión</i>						
Coefficiente de correlación múltiple	0,912065472					
Coefficiente de determinación R ²	0,831863425					
R ² ajustado	0,815850417					
Error típico	9,031449938					
Observaciones	24					
ANÁLISIS DE VARIANZA						
	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>	
Regresión	2	8474,69515	4237,347575	51,94923197	7,40377E-09	
Residuos	21	1712,908848	81,56708798			
Total	23	10187,604				
	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>
Intercepción	74,09037037	8,077974399	9,171899626	8,60784E-09	57,29130304	90,88943771
t	21,6878836	5,284831583	4,103798439	0,000506959	10,69747471	32,67829248
t2	-4,377513228	0,739058982	-5,923090492	7,03726E-06	-5,914470512	-2,840555943

Fente: Elaboración Propia

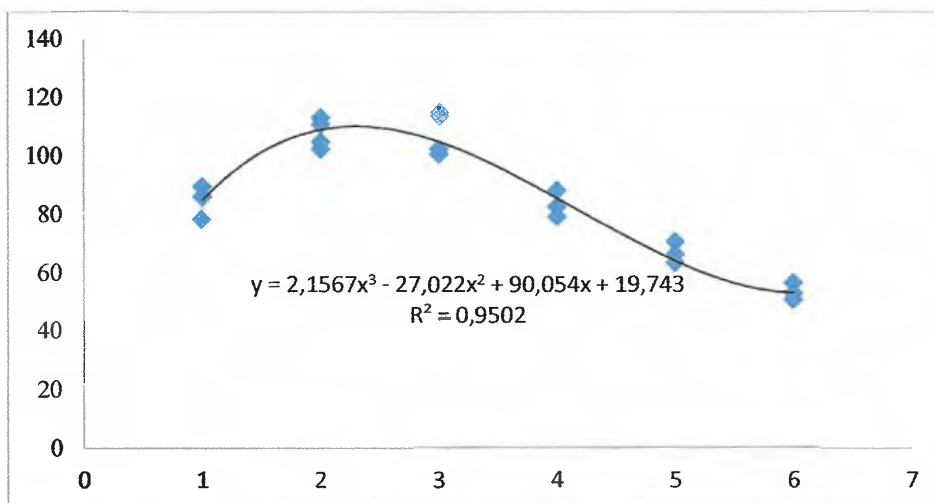
Apéndice 10. Análisis de Regresión para un polinomio de grado 3
Variedad LAICA 04-825

GRADO 3						
Resumen						
<i>Estadísticas de la regresión</i>						
Coefficiente de correlación múltiple		0,974782652				
Coefficiente de determinación R ²		0,950201219				
R ² ajustado		0,942731401				
Error típico		5,036517963				
Observaciones		24				
ANÁLISIS DE VARIANZA						
	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>	
Regresión	3	9680,273734	3226,757911	127,2054179	3,39113E-13	
Residuos	20	507,3302639	25,3665132			
Total	23	10187,604				
	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>
Intercepción	19,74271605	9,079711883	2,17437693	0,04185297	0,802769003	38,6826631
t	90,05378209	10,34548009	8,70464989	3,08852E-08	68,47348885	111,6340753
t2	-27,02236919	3,31050464	-8,162613298	8,53002E-08	-33,92796085	-20,11677754
t3	2,156652949	0,312833237	6,893938026	1,07117E-06	1,504094253	2,809211645

Fente: Elaboración Propia

Apéndice 11. Curva polinomial ajustada y validada de grado 3

Variedad LAICA 04-25



Fente: Elaboración Propia

Apéndice 12. Resumen de simulación para la variedad LAICA 04-825 según una distribución normal

Año1		Año2		Año3	
Media	85,147	Media	107,7411	Media	107,853
Error típico	0,123	Error típico	0,1371	Error típico	0,203
Mediana	85,148	Mediana	107,7377	Mediana	107,854
Desviación estándar	3,903	Desviación estándar	4,3345	Desviación estándar	6,422
Coefficiente de variación	4,58%	Coefficiente de variación	0,0402	Coefficiente de variación	5,95%
Rango	26,108	Rango	27,0802	Rango	44,223
Mínimo	71,280	Mínimo	94,2864	Mínimo	86,095
Máximo	97,388	Máximo	121,3666	Máximo	130,318
Cuenta	1000,000	Cuenta	1000,0000	Cuenta	1000,000
Año4		Año5		Año6	
Media	82,335	Media	61,578	Media	46,052
Error típico	0,115	Error típico	0,086	Error típico	0,064
Mediana	82,332	Mediana	61,575	Mediana	46,053
Desviación estándar	3,635	Desviación estándar	2,717	Desviación estándar	2,033
Coefficiente de variación	4,41%	Coefficiente de variación	0,044	Coefficiente de variación	4,42%
Rango	25,003	Rango	17,904	Rango	13,678
Mínimo	70,666	Mínimo	53,087	Mínimo	38,768
Máximo	95,669	Máximo	70,991	Máximo	52,446
Cuenta	1000	Cuenta	1000,000	Cuenta	1000,000

Fuente: Elaboración propia

Apéndice 13. Rendimientos proyectados por año para la variedad LAICA Q-96

Año	Rendimiento	Proyectado n_3	Proyectado n_2	Proyectado n_3^*	Proyectado n_4^*
1	121,1				
1	100,0				
1	96,9	102,12	106,51	105,31	102,96
1	90,5				
2	137,1				
2	123,2	120,49	107,32	109,28	116,32
2	120,6				
2	101,0				
3	96,4				
3	76,4	84,18	97,30	97,16	92,47
3	98,3				
3	65,5				
4	83,3				
4	79,4	80,85	76,46	77,23	72,54
4	90,6				
4	70,1				
5	62,5				
5	59,5	198,16	44,81	57,75	64,80
5	68,0				
5	52,6				
6	46,9				
6	44,6	523,77	2,32	47,00	44,65
6	51,0				
6	39,4				
7	35,2				
7	33,5	1145,34	-50,98	53,22	-45,38
7	38,2				
7	29,6				
8	26,4				
8	25,1	2150,53	-115,10	84,71	-295,62
8	28,7				
8	22,2				

Fuente: Elaboración propia

Polinomio n^2 : Polinomio de grado 2 sin ajuste.

Polinomio n^3 : Polinomio de grado 3 sin ajuste.

Polinomio n^{3*} : Polinomio de grado 2 ajustado.

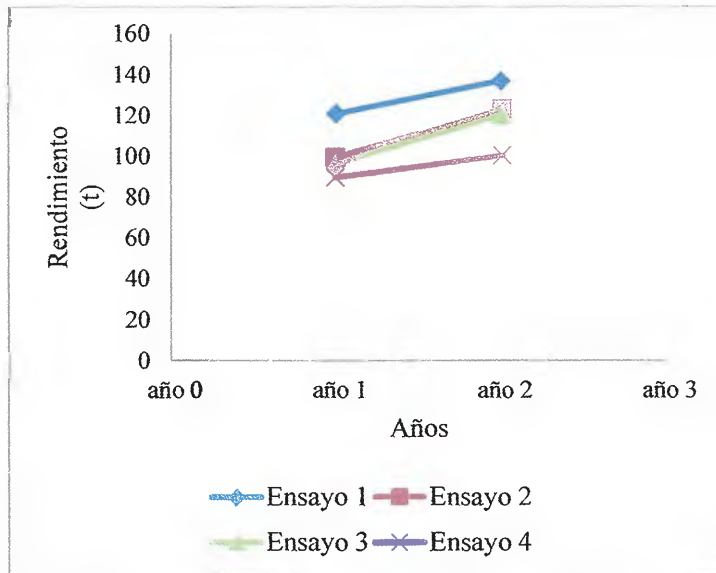
Polinomio n^{4*} : Polinomio de grado 4 ajustado.

Apéndice 14. Análisis de la pendiente según año para la variedad LAICA Q-96

RAZÓN DE CAMBIO CRECIENTE			
Años		f(x)	f'(x) %
1-2	Ensayo 1	16,07 x +105	16,07 13,27%
	Ensayo 2	23,21 x +76,79	23,21 23,21%
	Ensayo 3	23,64 x +73,29	23,64 24,39%
	Ensayo 4	10,47 x +80,06	10,47 11,57%
		\bar{Y}	↑ 18%
RAZÓN DE CAMBIO DECRECIENTE			
Años		f(x)	f'(x) %
2-3	Ensayo 1	- 53,08 x +190,9	-53,08 -38,74%
	Ensayo 2	- 29,96 x +150,5	-29,96 -24,85%
	Ensayo 3	-43,84 x +167,0	-43,84 -35,60%
	Ensayo 4	-30,89 x +131,8	-30,89 -30,61%
		\bar{Y}	↓ -32%
RAZÓN DE CAMBIO			
Años		f(x)	f'(x) %
3-4	Ensayo 1	7,682 x +82,92	7,82 8,62%
	Ensayo 2	13,10 x + 70,22	13,1 15,72%
	Ensayo 3	- 3,011 x +82,37	-3,011 -3,79%
	Ensayo 4	- 4,578 x +74,68	-4,578 -6,53%
		\bar{Y}	↑ 4%
		\bar{Y}	↑ 11%
		\bar{Y}	↓ -32%
		Total	22%
		Variación	-25%

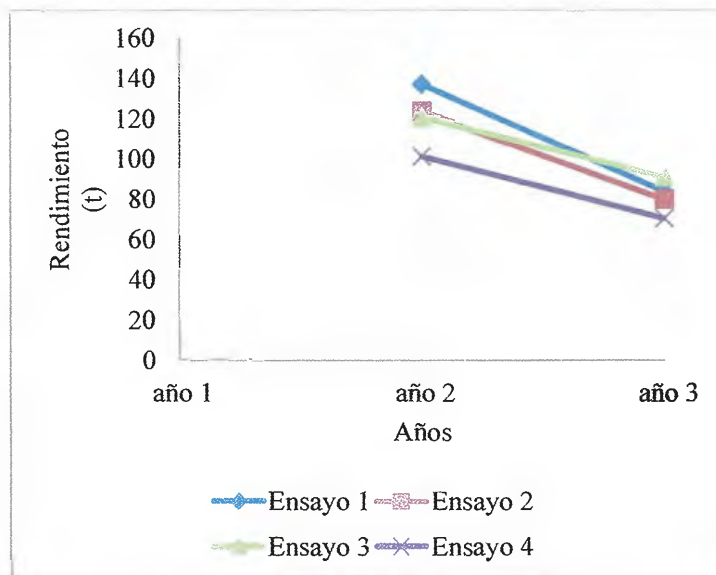
Fuente: Elaboración propia

Apéndice 15. Ajuste lineal para los años 1 y 2 de la variedad LAICA Q-96

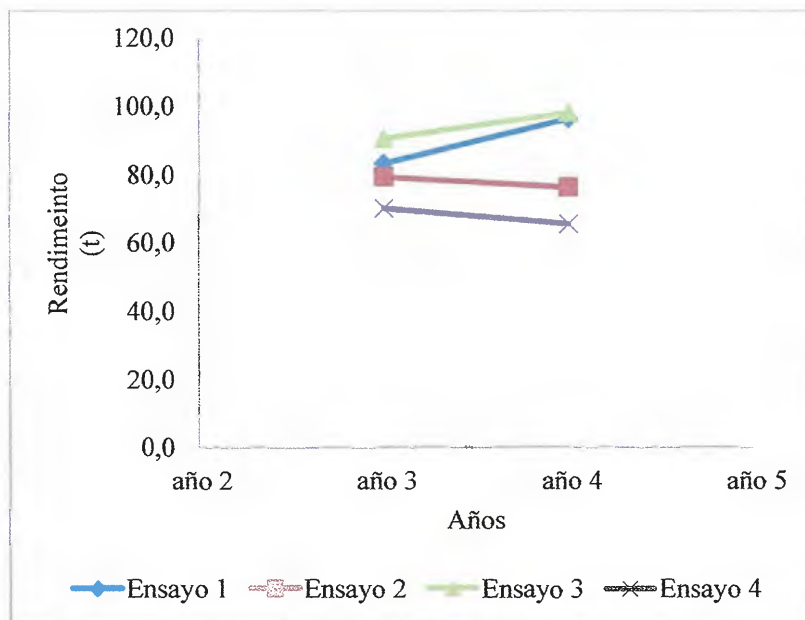


Fuente: Elaboración propia

Apéndice 16. Ajuste lineal para los años 2 y 3 de la variedad LAICA Q-96



Fuente: Elaboración propia

Apéndice 17. Ajuste lineal para los años 3 y 4 de la variedad LAICA Q-96

Fuente: Elaboración propia

Apéndice 18. Análisis de Regresión para un polinomio de grado 3
Variedad LAICA Q-96

GRADO 3						
Resumen						
<i>Estadísticas de la regresión</i>						
Coefficiente de correlación múltiple		0,885985749				
Coefficiente de determinación R ²		0,784970747				
R ² ajustado		0,752716359				
Error típico		13,55327987				
Observaciones		24				
ANÁLISIS DE VARIANZA						
	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>	
Regresión	3	13411,41909	4470,473031	24,33686687	7,01351E-07	
Residuos	20	3673,827904	183,6913952			
Total	23	17085,247				
	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>
Intercepción	76,99439679	24,43352276	3,151178713	0,005025343	26,02696158	127,961832
t	43,24830392	27,83970751	1,553475513	0,135991424	-14,82430816	101,320916
t ²	-16,30883094	8,908574577	-1,830689163	0,082089454	-34,89179182	2,274129946
t ³	1,37791551	0,841834864	1,636800243	0,117311723	-0,37812124	3,13395226

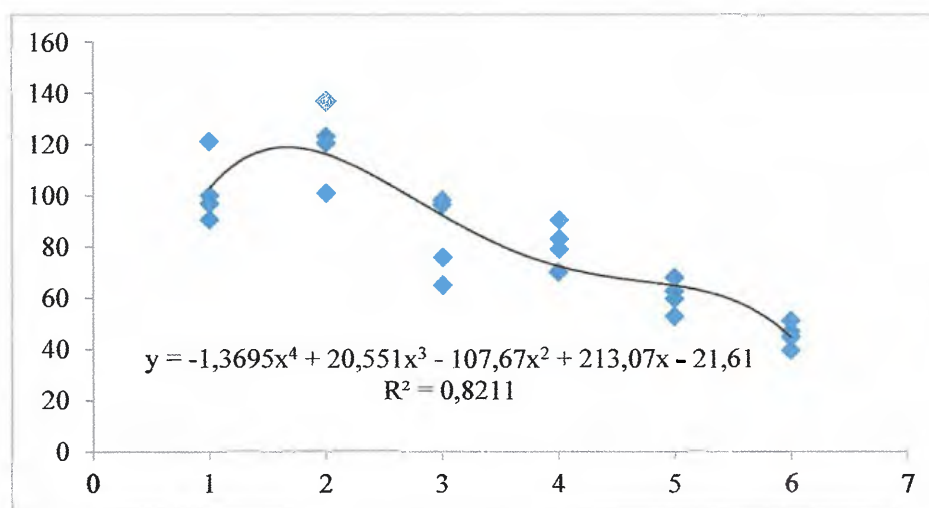
Fuente: Elaboración propia

Apéndice 19. Análisis de Regresión para un polinomio de grado 4
Variedad LAICA Q-96

GRADO 4						
Resumen						
<i>Estadísticas de la regresión</i>						
Coefficiente de correlación múltiple		0,906147005				
Coefficiente de determinación R ²		0,821102395				
R ² ajustado		0,783439741				
Error típico		12,68341182				
Observaciones		24				
ANÁLISIS DE VARIANZA						
	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>	
Regresión	4	14028,73722	3507,184305	21,8015013	6,98633E-07	
Residuos	19	3056,509774	160,8689355			
Total	23	17085,247				
	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>
Intercepción	-21,60966266	55,2857104	-0,390872479	0,700239807	-137,3239841	94,10465882
t	213,0664063	90,51956413	2,353816088	0,029498248	23,60678159	402,526031
t2	-107,6741003	47,3796774	-2,272579853	0,034853038	-206,8409046	-8,507296038
t3	20,55092707	9,819157455	2,092942003	0,050008115	-0,000805632	41,10265977
t4	-1,369500826	0,699107364	-1,958927765	0,064963003	-2,832749351	0,0937477

Fuente: Elaboración propia

Apéndice 20. Curva polinomial ajustada de grado 4 para la Variedad Q-96



Fuente: Elaboración propia

Apéndice 21. Resumen de simulación para la variedad Q-96 según una distribución normal

Año1		Año2		Año3	
Media	102,098	Media	120,496	Media	84,204
Error típico	0,364	Error típico	0,407	Error típico	0,436
Mediana	102,097	Mediana	120,514	Mediana	84,199
Desviación estándar	11,504	Desviación estándar	12,866	Desviación estándar	13,783
Coefficiente de variación	11,27%	Coefficiente de variación	10,68%	Coefficiente de variación	16,37%
Rango	76,645	Rango	82,122	Rango	94,871
Mínimo	63,362	Mínimo	78,731	Mínimo	38,998
Máximo	140,008	Máximo	160,853	Máximo	133,870
Cuenta	1000,000	Cuenta	1000,000	Cuenta	1000,000
Año4		Año5		Año6	
Media	80,904	Media	54,600	Media	64,499
Error típico	0,234	Error típico	0,158	Error típico	0,187
Mediana	80,894	Mediana	54,600	Mediana	64,505
Desviación estándar	7,394	Desviación estándar	4,996	Desviación estándar	5,913
Coefficiente de variación	9,14%	Coefficiente de variación	9,15%	Coefficiente de variación	9,17%
Rango	49,621	Rango	32,824	Rango	41,913
Mínimo	57,697	Mínimo	37,810	Mínimo	42,835
Máximo	107,318	Máximo	70,634	Máximo	84,748
Cuenta	1000,000	Cuenta	1000,000	Cuenta	1000,000

Fuente: Elaboración propia

Apéndice 22. Análisis comparativo del VAN según el momento de renovación y condiciones del préstamo para la variedad LAICA 04-825

Escenarios				Flujo de Efectivo Rendimientos sobre Ventas						
Renovación	Préstamo	Prepago	VAN	0	1	2	3	4	5	
1	Reno año 3	5 años	Prepago año 3	1.110.397,58	0,00	166.936,31 8,24%	494.378,16 19,01%	-153.693,47 -6,14%		
2	Reno año 4	5 años	Prepago año 4	1.553.553,89	0,00	166.936,31 8,24%	494.378,16 19,01%	438.882,91 17,53%	-130.776,21 -6,40%	
3	Reno año 4	4 años	-	1.502.658,64	0,00	98.385,87 4,86%	425.827,72 16,37%	370.332,47 14,79%	107.834,51 5,28%	
4	Reno año 4	3 años	-	1.417.528,25	0,00	-16.275,63 -0,80%	311.166,21 11,96%	255.670,97 10,21%	506.948,86 24,82%	
5	Reno año 5	5 años	-	1.538.943,37	0,00	166.936,31 8,24%	494.378,16 19,01%	438.882,91 17,53%	176.384,95 8,63%	-117.181,37 -7,67%
6	Reno año 5	4 años	-	1.471.485,65	0,00	98.385,87 4,86%	425.827,72 16,37%	370.332,47 14,79%	107.834,51 5,28%	213.382,54 13,97%
7	Reno año 5	3 años	-	1.398.588,99	0,00	-16.275,63 -0,80%	311.166,21 11,96%	255.670,97 10,21%	506.948,86 24,82%	213.382,54 13,97%

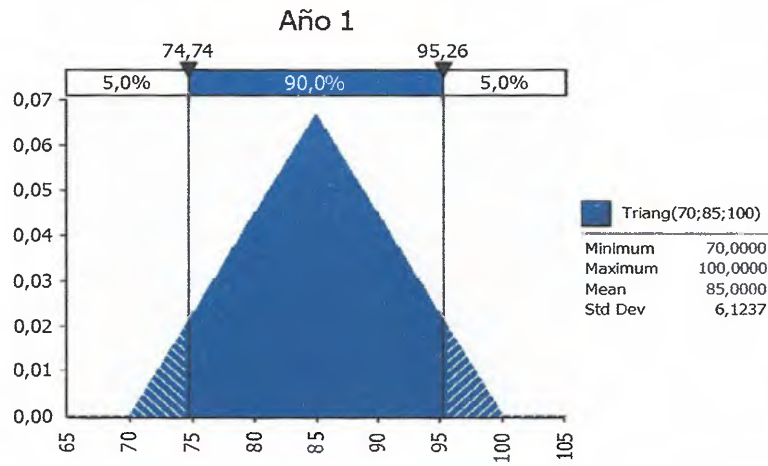
Fuente: Elaboración propia

Apéndice 23. Análisis comparativo del VAN según el momento de renovación y condiciones del préstamo para la variedad Q-96

	Escenarios			VAN	Flujo de Efectivo Rendimientos sobre Ventas					
	Renovación	Préstamo	Prepago		0	1	2	3	4	5
1	Reno año 3	5 años	Prepago año 3	1.837.580,39	0,00	452.895,19 18,14%	639.804,83 22,68%	-286.543,19 -12,78%		
2	Reno año 4	5 años	Prepago año 4	1.962.501,35	0,00	452.895,19 18,14%	639.804,83 22,68%	306.033,19 13,65%	-280.002,46 -15,92%	
3	Reno año 4	4 años	-	1.911.606,10	0,00	384.344,75 15,39%	571.254,39 20,25%	237.482,76 10,59%	-41.391,74 -2,35%	
4	Reno año 4	3 años	-	1.826.475,71	0,00	269.683,25 11%	456.592,89 16%	122.821,25 5%	357.722,60 20%	
5	Reno año 5	5 años	-	1.920.332,77	0,00	452.895,19 18,1%	639.804,83 23%	306.033,19 14%	27.158,70 2%	-81.137,83 -5%
6	Reno año 5	4 años	-	1.852.875,05	0,00	384.344,75 15,39%	571.254,39 20,25%	237.482,76 10,59%	-41.391,74 -2,35%	249.426,08 15,87%
7	Reno año 5	3 años	-	1.779.978,39	0,00	269.683,25 11%	456.592,89 16%	122.821,25 5%	357.722,60 20%	249.426,08 16%

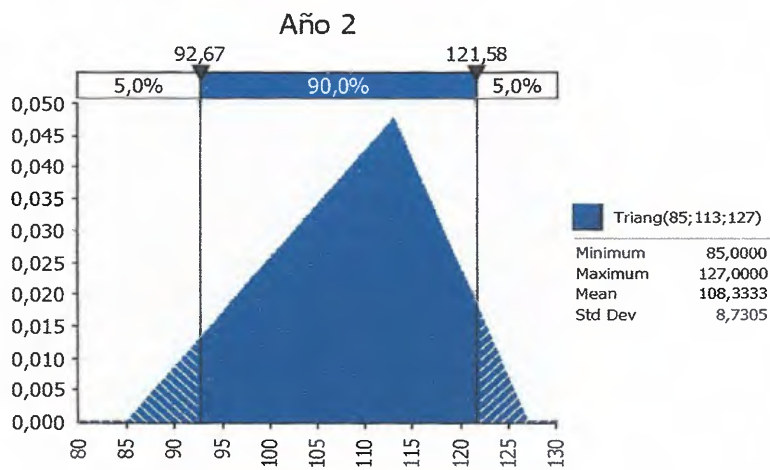
Fuente: Elaboración propia

Apéndice 24. Distribución de probabilidad triangular para el rendimiento del año 1
LAICA 03-805



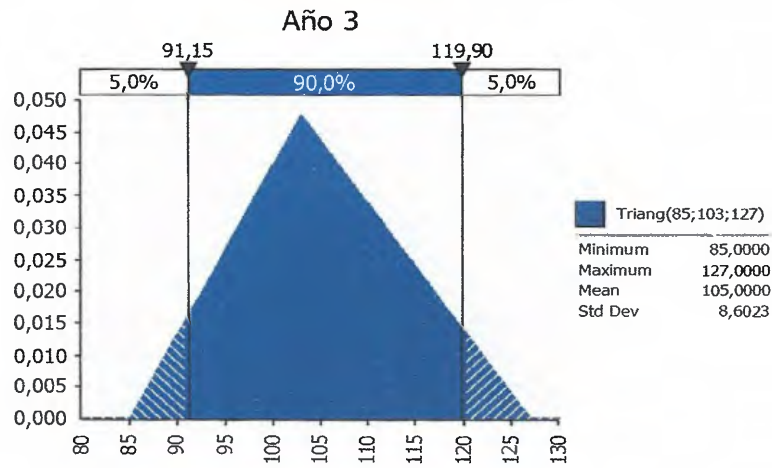
Fuente: Elaboración propia

Apéndice 25. Distribución de probabilidad triangular para el rendimiento del año 2
LAICA 04-825



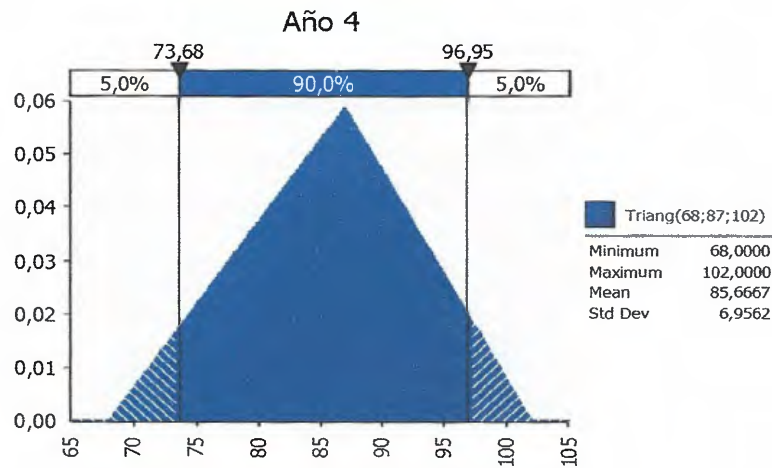
Fuente: Elaboración propia

Apéndice 26. Distribución de probabilidad triangular para el rendimiento del año 3
LAICA 04-825



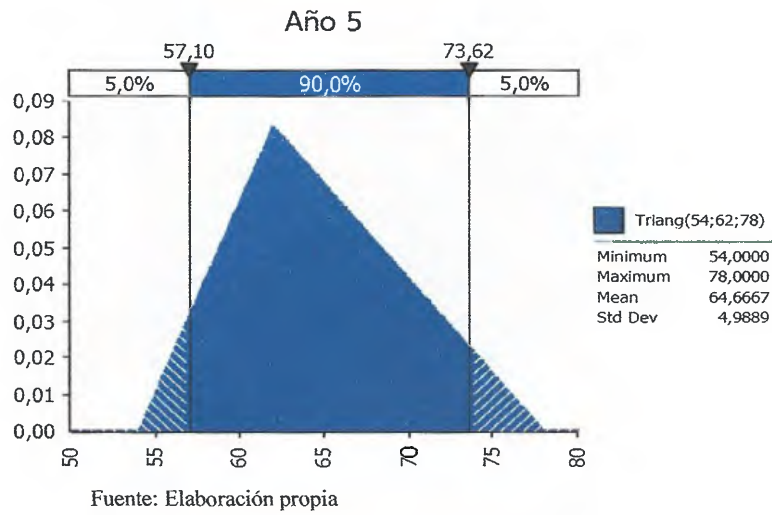
Fuente: Elaboración propia

Apéndice 27. Distribución de probabilidad triangular para el rendimiento del año 4
LAICA 04-825

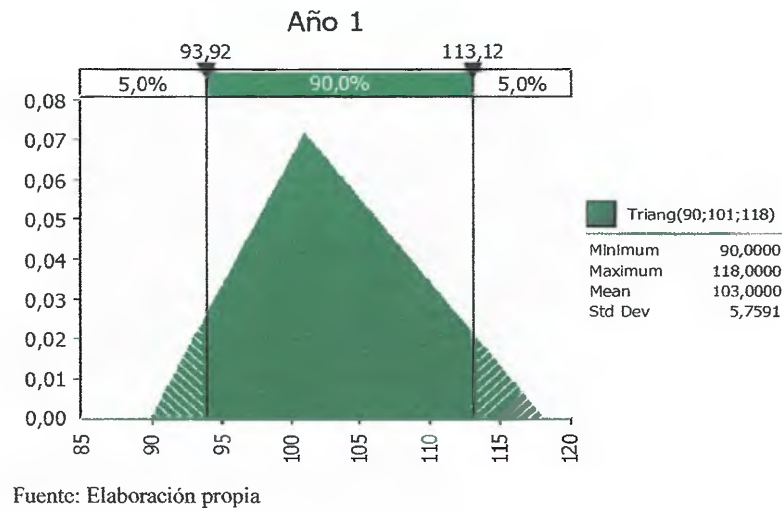


Fuente: Elaboración propia

Apéndice 28. Distribución de probabilidad triangular para el rendimiento del año 5
LAICA 04-825

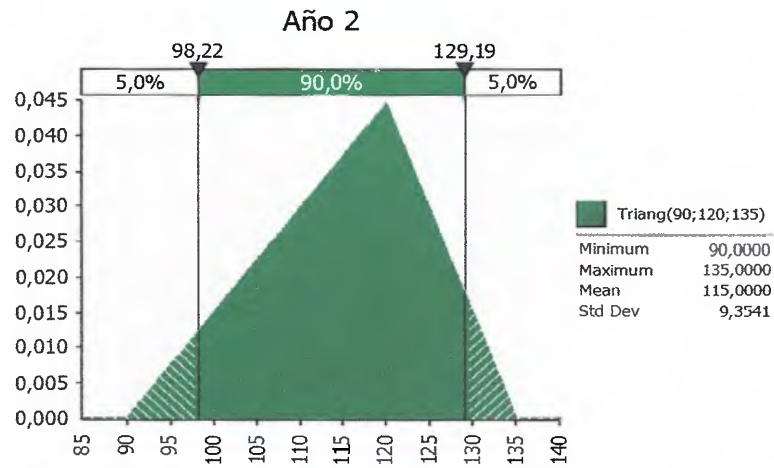


Apéndice 29. Distribución de probabilidad triangular para el rendimiento del año 1
Q-96



Apéndice 30. Distribución de probabilidad triangular para el rendimiento del año 2

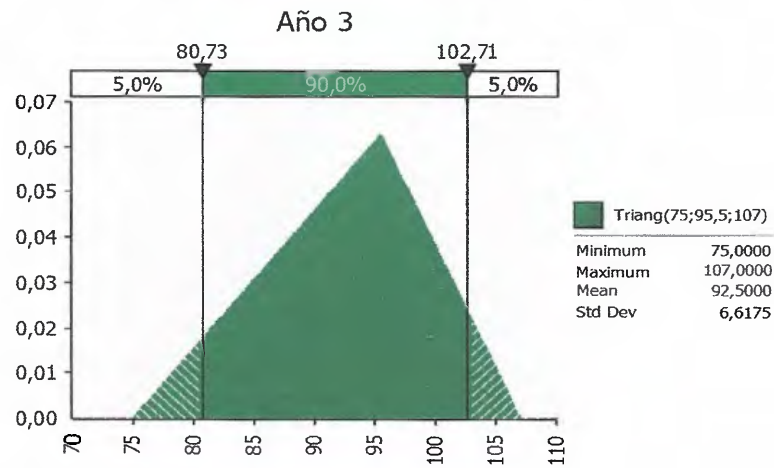
Q-96



Fuente: Elaboración propia

Apéndice 31. Distribución de probabilidad triangular para el rendimiento del año 3

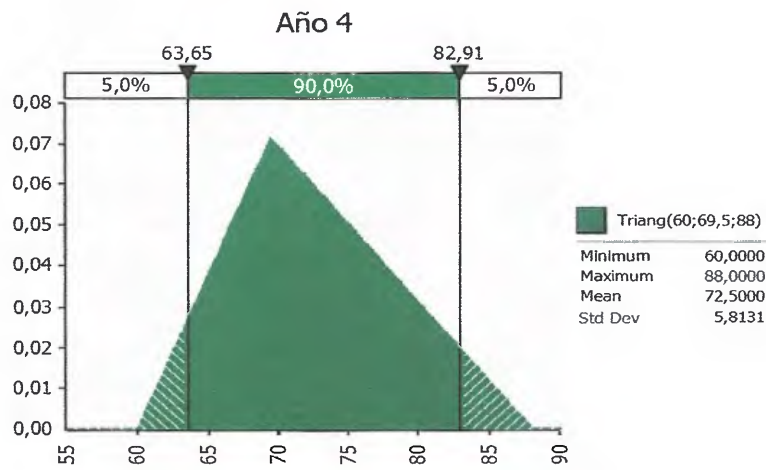
Q-96



Fuente: Elaboración propia

Apéndice 32. Distribución de probabilidad triangular para el rendimiento del año 4

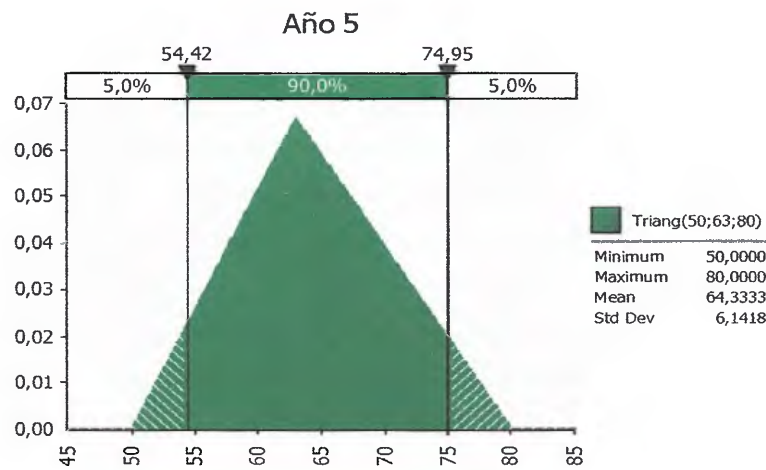
Q-96



Fuente: Elaboración propia

Apéndice 33. Distribución de probabilidad triangular para el rendimiento del año 5

Q-96



Fuente: Elaboración propia

Apéndice 34. Simulación piloto para la variedad LAICA 03-805

Opción	σ	Error	Simulaciones
LAICA 04 O1	3.892.362	93.787	6.617
LAICA 04 O2	3.680.154	93.787	5.915
LAICA 04 O3	3.707.700	93.787	6.004
LAICA 04 O4	3.722.034	93.787	6.050
LAICA 04 O5	3.412.898	93.787	5.087
LAICA 04 O6	3.297.514	93.787	4.749
LAICA 04 O7	3.397.084	93.787	5.040

Fuente: Elaboración propia

Apéndice 35. Simulación piloto para la variedad LAICA 03-805

Opción	σ	Error	Simulaciones
LAICA Q96 O1	4.118.440	93.787	7.408
LAICA Q96 O2	3.729.756	93.787	6.076
LAICA Q96 O3	3.719.886	93.787	6.043
LAICA Q96 O4	3.668.491	93.787	5.878
LAICA Q96 O5	3.388.867	93.787	5.016
LAICA Q96 O6	3.467.261	93.787	5.250
LAICA Q96 O7	3.387.193	93.787	5.011

Fuente: Elaboración propia

**Apéndice 36. Resultados de las simulaciones según opción de renovación
para la variedad LAICA 04-825**

Estadístico	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4	Opción 5	Opción 6	Opción 7
Mínimo	(6.967.606)	(4.447.371)	(4.171.296)	(4.837.225)	(4.995.767)	(3.814.503)	(3.985.718)
Máximo	17.916.680	17.653.970	17.487.760	20.914.170	16.445.360	16.388.220	17.858.050
Media	5.889.890	7.512.269	7.581.590	7.704.112	7.281.744	7.373.888	7.473.089
Desviación estándar	3.882.267	3.649.781	3.625.958	3.685.236	3.401.663	3.400.665	3.405.902
Curtosis	3,0639	3,0023	3,0052	3,0259	3,0435	3,0955	3,0703
Mode	6.701.641	8.458.255	7.446.376	8.831.495	8.213.371	8.521.728	9.068.503
Iteraciones	6.617	5.915	6.004	6.050	5.087	4.749	5.040
P(U) VAN<0	7,90%	3,80%	3,40%	3,40%	3,40%	3,30%	3,10%
5% Perc	(1.195.821)	845.554	788.058	783.282	782.144	893.935	1.021.175
10% Perc	726.447	2.732.190	2.808.694	2.850.827	2.745.947	2.817.737	2.984.485
15% Perc	1.998.609	3.754.822	3.929.650	4.040.068	3.971.969	3.999.725	4.088.147
20% Perc	2.843.788	4.606.430	4.696.015	4.786.360	4.648.474	4.741.209	4.800.855
25% Perc	3.528.987	5.193.920	5.342.142	5.385.692	5.207.597	5.364.810	5.433.270
30% Perc	4.100.017	5.793.940	5.922.601	6.000.788	5.748.220	5.892.405	5.955.916
35% Perc	4.651.757	6.318.595	6.430.523	6.536.674	6.214.243	6.309.515	6.403.514
40% Perc	5.152.803	6.833.818	6.877.782	7.030.505	6.628.983	6.779.034	6.797.118
45% Perc	5.647.710	7.311.066	7.340.229	7.500.605	7.069.865	7.195.768	7.247.123
50% Perc	6.120.597	7.739.685	7.753.913	7.938.690	7.497.373	7.621.109	7.665.907
55% Perc	6.565.746	8.239.684	8.230.093	8.428.482	7.913.005	8.053.163	8.129.441
60% Perc	7.021.426	8.682.430	8.663.460	8.868.308	8.318.466	8.420.368	8.545.600
65% Perc	7.500.091	9.121.077	9.144.593	9.271.452	8.747.417	8.849.038	8.947.685
70% Perc	8.010.027	9.597.973	9.631.071	9.771.491	9.186.446	9.295.089	9.341.708
75% Perc	8.561.909	10.114.250	10.120.290	10.278.630	9.669.384	9.781.159	9.897.717
80% Perc	9.200.103	10.644.530	10.657.070	10.801.920	10.169.360	10.250.700	10.394.990
85% Perc	9.805.472	11.216.960	11.354.990	11.441.870	10.767.290	10.831.870	10.968.960
90% Perc	10.677.440	12.015.600	12.098.040	12.323.070	11.513.800	11.516.190	11.669.920
95% Perc	11.914.640	13.128.390	13.093.300	13.372.800	12.467.360	12.548.810	12.597.640

Fuente: Elaboración propia

**Apéndice 37. Resultados de las simulaciones según opción de renovación
para la variedad Q-96**

Estadístico	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4	Opción 5	Opción 6	Opción 7
Mínimo	(6.497.417)	(5.363.312)	(4.078.936)	(5.203.721)	(4.675.191)	(4.288.848)	(3.692.921)
Máximo	19.231.520	17.578.330	18.429.040	18.502.530	17.613.290	17.876.730	17.547.510
Media	7.435.327	7.717.064	7.778.465	7.869.957	7.439.019	7.516.234	7.592.299
Desviación estándar	4.096.769	3.663.983	3.680.226	3.706.880	3.405.954	3.440.855	3.434.400
Curtosis	2,99	3,00	3,08	3,06	3,08	3,09	3,06
Mode	6.646.078	9.381.349	7.189.866	7.648.557	6.209.720	6.939.688	9.064.320
Iteraciones	7.408	6.076	6.043	5.878	5.016	5.250	5.011
P(U) VAN<0	5,4%	3,5%	3,4%	3,3%	3,1%	3,2%	3,0%
5% Perc	-142.026	867.440	876.313	917.535	1.029.062	990.390	1.007.740
10% Perc	2.005.529	2.926.427	2.919.287	2.978.323	2.993.126	3.048.220	3.042.644
15% Perc	3.281.831	4.042.729	4.107.125	4.137.009	4.077.567	4.156.306	4.161.696
20% Perc	4.196.212	4.820.224	4.880.618	5.008.482	4.727.803	4.869.106	4.905.105
25% Perc	4.931.780	5.458.366	5.526.320	5.637.963	5.333.077	5.442.812	5.564.745
30% Perc	5.526.391	5.981.308	6.094.246	6.175.145	5.891.314	5.939.837	6.054.191
35% Perc	6.067.786	6.498.647	6.609.234	6.675.011	6.336.432	6.403.972	6.549.539
40% Perc	6.603.138	6.947.691	7.155.290	7.165.664	6.789.242	6.829.502	6.967.770
45% Perc	7.127.177	7.490.604	7.584.444	7.615.098	7.232.976	7.258.723	7.377.949
50% Perc	7.637.137	7.951.726	8.042.537	8.036.215	7.645.205	7.699.022	7.811.834
55% Perc	8.150.221	8.371.648	8.492.293	8.545.507	8.078.589	8.168.028	8.235.754
60% Perc	8.670.655	8.841.078	8.970.602	9.012.871	8.511.943	8.577.573	8.688.573
65% Perc	9.204.502	9.349.529	9.395.617	9.484.072	8.945.803	9.085.353	9.099.637
70% Perc	9.772.771	9.801.973	9.875.937	9.971.516	9.409.680	9.524.411	9.536.569
75% Perc	10.362.750	10.328.590	10.378.670	10.455.120	9.862.965	9.967.905	9.995.924
80% Perc	10.936.820	10.848.940	10.882.940	10.968.130	10.372.500	10.458.580	10.508.090
85% Perc	11.627.460	11.501.210	11.439.800	11.618.840	10.936.120	11.023.690	11.070.490
90% Perc	12.475.460	12.282.490	12.195.110	12.426.970	11.603.070	11.743.500	11.828.270
95% Perc	13.770.090	13.307.490	13.346.050	13.719.310	12.537.920	12.693.830	12.778.840

Fuente: Elaboración propia