



Enseñar la explotación de la tierra,
no la del hombre

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DIVISIÓN DE CIENCIAS ECONÓMICO-ADMINISTRATIVAS

DOCTORADO EN ECONOMÍA AGRÍCOLA

VALORACIÓN EN INCERTIDUMBRE DE INVERSIONES EN LA AGROINDUSTRIA DE CAFÉ EN CHIAPAS, MÉXICO

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTOR EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA

PRESENTA:

ZENÓN HERNÁNDEZ ÁLVAREZ

Bajo la Supervisión del: **DR. IGNACIO CAAMAL CAUICH**



DIRECCION GENERAL ACADÉMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXÁMENES PROFESIONALES



Chapingo, México, Diciembre de 2018.

**VALORACIÓN EN INCERTIDUMBRE DE INVERSIONES EN LA
AGROINDUSTRIA DE CAFÉ EN CHIAPAS, MÉXICO**

TESIS REALIZADA POR **ZENÓN HERNÁNDEZ ÁLVAREZ** BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ ASESOR INDICADO, APROBADA POR EL MISMO Y ACEPTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTOR EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA

DIRECTOR:



DR. IGNACIO CAAMAL CAUICH

ASESOR:



DR. MIGUEL ÁNGEL MARTÍNEZ DAMIÁN

ASESOR:



DRA. VERNA GRICEL PAT FERNÁNDEZ

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	1
Antecedentes.....	1
Planteamiento del problema	4
Justificación	6
Objetivo general.....	7
Objetivos particulares	7
Hipótesis general	7
Hipótesis particulares.....	7
1 EL MERCADO DEL CAFÉ	9
1.1 Mercado mundial.....	9
1.2 Mercado nacional.....	15
1.3 Café diferenciado.....	19
1.4 El café en Chiapas	23
2 MARCO TEÓRICO	25
2.1 El mercado y sus teorías.....	25
2.2 Economía financiera	37
2.3 El principio de ausencia de arbitraje	38
2.4 Equilibrio general	44
3 MARCO DE REFERENCIA	52
4 MATERIALES Y MÉTODOS	55
4.1 Valoración de Inversiones.....	55
4.2 Opciones reales	61
4.3 Tipos de opciones reales	64
4.4 Los indicadores de la valoración tradicional.....	66
4.5 Valoración en incertidumbre	67
5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	77
5.1 La valoración de la agroindustria del café de Chiapas.....	77

5.2	Inversiones en incertidumbre en la agroindustria del café	79
5.3	Tendencia y volatilidad del mercado del café	85
5.4	Opción de salida en la agroindustria del café	91
5.5	El momento óptimo (valor crítico) de realizar una inversión en la agroindustria del café.....	96
5.6	Invertir o abandonar un proyecto en la agroindustria cafetalera	99
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	103
6.1	Conclusiones	103
6.2	Recomendaciones	104
	BIBLIOGRAFÍA	106

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Estratificación de los predios cafetaleros.....	15
Cuadro 2. Precio mínimo y prima de comercio justo.	22
Cuadro 3. Comparación entre opciones reales y financieras.	62
Cuadro 4 Efecto de las variables en una opción de compra y una opción de venta.	63
Cuadro 5. Tendencia y volatilidad del mercado del café 1969-2018.....	85
Cuadro 6. Parámetros estimados de los procesos de reversión a la media del café en cuatro mercados diferentes.....	89
Cuadro 7. Café tostado y molido (unidades).	93
Cuadro 8. Flujos de fondos con y sin el proyecto e indicadores.....	93
Cuadro 9. Valor crítico para la empresa cafetalera.	97
Cuadro 10. Datos por kilogramo para estimar los precios umbrales.	99
Cuadro 11. Precios umbrales unitarios con certidumbre e incertidumbre.	100

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Principales productores de café a nivel mundial.	10
Figura 2. Precios nominales del café en el mercado internacional.....	12
Figura 3. Precios reales del café en el mercado internacional.	14
Figura 4. Comportamiento del mercado de café en México.	17
Figura 5. Beneficiarios del programa Fomento Productivo del Café.	19
Figura 6. Localización del estado de Chiapas.....	52
Figura 7. Regiones económicas del estado de Chiapas	54
Figura 8. Diagrama de una opción de compra y una opción de venta.	59
Figura 9. Comportamiento de los flujos de fondos actualizados.	71
Figura 10. Comportamiento de la opción de salida europea.	71
Figura 11. Simulaciones y tendencia del precio del café arábica.....	87
Figura 12. Pronóstico del precio del café arábica con un MBG.....	88
Figura 13. Simulaciones y tendencia de un proceso de reversión a la media del café arábica.	90
Figura 14. Pronóstico de un proceso de reversión a la media del café arábica. ...	91
Figura 15. Opción de salida americana.....	96
Figura 16. Valor de la oportunidad de inversión.	98
Figura 17. Determinación de los precios umbrales L y H.	101

ABREVIATURAS USADAS

A.C.: Asociación Civil

AMECAFÉ: Asociación Mexicana de la Cadena Productiva del Café

CETES: Certificados de la Tesorería de la Federación

CIC: Convenio Internacional del Café

CPLP: Costo medio mínimo a largo plazo

CV: Costo variable medio mínimo a corto plazo

FF: Flujo de fondos

FFA: Flujo de fondos actualizados

FLO: Fairtrade International

FOB: Free On Board (Libre a Bordo)

gr: gramos

ha: hectárea(s)

ICO: International Coffee Organization

INEGI: Instituto Nacional de Estadística y Geografía

INMECAFÉ: Instituto Mexicano del Café

INPC: Índice Nacional de Precios al Consumidor

kg: Kilogramos

MBG: Movimiento browniano geométrico

mm: milímetros

PBI: Producto Interno Bruto

PEA: Población económicamente activa

PMRR: Precio Medio Rural Real

Qq: Quintales; 1 Qq = 46 kilogramos de café oro verde (100 libras) = 36 kilogramos de café tostado

R B/C: Relación Beneficio-Costo

RMS: Relación marginal de sustitución

RMST: Relación marginal de sustitución técnica

RMT: Relación marginal de transformación

S. de S.S.: Sociedad de Solidaridad Social

S.P.R. de R.L.: Sociedad de Producción Rural de Responsabilidad Ilimitada

SAGARPA: La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación

SIACON: Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta

TIR: Tasa Interna de Retorno

TMAC: Tasa media anual de crecimiento

TMC: Tasa media de crecimiento

US cents: Centavos de dólar

USA: United States of America

USDA: Instituto Mexicano del Café

VA: Valor de las opciones implícitas

VAN: Valor Actual Neto

WACC: Costo promedio ponderado del capital

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo y la División de Ciencias Económico-Administrativas por darme la oportunidad de continuar con mi preparación profesional durante estos cuatro años.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico, sin el cual no hubiera sido posible concluir este posgrado.

Al Dr. Ignacio Camal Cauich por el tiempo y los conocimientos proporcionados en la dirección del desarrollo de este trabajo.

A los doctores: Miguel Ángel Martínez Damián y Verna Gricel Pat Fernández por sus valiosas aportaciones.

DATOS BIOGRÁFICOS

Zenón Hernández Álvarez nació en Vicente Guerrero, Puebla, el 4 de noviembre de 1983. Realizó sus estudios a nivel básico en su lugar de origen, posteriormente, se trasladó a la Ciudad de Tehuacán para estudiar la preparatoria, en donde obtuvo el grado de **Técnico en Computación** en el año 2001.

Sus estudios a nivel licenciatura los realizó en la Universidad Autónoma Chapingo durante el periodo de 2001-2007, en donde se graduó con el título de **Ingeniero Agrónomo Especialista en Economía Agrícola**.

De 2008 a 2011 trabajó como asesor y técnico de varias organizaciones cafetaleras en el estado de Chiapas, gestionando recursos para consolidar la red de valor del café diferenciado. También, gestionó y puso en marcha proyectos para grupos de trabajo como técnico independiente de la Secretaría de la Reforma Agraria y de la Secretaria de Desarrollo Social.

De 2011 a 2013 estudió la Maestría en Economía Agrícola y de los Recursos Naturales en la Universidad Autónoma Chapingo, obteniendo en grado de **Maestro en Ciencias**. De 2014 a 2018 estudió el Doctorado en Ciencias en Economía Agrícola en la Universidad Autónoma Chapingo.

RESUMEN GENERAL

VALORACIÓN EN INCERTIDUMBRE DE INVERSIONES EN LA AGROINDUSTRIA DE CAFÉ EN CHIAPAS, MÉXICO*.

El precio real del café es muy volátil en el mercado internacional, la valoración de las inversiones en la agroindustria del café con el enfoque tradicional es insuficiente para capturar su verdadero valor y la flexibilidad de la administración para adaptarse a un mercado cambiante e incierto. La teoría de las opciones reales tiene la ventaja de cuantificar la incertidumbre, la flexibilidad y la irreversibilidad de las inversiones en la agroindustria del café, permitiendo a la directiva decidir el momento oportuno de realizar o abandonar una inversión en la red de valor del café. También explica porque muchas empresas siguen produciendo aun cuando el precio de mercado es inferior al costo variable medio mínimo. Para la empresa en estudio, la opción de abandono tiene un valor de \$139,861.88 (europea) o \$146,940.78 (americana), que da el derecho a vender sus activos en el quinto año o cualquier momento si el valor de mercado del proyecto es inferior al 90% de la inversión inicial (\$1'759,185.54). Se encontró que la directiva debe realizar la inversión cuando el valor de mercado del proyecto sea superior al valor crítico de \$2,481,796.31. Finalmente, se encontró que la empresa debe mantener su opción de invertir viva si el precio de mercado del café es inferior a \$91.47 por kilogramo y una vez en producción debe mantener su opción de abandono viva mientras el precio de mercado sea superior a \$59.18 por kilogramo.

Palabras clave

Opciones reales, opción de salida, opción para invertir, valor crítico.

* Tesis de Doctor en Ciencias en Economía Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo.

Autor: Zenón Hernández Álvarez.

Directo de Tesis: Ignacio Caamal Cauich.

GENERAL ABSTRACT

INVESTMENT UNDER UNCERTAINTY OF INVESTMENTS IN THE COFFEE AGRIBUSINESS' IN CHIAPAS, MEXICO[†].

Real price of coffee is very volatile in the international market, the valuation of investments in the coffee agribusiness with the traditional approach is insufficient to capture its real value and the management's flexibility to be adapted to a changing and uncertain market. The real options theory has the advantage of quantifying the uncertainty, flexibility, and irreversibility of investments in the coffee agribusiness, allowing to the management making a decision of optimal timing of investing or abandon an investment in the coffee value chain. It also explains why so many firms continue producing when market price is smaller than the minimum average variable cost. To the firm under studio, the option to abandon has a value of \$139,861.88 (European put) or \$146,940.78 (American put), which is the right to sell its assets in the fifth year or at any time if the market value of the project is smaller than 90% of the initial investment (\$1'759,185.54). It was found that the management must realize the investment when the project market value may be bigger than the critical value of \$2,481,796.31. Finally, it was found that the firm must keep its option to invest alive if the market price of coffee is smaller than \$91.47 per kilogram and an alive firm must keep its option to abandon while the market price is bigger than \$59.18 per kilogram.

Key words

Real options, option to abandon, option to invest, critical value.

[†] Thesis, Doctor en Ciencias en Economía Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo.

Author: Zenón Hernández Álvarez.

Advisor: Ignacio Caamal Cauich.

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

En la actualidad, la valoración de los proyectos productivos en la red de valor del café mexicano se realiza a través de la valoración tradicional que usa el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) o la Relación Beneficio-Costo (R B/C). Sin embargo, estos indicadores han presentado ciertas desventajas, pues suponen que una inversión es reversible o irreversible, el riesgo es constante y conocido, los flujos de fondos esperados son fijos, subestimando el verdadero valor de las inversiones (Dixit y Pindyck, 1994).

Aunado a la integración económica global, la valoración de inversiones en un mundo con incertidumbre se ha vuelto más insegura, dejando a la vista que la valoración tradicional ya no es suficiente para captar el verdadero valor de las inversiones en todos los sectores de la economía y más en la agroindustria del café en donde el precio del commodity se ha vuelto más volátil, tanto por fenómenos económicos como climáticos.

Esto ha dado lugar al surgimiento una nueva teoría para valorar el riesgo, primero de activos financieros mediante los modelos Black-Scholes y el modelo binomial para opciones financieras europeas y americanas, respectivamente, posteriormente, estos modelos se han adaptado para valorar activos reales; llamando a esta última la teoría de las “opciones reales”, la cual, es capaz de cuantificar la incertidumbre, la flexibilidad y la irreversibilidad de una inversión, brindando a los inversionistas o administradores mayor libertad de acción al momento de tomar decisiones, sea para: poner en marcha un proyecto; esperar ante una mejor oportunidad de mercado para invertir; expandir o contraer la capacidad de una empresa; o en su caso, cerrar una empresa que tiene problemas económicos. Otros modelos diferentes desarrollados dentro de esta

teoría pueden cuantificar y explicar porque muchos empresarios o administradores siguen produciendo aun cuando el precio de mercado es inferior al costo variable medio mínimo a corto plazo, contradiciendo a la teoría clásica de la producción.

En este trabajo, se aplican algunos modelos de la teoría de opciones reales para valorar inversiones en proyectos productivos en la agroindustria del estado de Chiapas (el cual es el principal productor de café tradicional y diferenciado - orgánico, comercio justo y bajo sombra- a nivel nacional), para mostrar cómo se podría cuantificar el “verdadero” valor de los proyectos productivos, tomando en cuenta la incertidumbre del mercado nacional e internacional del café y, con ello recomendar indicadores más adecuados a las instituciones financieras que apoyan dichos proyectos.

La teoría de las opciones reales al cuantificar la incertidumbre que tienen las inversiones en la agroindustria del café permitiría generar una estrategia para que los pequeños productores pudiesen distribuir su riesgo en toda la cadena de valor a través del aseguramiento de sus inversiones. Lo que sería un incentivo para que las empresas sociales en el estado de Chiapas realicen sus propias inversiones, no solo en la producción sino también en la integración de la cadena de valor del café, diversificando la gama de productos y servicios que se ofrecen actualmente a nivel local y nacional. De tal manera, que los productores de las empresas sociales de café en el estado se conviertan en socios-inversionistas activos de dichas empresas.

La gran mayoría de las empresas sociales de café que aún existen se crearon y se mantienen gracias a los subsidios del Estado, sea de forma directa o a través de fondos concursables. Estas empresas surgieron como una alternativa para comercializar el café de los pequeños productores ante la desaparición del INMECAFÉ en 1989, como consecuencia de la liberación internacional del mercado del café. Algunas empresas sociales se han capitalizado más que otras, desde la adquisición de equipo para beneficio húmedo, las menos consolidadas,

hasta la adquisición de infraestructura y equipo para acopio, beneficio seco, torrado y molido, las más consolidadas.

Los subsidios se han adquirido a través de diversos programas a lo largo de más de dos décadas. En un principio, los programas aportaban el 100 % del proyecto (activos fijos y diferidos, así como algunos estudios preoperatorios), mientras que, las sociedades se comprometían a trabajar y hacer un uso racional de los recursos. Sin embargo, la falta de resultados y el incremento de las organizaciones solicitantes ocasionaron que el Estado cambiará las reglas de los programas. Los socios-productores tenían que asumir cierto riesgo aportando un porcentaje del valor total de proyecto, sin embargo, el “ingenio” de los directivos logró evitar el riesgo para los socios, pero sin resultados claros. Los subsidios se han convertido en una “estímulo perverso” que no permiten a las empresas cafetaleras diversificarse o transformarse, puesto que es más fácil cosechar subsidios y apoyos del Estado (Brambila, 2006).

Los productores cafetaleros al igual que cualquier otro inversionista o empresario responden a incentivos, es decir, obtener más con menos, o en términos de la teoría económica, maximizan su bienestar dadas ciertas restricciones físicas, económicas o ambientales. Como las empresas sociales se ha formado gracias a subsidios del Estado, los socios-productores no las consideran de su propiedad y sólo tiene interés en el sobreprecio o el precio base del café diferenciado que obtendrán de la venta de su café en épocas de crisis.

Esto se observa perfectamente cuando el mercado internacional está al alza, entonces el productor vende su producto al mejor postor, sin importarle las consecuencias que ocasionará a su empresa social cuando por falta de producto deje de cumplir sus contratos y, por lo tanto, pierda a sus clientes, y para él mismo, cuando no exista más una organización social que lo cobije en época de crisis, el productor sólo mira a corto plazo y en su propio beneficio. Tanto es así, que algunas organizaciones que habían logrado un cierto grado de consolidación en tiempos de crisis con el sobreprecio del café diferenciado y con los subsidios

del Estado, hoy en día, se han convertido en “elefantes blancos”, porque sus “socios” las abandonaron cuando el mercado estaba al alza.

Una forma de cambiar esto, es que los productores de las empresas sociales dejen de ser socios pasivos y se conviertan en socios activos aportando recursos propios a sus empresas, sin dejar de lado el efecto negativo de las crisis de mercado a nivel internacional, que regularmente golpean al productor cafetalero con mayor fuerza que a los inversionistas en los otros eslabones de la cadena.

La teoría de las opciones reales, como instrumento financiero, permitiría a los productores poder ser socios activos de sus empresas y a la vez cubrirse ante los efectos de las crisis en los mercados internacionales del café oro verde. Al pagar una *prima* o seguro por sus inversiones se cubrirían de la incertidumbre de una caída en los precios y con sus inversiones podrían financiar estrategias que integren varios eslabones de la cadena de valor del café vertical y horizontalmente, colocándose en aquellos eslabones de la cadena donde la volatilidad del mercado es más pequeña y estable, como, por ejemplo, el café molido o tostado, café soluble o cafeterías, en donde el precio real de dichos productos tiende al alza, al contrario de lo que ocurre con el café oro verde que se comercializa como commodity en las bolsas internacionales.

La teoría de las opciones reales también permitiría distribuir el riesgo de mercado evitando los efectos negativos de las crisis en la cadena de valor del café en el Estado. Ayudaría a los productores-socios decidir el momento más oportuno para invertir, expandir o contraer la producción o abandonar aquellos proyectos que no sean rentables. También podría cuantificar el costo de mantener un proyecto activo a pesar de las pérdidas que ocasione, si se le pudiese comparar con el costo que implicaría empezar otra vez desde cero.

Planteamiento del problema

Uno de los principales problemas de que los proyectos productivos fracasen en la red de valor del café se podría atribuir a la forma en cómo se realiza la

valoración de los proyectos, es decir, como se calcula el valor actualizado de los flujos de fondos que generará dicha inversión. En primer lugar, se supone que los flujos de fondos esperados durante el periodo de valoración son fijos o crecientes deterministamente. Segundo, que la tasa de descuento refleja todos los riesgos de la inversión y además considera que es constante, por tanto, se supone que todos los factores que afectan dicha inversión se encuentran reflejados en el VAN, la TIR o la R B/C. Por último, los factores desconocidos, intangibles y difíciles de medir no se consideran o se supone que su valor es nulo.

Con base en estos indicadores que reflejan aspectos técnicos, administrativos y de mercado; el inversionista toma la decisión de invertir si el VAN es mayor que cero, la TIR es superior a la tasa de descuento o la R B/C es mayor a la unidad. Sin embargo, al no considerar aspectos tales como: la incertidumbre de los flujos de fondos esperados, la incertidumbre de la tasa de descuento o las estrategias y los activos intangibles de dichas inversiones se suele sobreestimar o subestimar valor “verdadero” de las inversiones. También, se suelen descartar proyectos novedosos o riesgosos, puesto que su valor actualizado suele ser cercano a cero o negativo y, por lo tanto, no son factibles para ser financiados.

Por lo tanto, se podría afirmar que la valoración tradicional de proyectos en la red de valor del café no promueve el financiamiento de inversiones innovadoras de bienes y servicios que demandan los consumidores, pero sí el financiamiento de proyectos de commodities que incrementan su oferta, seguida de una caída real de sus precios y, en consecuencia, el fracaso de las inversiones.

La valoración tradicional no cuantifica la incertidumbre, la flexibilidad y la irreversibilidad de los proyectos, por tanto, no permite: que los productores cafetaleros aseguren su inversión mediante el pago de una *prima* para acotar sus pérdidas en caso de que el proyecto fracase durante el periodo de valoración; definir el momento más oportuno para llevar a cabo dicha inversión, puesto que a veces la información de mercado es incompleta; y tampoco, permite estimar el momento adecuado de abandonar una inversión que tiene pérdidas.

La valoración tradicional también adolece de la capacidad de cuantificar porque las empresas cuyo precio de su producto en el mercado es menor que su costo medio mínimo en el largo plazo y su costo variable medio mínimo en el corto plazo siguen activas, es decir, siguen produciendo y comercializando su producción aun cuando están perdiendo no solo sus costos fijos, sino también parte de sus costos variables.

Justificación

Para tratar de solventar esta deficiencia que tiene la valoración tradicional las instituciones financieras relacionadas con la red de valor del café, como: la Banca de Desarrollo o los programas federales que destinan recursos al café, podrían utilizar la metodología de las opciones reales en la valoración de las inversiones. Esta teoría permitiría cuantificar la incertidumbre, la flexibilidad y la irreversibilidad de las inversiones que se quieran realizar en la agroindustria del café del estado de Chiapas, distribuyendo el riesgo en toda la cadena de valor del café, de tal manera que los efectos de las crisis no afecten directamente a los productores cafetaleros.

El cuantificar la incertidumbre de una inversión en la agroindustria del café permitiría a la directiva tomar mejores decisiones de llevar a cabo o no dicho proyecto, es decir, la administración puede ser flexible ante los cambios del mercado. Por otro lado, como las inversiones en la red de valor del café son en parte irreversibles, es decir, una vez realizada la inversión no es posible venderla en el mercado y recuperar los recursos derogados como supone la valoración tradicional, las opciones reales ofrecen la oportunidad de medir el costo de abandonar dichas inversiones o seguir trabajando en espera de que las condiciones de mercado mejoren.

Es decir, se cuantifica si la pérdida de abandonar el proyecto es mayor o menor que la pérdida que representaría mantener produciendo a la empresa o parar la producción temporalmente y reiniciar la producción más adelante. A veces, la experiencia de un equipo de trabajo, los gastos de despido y recontractación, la

pérdida de clientes potenciales suele ser más costoso que las pérdidas en que se incurre al esperar que el mercado se recupere. Es decir, que las opciones reales explican en parte porque muchas empresas siguen en el mercado por la “intuición” de la directiva de que los precios de sus productos subirán.

Objetivo general

- Valorar inversiones en condiciones de incertidumbre en la agroindustria del café diferenciado en el estado de Chiapas, México.

Objetivos particulares

- Cuantificar la *prima* de una *opción de salida* de una empresa de café que permita decidir a los inversionistas cuando vender sus participaciones.
- Obtener el *valor crítico* de realizar una inversión en café cuyo valor de mercado es estimado por la valoración tradicional.
- Estimar el rango de precios de café en el que una empresa podría permanecer “inactiva”, o permanecer “activa”.
- Mostrar que una empresa de café no cierra operaciones cuando el precio de mercado de su producto es menor al costo medio mínimo a largo plazo y al costo variable medio mínimo a corto plazo.

Hipótesis general

La teoría de las opciones reales permite estimar el valor actual “verdadero” de las inversiones que se podrían realizar en la agroindustria del café en el estado de Chiapas, puesto que, toma como base la valoración tradicional y la complementa cuantificando la incertidumbre de los mercados tanto de productos como de insumos, la flexibilidad de la directiva al momento de tomar decisiones y la irreversibilidad de las inversiones.

Hipótesis particulares

- Los socios-inversionistas de las empresas sociales de café, al utilizar las opciones reales para valorar sus inversiones en la agroindustria del café, podrán cuantificar el costo o la *prima* que tendrían que pagar para acotar sus

pérdidas a un nivel determinado de la inversión inicial suponiendo que el precio del producto se comporta como una opción americana o europea.

- La cuantificación de la incertidumbre permite estimar un valor crítico del momento más oportuno para realizar la inversión en un proyecto cafetalero, dándole flexibilidad a la directiva para tomar la decisión de invertir o diferir la inversión.
- Existe un rango de precios para las inversiones en la agroindustria del café en el cual los inversionistas estarían dispuestos a esperar antes de poner en marcha un proyecto. Así mismo, existe un rango de precios en el cual las empresas en marcha deciden seguir produciendo. Es decir, existen dos umbrales de precios, un precio máximo para realizar la inversión y un precio mínimo para abandonar o cerrar un proyecto, contradiciendo a la teoría clásica que supone que una empresa cafetalera debe dejar de producir si el precio del mercado es inferior al costo medio mínimo a largo plazo y al costo variable medio mínimo a corto plazo.

1 EL MERCADO DEL CAFÉ

Alrededor de 125 millones de personas en el mundo dependen del café para sobrevivir, de los cuales cerca de 100 millones viven en los países productores. Asimismo, 25 millones de pequeños productores en 50 países en desarrollo producen alrededor del 80% del café en el mundo (FAIRTRADE, 2012). Sin embargo, la mayoría de ellos se enfrentan a grandes problemas debido a la caída dramática del precio real del café en los últimos 100 años. Desde 1970 al 2002, la caída promedio fue de un 3% en el café arábica y de un 5% en el café robusta (Lewin, Giovannucci y Varangis, 2004). Lo que ha incrementado la pobreza de las familias productoras de café con relación a las demás familias del sector rural.

1.1 Mercado mundial

1.1.1 Oferta

La producción mundial de café creció a una tasa de 1.63% al año en el periodo de 1960/61-2015/16, pasando de 65.34 a 153.29 millones de sacos. La participación de la producción arábica en la producción total disminuyó de un 80% en el año agrícola 1960/1961 a alrededor de un 56% en 2015/16, mientras que, la producción de café robusta se quintuplico en 55 años. Durante este periodo, la producción de café arábica solo creció a una tasa de 1.08% anual, por su parte, la tasa de crecimiento del café robusta fue de 2.94% anual. Este incremento acelerado de café robusta se debe, principalmente, a la producción de Vietnam que creció exponencialmente a partir de la década de los noventa, en el ciclo 2015/16 representó el 19.11% de la producción total (USDA, 2016).

En el periodo de mercado por cuotas de 1960/61-1988/89 la producción de café creció a una tasa de 1.43% anual, mientras que, en el periodo de libre mercado (1989/90-2015/16) la producción creció a una tasa de 2.10% al año. Así mismo,

en el periodo de mercado por cuotas, mientras la producción arábica tuvo una tasa de crecimiento 1.18%, la producción de robusta creció una tasa de 2.26% al año. En el periodo de libre mercado, el café arábica y robusta crecieron a una tasa de 1.21 y 3.78%, respectivamente (USDA, 2016).

En los últimos diez años más del 65% de la producción mundial la han aportado Brasil, Vietnam, Colombia e Indonesia (Figura 1). La principal región productora de café es Sudamérica, seguida por Asia y Oceanía (ICO, 2013).

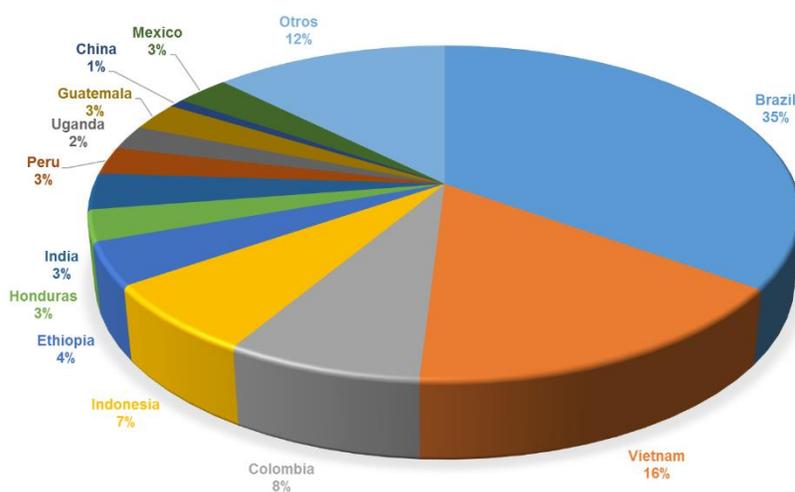


Figura 1. Principales productores de café a nivel mundial.

Fuente: Elaboración propia con datos de la USDA, 2016.

Las exportaciones crecieron a una tasa promedio de 2.17% al año durante el periodo de 1989/90-2015/16, pasando de 83.40 a 132.49 millones de sacos. Sin embargo, en el periodo del mercado por cuotas la tasa de crecimiento de las exportaciones por año fue de 1.63% (USDA, 2016).

Los principales países exportadores en el ciclo 2015/16 fueron: Brasil (27%), Vietnam (21%), Indonesia (8%) y Colombia (9%) que representaron alrededor del 65% del volumen total, México ocupó el lugar doce con apenas 2%. Las importaciones en el ciclo 2015/16 alcanzaron un volumen de 121.04 millones de

sacos. Los principales países importadores fueron: la Unión Europea (37%), USA (21%) y Japón (7%) que constituyeron el 65% del volumen total.

1.1.2 Demanda

En cuanto a la demanda de café a nivel mundial, está creció a una tasa de 1.98% anual en el periodo de 1989/90-2015/16, pasó de 104.13 a 160.53 millones de sacos. Los principales consumidores por excelencia son los países europeos (57%), Estados Unidos (17%) y Japón (6%) que conjuntamente representaron el 80% del consumo mundial en el ciclo 2015/16, el 20% restante lo consumieron los países asiáticos, Europa Central y los propios países productores (USDA, 2016).

El consumo mundial en la primera década del siglo XXI creció a una tasa del 2.4% anual. Así mismo, el consumo en los países productores representó el 30.5% del consumo mundial en 2010/11 y tiende a mantenerse (ICO, 2012).

1.1.3 Precios

Los precios del café en el mercado internacional están determinados por la oferta, la demanda y las expectativas sobre el mercado de futuros. Sin embargo, existen otros factores estructurales en los países productores que han creado periodos de sobreoferta y fenómenos meteorológicos que han generado escasez. El bajo crecimiento de la demanda en los países consumidores, el aumento de la oferta de cafés brasileños y vietnamitas de baja calidad (robustas), el avance de la tecnología de los tostadores para realizar mezclas con diferentes tipos de café y su avance en logística para mantener stocks más pequeños han provocado que el precio real del café en el mercado internacional, haya estado a la baja durante los últimos 100 años (Lewin *et al.*, 2004).

1.1.3.1 Tendencia global

Para observar la tendencia del precio de café, es necesario estudiar periodos largos de series de tiempo. En este caso, se tomó el periodo de 1960-2018, dado que, representa dos etapas importantes en el mercado de café a nivel mundial.

En la Figura 2 se observa que después de la firma del Convenio Internacional del Café (CIC) en 1962 el precio del café se mantuvo estable por un periodo de aproximadamente 14 años, y fue en el año de 1977 cuando el precio del café se disparó hasta alcanzar los 234.45 y 223.75 cents/lb para el café arábica y robusta, respectivamente, a causa de las heladas en Brasil que disminuyeron su producción de 23 a 9.3 millones de sacos entre los ciclos 1975/76 y 1976/77 (-60%). La producción de Brasil pasó de 31.5 a 15.2% de la oferta mundial entre los dos ciclos. El periodo de bonanza no duró más de un año, para 1978 el precio se estabilizó en 162 cents/lb y 147 cents/lb para el café arábica y robusta, respectivamente.

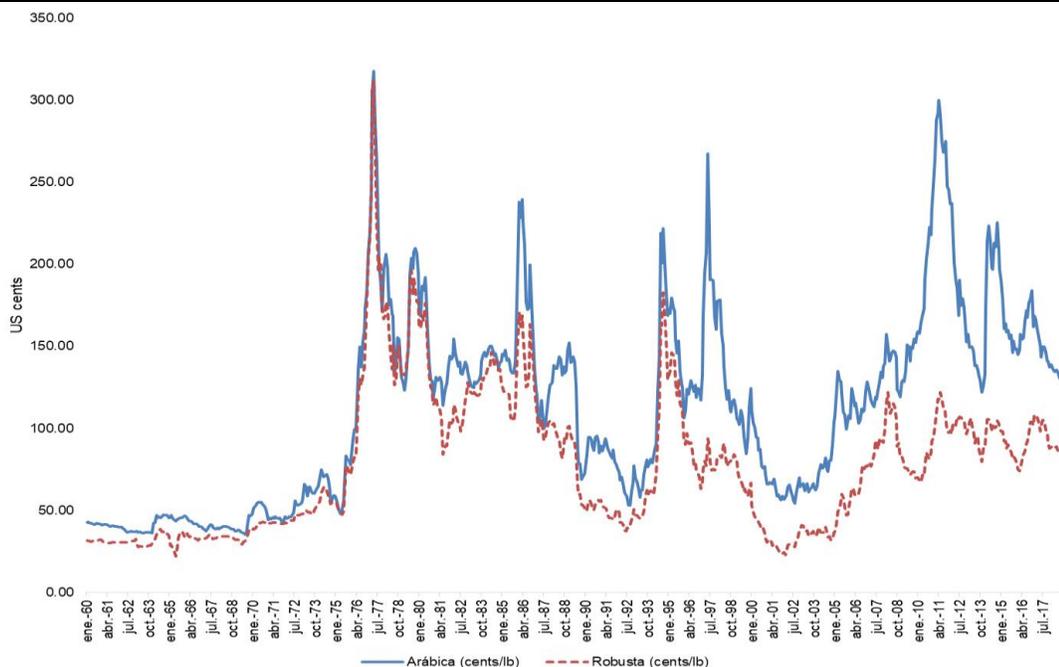


Figura 2. Precios nominales del café en el mercado internacional.

Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial (World Bank, 2018).

La mayoría de los periodos de crisis y bonanza del mercado de café se debe a la sobreoferta o escasez de Brasil, Colombia, Indonesia, y ahora, Vietnam, sin lugar a dudas, estos países son fijadores de precios en el mercado mundial, por el volumen que representa su producción en cada ciclo.

Las crisis en los ciclos agrícolas 1981/82, 1985/86, 1991/92 y el periodo 2000-2004 se deben, principalmente, al exceso de oferta de los principales países productores, en consecuencia, el precio responde a la baja para equilibrar el mercado. Por otro lado, cuando hay escasez de café, principalmente, en Brasil, Vietnam y Colombia el precio tiende al alza como ocurrió en 1986/87, 1995-97 y 2010-11. Esta incertidumbre en el precio del café como consecuencia de un exceso o escasez en la oferta ha hecho más difícil la planeación de la producción para los pequeños productores en los países cuya producción es insignificante en comparación con los principales productores.

Otro factor que afecta a los pequeños productores a escala mundial es la caída real del precio del café (Lewin *et al.*, 2004). Durante el periodo de 1960-2018, el precio real del café arábica cayó en promedio 1.77% al año y el café robusta 2.00% al año. En estos 56 años, el valor del café arábica es 2.2 veces menor que el valor que tenía en 1960, para el café robusta es de 2.6 veces (Figura 3). Así mismo, el café arábica ha presentado una mayor volatilidad (23.66%) que el café robusta (22.22%).

1.1.3.2 *Periodos*

El precio del café desde 1960 hasta 2018 se puede estudiar en dos etapas diferentes. El periodo de 1960-1989 que se caracterizó por la existencia de un sistema de cuotas para evitar la sobreoferta y la caída del precio a través del CIC como una medida a la crisis de 1957. El segundo periodo de 1990-2018 caracterizado por el libre mercado en el que la producción y la demanda se rigen por los precios del mercado internacional (Najera, 2002).

En el periodo de 1960-1989, la caída real del precio del café arábica y robusta fue de 3.11 y 3.26% anual con una volatilidad de 22.14 y 21.83% al año, respectivamente. Sin embargo, en el periodo de libre mercado (1990-2018), el precio real del café cayó 0.36 y 0.68% al año con una volatilidad de 25.15 y 22.60% anual, respectivamente. La liberalización del mercado internacional del café no fue suficiente para mejorar el ingreso de los productores, además, la incertidumbre en su precio se ha incrementado.

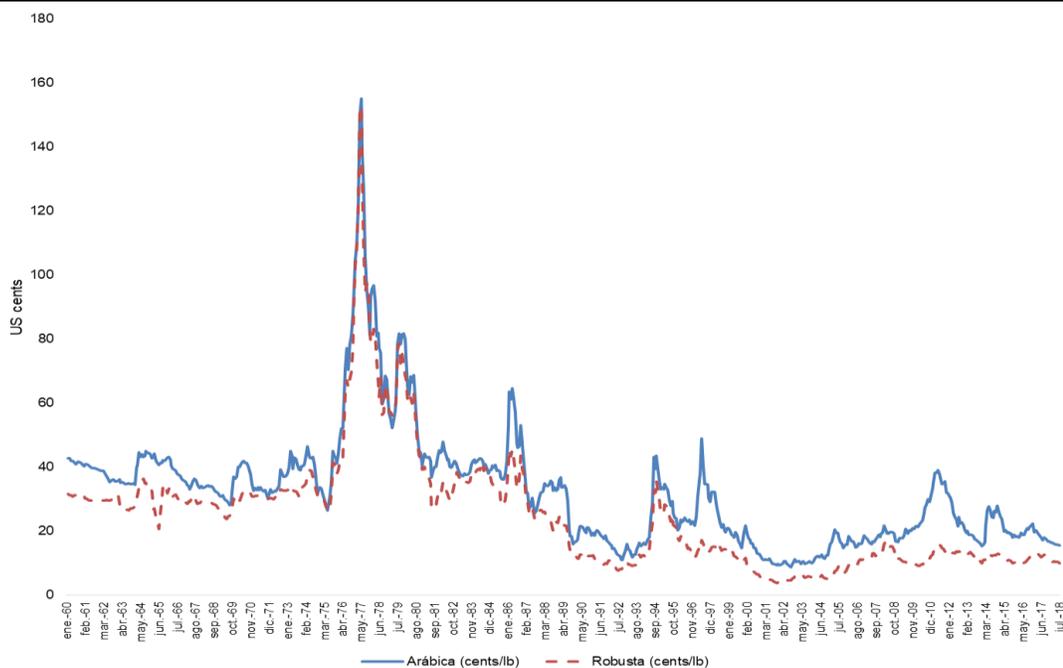


Figura 3. Precios reales del café en el mercado internacional.

Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial Base 1960 (World Bank, 2018).

Por ejemplo, a principios de la década de 1990 los ingresos de los países productores (exportaciones FOB) eran de US\$ 10-12 mil millones, cuando el valor de las ventas al por menor en los países industrializados eran de aproximadamente US\$ 30 mil millones. Sin embargo, en el año 2002 el valor de las ventas al por menor superaban los US\$ 70 mil millones, mientras que los países productores sólo recibieron US\$ 5.5 mil millones (ICO, 2002).

1.2 Mercado nacional

En México, el PIB agropecuario representó el 3.4% del PIB total en el año 2012 y tuvo una tasa de crecimiento real de 6.7% con respecto al año anterior, superior al que registró la economía en su conjunto. La agricultura, por su parte, representó el 57.3% del PIB agropecuario y tuvo un crecimiento real de 12.6% con respecto al año 2011 (INEGI, 2013).

En este contexto, la AMECAFÉ (2012) señala que la producción de café cereza y beneficio seco representó alrededor del 3.4% del PIB agrícola en el 2010 y que el valor de la red de café fue equivalente al 7.1% del PIB agrícola. Así mismo, las exportaciones de café en el ciclo 2011/12 fueron equivalentes a un 3.46% del PIB agrícola de 2012, con un valor de US\$ 875.96 millones.

A pesar de su pequeña participación en el PIB (0.13%), alrededor de 3 millones de personas dependen directa e indirectamente de la red de valor de café. En el país existen cerca de 527,662 productores que cultivan 722,443 hectáreas en 486 municipios. La mayoría de los productores son minifundistas, el 97.95% posee superficies menores a cinco hectáreas, y solo, el 2.05% posee superficies mayores a 5 hectáreas (Cuadro 1).

Además, el 80% de los productores se encuentran en zonas marginadas y el 66% pertenecen a algún grupo indígena. El café genera alrededor de 700 mil empleos y ocupa el 9% de la población activa en la agricultura (AMECAFÉ, 2012).

Cuadro 1. Estratificación de los predios cafetaleros.

Tamaño del Predio (ha)	Productores		Superficie	
	Número	(%)	Hectáreas	%
Hasta 1.00	375,550	69.42	249,519.65	34.54
1.01 - 2	99,977	18.48	149,981.10	20.76
2.01-5	54,364	10.05	171,280.55	23.71
5.01-10	8,411	1.55	57,120.20	7.91
10.01-20	1,673	0.31	23,549.42	3.26
20.01-50	641	0.12	21,483.14	2.97
Más de 50	342	0.06	49,508.70	6.85
Total	540,958	100.00	722,442.76	100.00

Fuente: AMECAFÉ, 2012. Plan de innovación en la cafecultura de México.

Producción y exportación

El café en México tiene una historia de más de 200 años, en la actualidad, su cultivo se realiza en 12 estados de la República agrupados en 4 regiones: la vertiente del Golfo que incluye a Veracruz, Hidalgo, Puebla, San Luis Potosí, Querétaro y el norte de Oaxaca; la vertiente del Pacífico con Nayarit, Jalisco, Colima, Guerrero y Oaxaca; el Soconusco al sureste y el centro-norte de Chiapas; y los Altos con Chiapas y Tabasco (Regalado, 2006).

La producción en el ciclo 2011/2012 fue de 5 millones de sacos, 3.3 millones (66.3%) fueron para el mercado internacional y el resto para el consumo nacional. El 81% de la producción se obtiene de los estados de Chiapas, Veracruz y Oaxaca.

En los últimos diez años, la composición de las exportaciones de café arábica ha sido un 80.6% como café oro verde, 19.1% como café soluble y menos de 1% como café tostado y molido. El café mexicano se exporta a más de 50 países a nivel mundial, pero el principal comprador es Estados Unidos con alrededor del 60% del total.

La producción de café en México desde 1960 hasta la actualidad, ha pasado por dos etapas diferentes: en el periodo de 1962-1989 la producción estuvo controlada por los acuerdos internacionales sobre cuotas de producción; en el periodo de 1989-2012 la producción se ha regido por el libre mercado.

La producción durante el primer periodo creció a una tasa de 3.44% al año, pero después del ciclo 1989/90 la tasa de crecimiento fue de -0.09% anual. En cuanto a las exportaciones estas crecieron a una tasa de 3.40% al año de 1960 a 1989, después de la apertura comercial su tasa de crecimiento fue de -1.24% al año (Figura 4). Las importaciones a partir del ciclo 1993/94 crecieron a una tasa promedio de 6.93% al año, principalmente, café robusta (USDA, 2013).

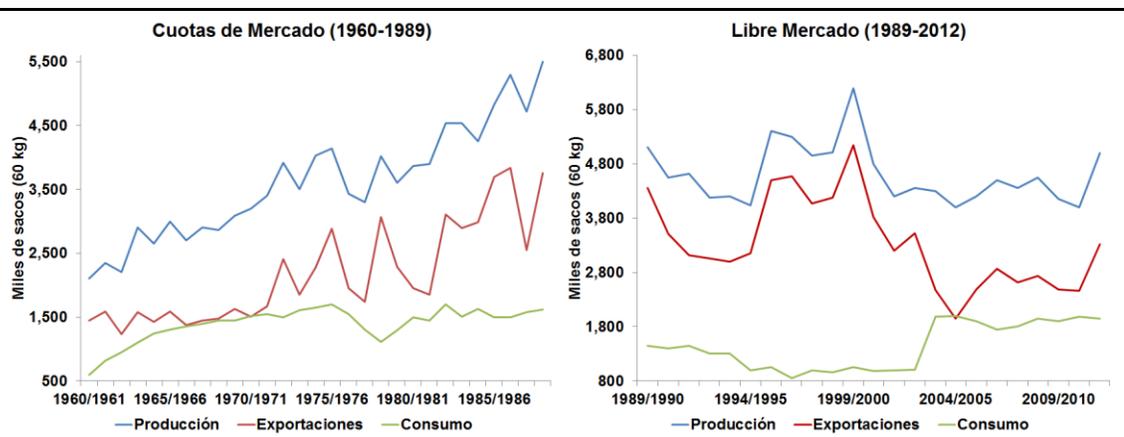


Figura 4. Comportamiento del mercado de café en México.

Fuente: Elaboración propia con datos de la USDA, 2013.

Consumo

El consumo nacional fue de 1.95 millones de sacos, de los cuales, 14.36% fueron importaciones de café robusta (USDA, 2013). El consumo nacional creció a una tasa de 3.55% al año en el primer periodo, para la segunda etapa el crecimiento fue apenas de 1.35%. De 1990 a la fecha el consumo de café se ha diversificado, puesto que, el 49% de la demanda interna es café soluble, mientras, que en el sistema de cuotas el café soluble representaba el 21% del total (USDA, 2016).

Para el 2016 el consumo per-cápita fue de 1.41 kg/persona/año. Los principales canales de consumo fueron: retail (65.70 %), servicio alimentario (21.70 %) e institucional (12.60 %): retail, el 72.70 % del consumo fue café soluble, 25.50 % café molido y el resto café tostado; servicio alimentario, el 66.00 % café molido, 19.90 % café soluble y 14.10 % café tostado; institucional, el 74.40 % café molido, 17.20 % café soluble y 8.40 % café tostado (AMECAFÉ, 2017).

Precio real

El precio real del café en el mercado internacional tuvo una caída de 0.36% anual (deflactado con el Índice de Precios al Consumidor (CPI) de Estados Unidos) a partir de 1990. Sin embargo, la tasa de inflación en un país exportador como México es muy diferente a la de Estados Unidos, por lo tanto, para tener una idea

más clara del impacto del precio al comercializador y productor mexicano, es necesario deflactar los precios nominales con el Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC).

En este caso, se encontró que los precios reales del mercado internacional para los comercializadores de café mexicano en el periodo de 1990-2018 cayeron en promedio un 0.10 y 0.42% al año para el arábica y robusta, respectivamente. Por otro lado, con los datos de los precios pagados al productor en México durante el periodo de 1990-2008, reportados por la ICO (2013), se halló que la caída real del precio del café arábica fue de 1.72% anual.

De la misma forma, con los datos que reporta el SIACON (2018) se encontró que el Precio Medio Rural Real al productor (PMRR) de café cayó a una tasa 2.2% anual, durante el periodo de 1980-2017, es decir, que el precio del café al productor en el año 2017, era 2.3 veces menor al precio que tenía en 1980.

Subsidios

El principal programa de apoyo directo al sector cafetalero es el *Fomento Productivo del Café* que tiene como objetivo incrementar la capitalización de las unidades económicas de producción cafetalera, que permitan elevar el volumen de producción por hectárea y fomenten la comercialización (SAGARPA, 2013).

El apoyo se otorga por productividad (70%) y por hectárea (30%). En años anteriores, por productividad se otorgaron \$160.00 por quintal, hasta 10 quintales por hectárea y hasta 20 hectáreas por productor. Por superficie: café convencional fueron \$410 por hectárea y hasta veinte hectáreas por productor; café sustentable fueron \$560 por hectárea hasta 20 hectáreas por productor. Para los productores de 0.01 a 0.5 hectáreas, el monto fue equivalente a media hectárea y para superficies mayores a 0.5 hectáreas, la parte proporcional, que correspondiese.

El programa Fomento Productivo del Café en el año 2007 entregó \$436 millones que beneficiaron a 310,491 productores con una superficie de 375,521 hectáreas de café, sin embargo, para el año 2012 el apoyo disminuyó a \$290.43 millones (67%) beneficiando a sólo 152,089 productores (49%) con una superficie de 254,080 hectáreas (68%). El monto del apoyo del programa represento el 9% del valor total de la producción en el año 2007, mientras que, para el año 2012 solo representó el 4% (Figura 5). Existen otros programas de apoyo para el café, pero se otorgan vía fondos *concursoables*.

1.3 Café diferenciado

A partir de la década de los ochenta con la apertura comercial a nivel mundial surgen nuevas formas de comercio entre los productores de los países del SUR y los consumidores de los países del NORTE, en las que se busca un intercambio equitativo para los pequeños productores que no pueden competir con las grandes empresas transnacionales que dominan el comercio internacional.

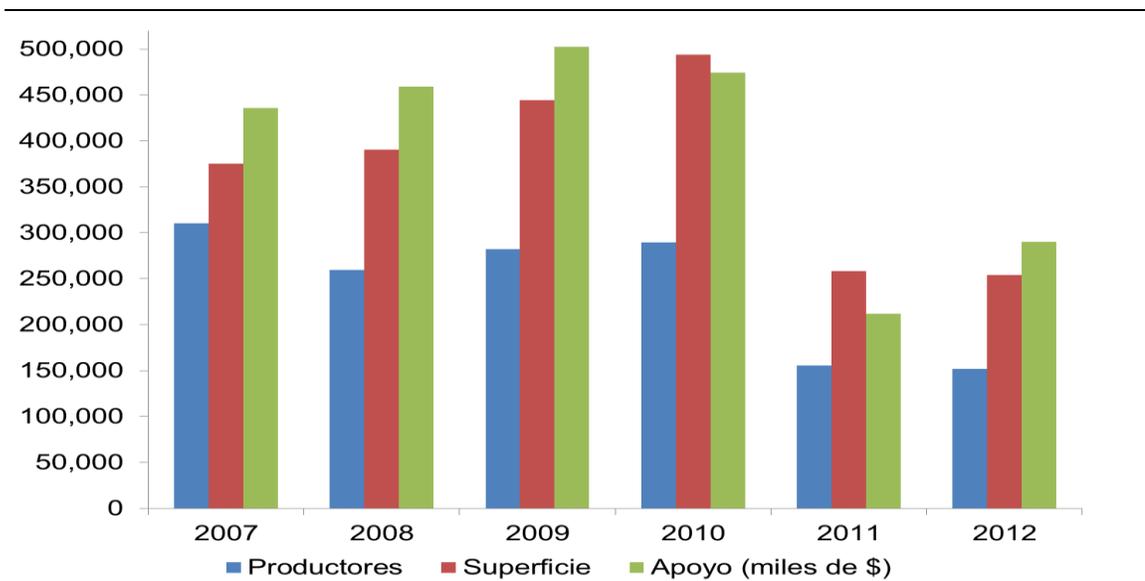


Figura 5. Beneficiarios del programa Fomento Productivo del Café.

Fuente: Elaboración propia con datos de la SAGARPA, 2013.

De esta forma, en el caso del café se empezó a diversificar su producción, apareciendo el café orgánico, el café de comercio justo, el café ecológico, el café

amigo de las aves, entre otros, que permitieron crear nuevos nichos de mercado para los pequeños productores del SUR, surgiendo el concepto de **café diferenciado** como aquel café que puede ser identificado por su origen, proceso definido o características excepcionales como gusto superior (gourmet) o cero defectos, en donde la relación entre el productor y el tostador o consumidor final es más estrecha.

Al inicio, con la aparición de los nuevos nichos de mercado, el pequeño productor se vio favorecido por el sobrepeso que se ofrecía, incentivándolo a cambiar su sistema de producción y a integrarse en pequeñas organizaciones sociales para certificarse y comercializar bajo sus distintos sellos, lo que en pocos años incrementó la oferta de café diferenciado en una mayor proporción que su demanda, haciendo que el proceso de certificación se convierta en un costo elevado para las nuevas organizaciones, mientras que, la demanda se ha vuelto un poco incierta aunado a la recuperación del precio del café convencional, provocando la disolución de muchas organizaciones en el corto plazo debido a la falta de resultados concretos en la mejoría de sus ingresos.

Comercio justo

A finales de 2014 existían alrededor de 445 pequeñas organizaciones certificadas en comercio justo que representaban a 812,000 productores en 30 países con una superficie cultivada de más de un millón 100 mil hectáreas en todo el mundo. La producción certificada como comercio justo en el ciclo 2013/14 fue de 549,000 toneladas (34% tenía también la certificación orgánica), pero solo el 28% de la producción fue vendida en términos del comercio justo (FLO, 2016a).

En el ciclo 2009/10 estas organizaciones vendieron 103 mil toneladas de café (1.72 millones de sacos) a nivel mundial, siendo los principales países exportadores: Perú (25%), Colombia (11%), Nicaragua (9%) y México (9%) con el 49% del volumen total comercializado bajo la denominación de Comercio Justo (FAIRTRADE, 2012).

Por su parte, la ICO (2009) estimó que las importaciones de café orgánico en el ciclo 2007/08 fueron de 613,689 sacos, un 41% superior al promedio anual registrado durante el periodo de 2003/04-2007/08. El principal importador fue Estados Unidos (40%), seguido por Alemania (18%), Suecia (7%), Japón (7%) y Reino Unido (5%). El valor de las importaciones a nivel mundial ascendió a más de US\$ 45.1 millones en el ciclo 2007/08. Pay (2009) menciona que el café orgánico tenía una participación de 2.0 y 2.6% en el mercado europeo y de Estados Unidos, respectivamente.

En el 2011 las exportaciones de café orgánico alcanzaron 871,685 sacos en el mercado mundial. Los principales países exportadores fueron Honduras (32%), Etiopia (16%) y México (15%) con el 63% del volumen total. Así mismo, durante el periodo 2005-2011 éstas se incrementaron a una tasa aproximada de 11% anual. Por otro lado, el destino del 79% del café orgánico fue para USA (37%), Alemania (23%), Bélgica (9%), Suecia (6%) y Japón (5%) (ICO, 2012).

Las exportaciones de México en el ciclo 2007/08 fueron de 119,696 sacos (19% del total), convirtiéndose en el principal exportador de café orgánico en el mundo (ICO, 2009). Para el 2011, ascendieron a 132,925 sacos, ocupando en tercer lugar con el 15% del total (ICO, 2012).

La producción en México de café diferenciado se inició en Chiapas en fincas como Irlanda, San Miguel y Rancho Alegre, y en organizaciones como ISMAM, posteriormente, se extendió a Oaxaca y Guerrero. Así mismo, en el año 2007 en México existía una producción de 11,944 toneladas de café diferenciado (199 mil sacos de 60 kg) en 79,371 ha integradas en 242 organizaciones (Pérez, 2009). Por lo tanto, un porcentaje considerable de café diferenciado se sigue comercializando como café convencional.

Por su parte, el SIACON (2011) registró un total de 20,248 ha de café orgánico a nivel nacional con una producción equivalente de 147,712 sacos de 60 kg. Este volumen representó el 3.7% de la producción total (4 millones de sacos) en el

mismo año. El crecimiento en la superficie de café fue de 4.4% anual durante el periodo de 2003-2011, mientras que la producción creció a una tasa de 4.7% en el mismo periodo. Los principales estados productores fueron: Chiapas (71%), Nayarit (21%) y Oaxaca (6%).

Precio y primas del comercio justo

El sello Comercio Justo ofrece un *precio mínimo* de US\$ 1.01 a 1.40 por libra dependiendo del tipo de café (Cuadro 2). Así mismo, ofrece una *prima* destinada a mejorar las condiciones ambientales, económicas y sociales de los productores en su comunidad. Cuando el café tiene la certificación de café orgánico el precio mínimo se incrementa US\$ 0.30 por libra.

Cuando el café de comercio justo es *café convencional*, el comprador paga al productor el *precio mínimo* o el *precio de mercado*, el que sea mayor, más la *prima*. Cuando es *café orgánico*, el comprador paga al productor el *precio mínimo* o el *precio de mercado*, el que sea mayor, más un *diferencial* de US\$ 0.30 por libra, más la *prima*.

Cuadro 2. Precio mínimo y prima de comercio justo.

Variedad	Calidad	Características	Precio mínimo	Prima
Arábica	Convencional	Lavado	1.40	0.20
		Natural	1.35	0.20
	Orgánico	Lavado	+0.30	0.20
		Natural	+0.30	0.20
Robusta	Convencional	Lavado	1.05	0.20
		Natural	1.01	0.20
	Orgánico	Lavado	+0.30	0.20
		Natural	+0.30	0.20

Fuente: FLO, 2016b.

Para los demás tipos de café diferenciado no se tiene datos sobre los precios pagados a los productores, porque dependen de diversos factores como: el origen, la calidad, la situación del mercado, la reputación del productor, entre otras.

1.4 El café en Chiapas

El estado de Chiapas es el principal productor de café a nivel nacional, según el censo agropecuario 2007 en el estado existían 115,098 unidades de producción con una superficie de 233,506 ha plantadas y 222,068 ha en producción, por su parte, la AMECAFÉ menciona que en el año 2010 existían 183,761 productores de café distribuidos en 241,876.14 ha, de los cuales el 97.7% tiene menos de 5 ha (63% con superficies menores a una ha) y sólo el 2.3% de los productores tienen unidades de producción superiores a las 5 ha (AMECAFÉ, 2012). Por su parte, el SIACON (2011) muestra que el Estado tenía 243,667 ha en producción con un rendimiento medio de 2.24 ton/ha.

El Precio Medio Rural Real al productor chiapaneco ha tendido a la baja al igual que en el resto del país, así durante el periodo de 1980-2017, la pérdida en el poder adquisitivo fue de un 2.1% al año, mientras que, desde la liberalización del mercado de café, el precio real al productor ha caído en 3.95% al año.

El estado de Chiapas durante el periodo 2007-2012 fue el principal receptor del subsidio del programa de Fomento Productivo del Café (37% de apoyo nacional), beneficiando en promedio a 91,418 productores con 135,797 ha, es decir, \$1,620 por productor. Sin embargo, el beneficio sólo cubrió el 49% de los productores y el 55% de la superficie estatal cafetalera (SAGARPA, 2013). El programa difícilmente puede cumplir con su objetivo, porque no se puede aplicar economías a escala en la producción con \$810 por productor al año en superficies menores a media ha.

Café diferenciado

En el año 2011, el estado de Chiapas reportó una superficie cosechada de 11,107 ha de café orgánico con una producción equivalente de 105,023 sacos de 60 kg (71% de la producción orgánica nacional) (SIACION, 2011). Las condiciones de suelo, clima y tenencia (minifundios) de la tierra le han permitido al estado ser el principal productor de café orgánico y, por ende, el que concentra una gran parte

de las organizaciones productoras de café diferenciado, en su mayoría, sociedades de solidaridad social (S. de S.S.), asociaciones civiles (A.C.), cooperativas, sociedades de producción rural, organizaciones de segundo nivel, entre otras.

Entre las organizaciones con cierto grado de consolidación se pueden mencionar a: La Unión de Ejidos San Fernando S.P.R. de R.I.; La Federación Indígena y Ecológica de Chiapas S. de S.S., integrada por 17 organizaciones de primer nivel; ISMAM S de S.S.; Los Productores Orgánicos de la Sierra S de S.S.; entre otras. Las cuales cuentan con cierto nivel de capitalización obtenido a través de los apoyos que ofrece el gobierno estatal y nacional, desde equipo para beneficio húmedo, hasta infraestructura y equipo para el beneficio seco, torrefacción y envasado de café orgánico.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 El mercado y sus teorías

El mercado es un lugar físico o virtual en el que concurren oferentes y demandantes para intercambiar bienes y servicios. El mercado hace uso del dinero como medio de cambio, facilitando el proceso de circulación de las mercancías al tener un valor de uso social reconocido por todos los individuos que participan en él.

El mercado ha existido independiente del modo de producción capitalista, en un principio surge como consecuencia del excedente que trae consigo la división y la especialización del trabajo en el desarrollo de las sociedades (Smith, 1776, pp. 33–54). El mercado es el nexo de unión, el motor, la zona estrecha pero viva en la que surgen las incitaciones, las fuerzas vivas, las novedades, las iniciativas, las múltiples tomas de conciencia, los desarrollos e incluso los progresos (Braudel, 1986, p. 24). El mercado inicia enlazando la producción al consumo: organiza la producción y, orienta y dirige el consumo, diferenciando el valor de uso del valor de cambio de una mercancía. En los inicios del capitalismo el mercado se encuentra en plena expansión, pero carece de densidad, aun hoy el mercado sigue siendo un nexo imperfecto entre la producción y el consumo (Braudel, 1986, p. 51).

En la época de la economía clásica, el mercado vino a solucionar un dilema moral-filosófico cuando expone que todos buscan su interés propio y que nadie se propone con conciencia promover el interés público, ni sabe hasta qué punto lo promueve. Pero que es conducido por la *mano invisible* a promover un fin que no estaba en sus intenciones (Dussel, 2014).

Así, el mercado se convirtió en un mecanismo para asignar los recursos, es decir, descubrir el precio al cual tanto oferentes como demandantes están de acuerdo a intercambiar sus productos. Si la cantidad que se ofrece en el mercado es superior a la cantidad demandada, entonces el precio tenderá a bajar, si la demanda excede a la oferta el precio tenderá a subir. En ambos casos, el nuevo equilibrio se alcanzará hasta que los mercados se vacían. El precio de equilibrio al cual los mercados se vacían se llama precio natural de las mercancías, es decir, es el precio que cubre los costos de producción, distribución y comercialización. Cuando el precio de mercado es inferior al precio natural los oferentes salen del mercado. Por otro lado, si el precio de mercado es superior al precio natural habrá una entrada de oferentes al mercado, de tal manera, que el mercado siempre tenderá a su equilibrio (Smith, 1776, pp. 96–103).

Este equilibrio de mercado lleva un proceso de ajuste, dependiendo del tipo de mercado que se trate, en el subsector agrícola el ajuste puede tardar de uno a varios ciclos de producción, mientras que en el subsector industrial o de servicios puede ser de meses o semanas, respectivamente, afectando principalmente aquellas partes del precio que corresponden a salarios y beneficios.

El comportamiento del mercado descrito es lo que se conoce como mercado de competencia perfecta, sin embargo, puede ocurrir que durante cierto tiempo existan beneficios extraordinarios para algunos individuos como consecuencia de que el precio de mercado se encuentre por encima del precio natural (Smith, 1776, pp. 104–105). El estado también puede conceder la explotación de un producto o servicio a un solo individuo o compañía cuyo precio es el más alto posible que tienen que pagar los consumidores en perjuicio de los mismos, llamado monopolio (Gould y Lazear, 1994, pp. 410–412). En la economía hay dos tipos de intercambio o de mercado: el primero, elemental y competitivo, ya que es transparente; y el segundo, superior, sofisticado y dominante, donde se sitúa el capitalismo (Braudel, 1986, pp. 69–70).

Al analizar el mercado y con ello la competencia perfecta, Smith sienta las bases de lo que se conocería posteriormente como el equilibrio general. Sin embargo, Ricardo, Mill y Marx fueron los primeros economistas clásicos que expusieron la teoría del equilibrio general, pero Marx es el que más se acerca a la teoría actual en su esquema de la reproducción simple del capital y el desarrollo de los precios relativos (Arrow y Hahn, 1971, p. 2).

Walras fue el primero en establecer el concepto de equilibrio general referente a la competencia perfecta, en el que supone que la economía está integrada por unidades familiares y empresas y, el equilibrio de mercado se obtiene cuando un conjunto de precios igualan la oferta y la demanda en cada mercado tanto de bienes como de factores (Arrow y Debreu, 1954).

La relación existente entre los equilibrios competitivos y las asignaciones óptimas fue aclarada por Edgeworth y Pareto que llegaron a la conclusión, que sin importar el punto de partida de las dotaciones iniciales que poseen las unidades familiares nunca se realizaría una transacción si la situación final no fuese más beneficiosa para todas (siempre y cuando las dotaciones iniciales sean estrictamente positivas, por ejemplo, si se trata de un trabajador que sólo dispone de su fuerza laboral, éste tenga empleo remunerado), es decir, ninguna de las unidades familiares realizaría una transacción que la colocase en una situación peor que antes (Arrow y Hahn, 1971, p. 6).

A partir de los años 30 empezaron a surgir detractores de la competencia perfecta y el monopolio como modelos analíticos de las empresas y los mercados, el primero fue Piero Sraffa quien señaló las limitaciones del análisis de la “competencia o del monopolio”, Hotelling, por su parte, afirmó que la realidad se encuentra entre la competencia perfecta y el monopolio (Gould y Lazear, 1994, pp. 488–489).

A continuación, se describe de forma más detallada las teorías de mercado más comunes en la literatura, que surgen como consecuencia de la violación de los supuestos de la competencia perfecta que se describe en primer lugar.

2.1.1 Competencia perfecta

Los mercados en competencia perfecta se caracterizan porque:

- Existen muchos consumidores que adquieren bienes y servicios homogéneos. Cada consumidor es tomador de precios que busca maximizar su bienestar dados los precios y su restricción presupuestaria. Las personas también pueden ser oferentes de servicios productivos donde también se considera que los precios (salarios) están dados.
- Existe una gran cantidad de empresas que producen cada uno de los productos que existen en la economía. Cada empresa solo produce una pequeña parte de la producción total de un bien dado. Además, todas las decisiones de las empresas están enfocadas a maximizar sus beneficios considerando que todos los precios están dados. En el largo plazo existe libre entrada y salida de empresas en cada industria (Nicholson, 2008, p. 336).

La economía está formada por muchas unidades de consumidores y muchas empresas que se relacionan a través de los mercados, generando un conjunto de precios de equilibrio que los vacían, es decir, que la suma de las dotaciones iniciales de cada bien más la producción de las empresas debe ser igual a la demanda total de las cestas bienes que demandan los consumidores (Mas-Colell, Whinston y Green, 1995, pp. 312–316).

Para obtener este conjunto de precios de equilibrio se han utilizado dos enfoques: el equilibrio general y el equilibrio parcial. Sin embargo, por la complejidad que representó en sus inicios el análisis del equilibrio general la mayoría de los autores neoclásicos utilizaron el análisis de equilibrio parcial (un mercado) bajo el supuesto de Leontief:

“si los precios relativos de algún conjunto de bienes permanece constante para todos los fines analíticos, el conjunto puede considerarse como un bien compuesto, cuyo precio puede ser una media ponderada de los precios de todos los bienes y su cantidad definirse de forma tal que el gasto (precio por cantidad) del bien compuesto sea igual a la suma de los gastos individuales del conjunto de bienes” (Arrow y Hahn, 1971, p. 7).

En el equilibrio parcial el precio de equilibrio en el corto plazo que vacía el mercado se obtiene igualando la demanda y la oferta de un bien o servicio (Jehle y Reny, 2011, p. 166). En el largo plazo, también se debe cumplir que la ganancia económica de todas las empresas o de la industria sea cero, de tal manera que ninguna empresa tenga el deseo de entrar o salir de la industria (Gould y Lazear, 1994, p. 380).

En el equilibrio general el conjunto de precios de equilibrio que vacían todos los mercados de todos los bienes y factores se obtiene cuando se cumplen las siguientes tres condiciones: i) cada empresa elige su plan de producción que maximiza su ganancia; ii) cada consumidor elige una cesta de consumo que maximiza su bienestar o utilidad dada la restricción presupuestaria y su riqueza; y iii) la oferta agregada de cada producto es igual a la demanda agregada de dicho producto (Mas-Colell *et al.*, 1995, pp. 314–315).

2.1.2 Competencia imperfecta

2.1.2.1 Monopolio

El monopolio se caracteriza porque una empresa o un grupo de empresas tiene el control exclusivo de un producto (bien o servicio) en un mercado determinado (Varian, 1992, p. 275). Que es el caso extremo respecto a la competencia perfecta.

La existencia de los monopolios se debe principalmente a la existencia de barreras a la entrada, entre las cuales se encuentran las barreras tecnológicas,

legales y financieras. Las barreras tecnológicas se presentan cuando la producción de un bien en cuestión exhibe costos promedio y marginal decrecientes, para un gran intervalo de niveles de producción. También se presenta cuando una empresa tiene exclusivamente el conocimiento de un proceso de producción de bajo costo. Las barreras legales hacen referencia a que los monopolios son creados por ley. Por ejemplo, la protección de un producto a través de una patente, los derechos de autor, la explotación de un recurso natural por parte del Estado, así como, aquellas franquicias de exclusividad para atender un mercado (Nicholson y Snyder, 2012, pp. 502–503).

El monopolio a diferencia de la competencia perfecta toma la demanda de mercado como dada y elige el precio y la cantidad a producir para maximizar su ganancia siempre que el producto marginal sea igual al ingreso marginal (Henderson y Quandt, 1958, pp. 166–169). Siendo ineficiente desde el punto de vista del bienestar puesto que no es eficiente en el sentido de Pareto. Es decir, existe la posibilidad de mejorar el bienestar de los agentes en el mercado sin perjudicar alguno de ellos (Stiglitz y Rosengard, 2015, p. 126).

Puesto que el monopolista controla el precio de venta de su producto puede utilizar la discriminación de precios de tal manera que pueda vender el mismo producto a precios diferentes, ya sea al mismo consumidor o a consumidores diferentes. La discriminación de precios también se puede usar por áreas geográficas, niveles de ingreso o hábitos de consumo (Varian, 2014, pp. 479–502). Para ello, debe conocer muy bien a los consumidores para poder clasificarlos por categorías.

La clasificación tradicional de los tipos de discriminación de precios se debe a Pigou, la cual se describe a continuación:

- Discriminación de precios perfecta: el vendedor cobra un precio diferente para cada unidad de producto, de tal manera que el precio que cobra por cada

unidad es igual a la disposición máxima a pagar por esa unidad. En este caso, si existe eficiencia en el sentido de Pareto.

- Discriminación de precios de segundo grado: los precios varían dependiendo del número de unidades de producto que se adquieren, por ejemplo, las ventas al mayoreo que ofrecen descuento dependiendo de las unidades que se compran.
- Discriminación de precios de tercer grado: se cobran precios distintos a los diferentes compradores, pero cada uno de ellos paga una cantidad constante por cada una de las unidades que adquiere del producto. Por ejemplo, descuento a estudiantes o personas de la tercera edad (Varian, 1992, pp. 284–285).

2.1.2.2 Oligopolio

En la realidad, tanto la competencia perfecta como el monopolio son casos extremos, a veces existen pocos competidores en el mercado, por lo que es difícil afirmar que cada uno de ellos tiene un efecto despreciable sobre el precio, a este tipo de mercado se le llama oligopolio, en el cual existe interdependencia de un número reducido de empresas. En los mercados oligopólicos, al igual que la competencia perfecta también se supone que los productos son homogéneos y las empresas compran insumos en mercados de competencia perfecta (Nechyba, 2011, p. 945).

Por sencillez, se suele analizar el caso de dos empresas, comúnmente llamado **duopolio**, en el cual existen cuatro variables de análisis: la cantidad y el precio que cada empresa elige. Dependiendo de qué empresa elige primero el precio de venta o la cantidad a producir se dice que una de ellas se comporta como líder y la otra como seguidora, ya sea en precio o en cantidad, de tal manera que se estaría hablando de lo que se conoce como una estrategia de un juego consecutivo (Varian, 2014, p. 516).

Cuando no existe información de las decisiones que toma la otra empresa, se dice que se trata de un juego simultáneo. Cuando las empresas se coluden se genera lo que se conoce como juego cooperativo. Los modelos más comunes para analizar el comportamiento del duopolio son: el modelo de Stackelberg, el modelo de Cournot y la competencia de Bertrand. En el caso de que exista colusión entre las empresas se puede analizar como una sola empresa, igual que un monopolio (Nechyba, 2011, p. 946).

El *modelo de Stackelberg* se utiliza para analizar el juego consecutivo, ya sea para cuando el líder elige la cantidad a producir o el precio de venta. Es decir, cuando en el mercado existe una empresa dominante o líder natural. Para que el líder pueda maximizar sus beneficios debe incluir la función de reacción que maximiza los beneficios del seguidor que toma como fija la producción o el precio del líder (Dowrick, 1986).

El *modelo de Cournot* se emplea cuando se analiza un juego simultáneo en la cantidad a producir, es decir, ninguna de las empresas en el mercado sabe con certeza la decisión que tomará el líder o el seguidor, por lo que ambas empresas incluyen la función de reacción de la producción esperada de su competidor al momento de maximizar sus beneficios, de tal manera que obtienen un nivel de producción óptima que a ninguna de ellas le resultaría rentable variar su producción una vez que conocen la decisión que ha tomado la otra empresa (Stigler, 1940).

A diferencia del modelo de Cournot, en el modelo de **competencia de Bertrand** las empresas fijan el precio y dejan que el mercado determine la cantidad. En el caso de productos homogéneos el precio elegido será el de un mercado competitivo, tal que el precio sea igual al costo marginal (Jehle y Reny, 2011, pp. 175–176).

2.1.2.3 Competencia monopolística

A diferencia de los mercados anteriores, la competencia monopolística se puede definir como el mercado donde existe un número relativamente grande de empresas que vende productos diferenciados que no son necesariamente sustitutos perfectos unos de otros (Jehle y Reny, 2011, p. 177). En este caso, el equilibrio de la industria o de las empresas en competencia monopolística deben satisfacer las siguientes tres condiciones:

- Cada una de las empresas elige una combinación de precio y nivel de producción situada en su curva de demanda.
- Cada empresa maximiza sus beneficios, dada la curva de demanda a la que se enfrenta.
- La entrada reduce a cero los beneficios de todas las empresas (Varian, 2014, p. 497).

En el corto plazo el equilibrio en la competencia monopolística se caracteriza porque: i) cada empresa selecciona su nivel de producción a modo de igualar su ingreso marginal con el costo marginal de una empresa representativa típica, y ii) la función de demanda de la empresa debe intersectar a la función de demanda de una empresa típica en el nivel de producción elegido por la empresa. En el largo plazo, el equilibrio está definido por dos condiciones: i) la función de demanda debe ser tangente a la función de costo total promedio, y ii) la función de demanda de una empresa típica debe intersectar a la función de demanda de la empresa y a la función de costo medio en el punto de tangencia (Gould y Lazear, 1994, p. 497).

2.1.3 Fallas del mercado

Las fallas de mercado se presentan cuando no hay eficiencia en el sentido de Pareto, esto es, se puede mejorar el bienestar de algún individuo sin empeorar el bienestar de otros. Existen seis condiciones en las que los mercados no

cumplen con la eficiencia de Pareto y es necesaria la intervención del Estado (Stiglitz y Rosengard, 2015, p. 125). La primera falla de mercado es la *competencia* imperfecta ya abordada.

La segunda falla de mercado es la existencia de los *bienes públicos* que se caracterizan por ser no excluibles, ni rivales, es decir, el disfrute o consumo de dichos bienes por algún individuo no impide su acceso a otros individuos y su consumo no reduce la cantidad disponible, por tal motivo los mercados privados no producen dichos bienes, puesto que una vez producidos sus ingresos son inferiores a sus costos, siendo necesaria la intervención del Estado para su aprovisionamiento. Algunos ejemplos de bienes públicos son el alumbrado público, los faros, el paisaje, el aire, la televisión abierta, etc. (Nicholson y Snyder, 2012, pp. 694–695).

En una economía con bienes públicos y privados –como es casi cualquier economía en la actualidad- no existen asignaciones óptimas en el sentido de Pareto el Estado debe ser el encargado de producir dichos bienes. Para que dicha producción sea eficiente la suma de las disposiciones marginales a pagar debe ser igual al coste marginal de la provisión de cualquier bien público (Varian, 1992, p. 492).

Una tercera falla de mercado son *las externalidades*, las cuales se refieren a los efectos negativos o positivos que generan el consumo o producción de un bien sobre el bienestar de otro individuo o empresa. Regularmente, al no tener un precio de mercado el consumidor o empresa que genera una externalidad negativa no paga el costo a los individuos afectados. Por el contrario, si la externalidad es positiva tampoco se le retribuye al agente que la causó (Nechyba, 2011).

Bajo estas condiciones el primer teorema del bienestar -*cualquier equilibrio en un mercado de competencia perfecta es óptimo en el sentido de Pareto*- no se cumple. Sin embargo, esta falla de mercado se puede corregir internalizando las

externalidades por medio de los impuestos pigouvianos, logrando así una asignación eficiente al realizar una debida redistribución inicial, también conocida como segundo teorema del bienestar -*toda asignación eficiente en el sentido de Pareto puede alcanzarse por medio de un mecanismo de mercado competitivo con la debida redistribución inicial* (Stiglitz y Rosengard, 2015, p. 193).

Otra forma de corregir las externalidades es a través de la correcta definición y asignación de los derechos de propiedad, de tal manera que los individuos o empresas puedan asignar un precio de mercado a tales externalidades para internalizarlas y garantizar la eficiencia de Pareto (Coase, 2013; Nechyba, 2011, p. 761).

El cuarto tipo de falla de mercado se refiere a los *mercados incompletos* que se presentan cuando no existe oferta de un determinado producto pese a que la disponibilidad a pagar de los consumidores es superior a su costo de producción. El mercado de seguros y de capitales es un ejemplo de mercado incompleto, puesto que no ofrece seguros para muchos riesgos importantes que demandan los individuos y el Estado ha tenido que cubrir dichas necesidades, creando seguros para desastres, inundaciones o, seguros para los agricultores contra fenómenos meteorológicos como heladas, sequias, etc. Esta falla de mercado se puede explicar porque hay una constante innovación en el sector, los costos de transacción son elevados y, existen asimetrías en la información y costos elevados para validar el cumplimiento de los contratos (Stiglitz y Rosengard, 2015, pp. 130–131).

Otro factor, que favorece los mercados incompletos es la ausencia de *mercados complementarios*, por ejemplo, en el café la ausencia de empresas que ofrezcan una amplia variedad de cafeteras en el mercado provoca que no existan consumidores de café tostado y molido por lo que los productores tienden a exportar la totalidad de su producto como café oro verde puesto que no existen un incentivo para transformar su producción y tampoco pueden realizar grandes inversiones para la liofilización del producto (Stiglitz, 1989).

La quinta falla de mercado está relacionado con las *fallas de información*, es decir que no todos los agentes en el mercado tienen la misma información (Stiglitz y Rosengard, 2015, p. 134). En un mercado de bienes usados el vendedor posee mayor información de cuales productos están en buenas condiciones y cuáles no, sin embargo, el comprador carece de dicha información. Si el comprador carece de información podría suponer que todos los productos son malos y, por lo tanto, en dicho mercado no realizará ninguna transacción. Esta falla se debe a que existe una externalidad entre los vendedores de productos buenos y productos malos, cuando un vendedor decide vender un producto malo, afecta a la percepción que tienen los compradores de la calidad del producto medio en el mercado, reduciendo el precio que están dispuesto a pagar por dicho producto medio y perjudica a las personas que están tratando de vender productos buenos (Akerlof, 1970).

El propio acto de vender un producto usado envía una señal al comprador de la mala calidad de dicho producto, esto es, siempre se ponen a la venta aquellos productos de los cuales los individuos se quieren deshacer, haciendo más difícil la venta a los propietarios de productos de buena calidad.

Un segundo caso de asimetría de la información es la selección adversa, en donde los productos de mala calidad desplazan a los de buena calidad debido al alto costo de la obtención de información y su efecto es tan nocivo que puede destruir totalmente el mercado (Varian, 2014, p. 776). El riesgo moral, por su parte, se refiere a la ausencia de cuidado de los bienes asegurados por parte de los beneficiarios cuando la prima cubre la totalidad del producto asegurado (Nechyba, 2011, p. 794).

Finalmente, la sexta falla de mercado hace referencia a factores macroeconómicos como el desempleo, la inflación y el desequilibrio económico, pues representan los efectos más visibles de que algo no funciona bien en el mercado (Stiglitz y Rosengard, 2015, p. 136).

2.2 Economía financiera

Una vez analizado el mercado y sus diferentes teorías es necesario analizar la economía financiera como una rama de la teoría económica que se encarga de estudiar el comportamiento de los individuos en la asignación (consumo e inversión) y distribución intertemporal de sus recursos (ingreso y riqueza) en un entorno incierto, así como la interacción de las organizaciones económicas y los mercados institucionales que facilitan dichas transacciones (Marín y Rubio, 2011, p. 4).

La economía financiera se diferencia de las demás ramas de la economía, dado que ha seguido su propia metodología en vez de ser solo más que un enfoque, especialmente con la incorporación del supuesto de ausencia de arbitraje en las interacciones entre los diferentes agentes económicos, logrando que muchas de sus teorías se aplique a otras áreas de la teoría económica (Ross, 1987).

Teniendo en mente la definición de la economía financiera, primero hay que entender cómo se comportan los individuos o agentes económicos al momento de asignar o distribuir sus recursos, puesto que, son a la vez consumidores e inversores. Para ello, se puede dividir su toma de decisiones en dos componentes:

- la decisión de “consumo-ahorro”, donde los individuos deciden cuanto de su ingreso y riqueza destinar al consumo presente y cuanto ahorrar para el consumo futuro, y
- la “selección de carteras”, en la que los individuos o agentes económicos deciden como asignar sus ahorros entre las oportunidades de inversión disponibles en el mercado (Merton, 1990, p. 6).

Los cuales no se puede tomar de forma separada, puesto que, cada agente económico busca maximizar su utilidad esperada, es decir, distribuir de forma óptima su consumo sujeto a su riqueza actual y sus ingresos laborales o financieros que perciba durante toda su vida. En dicho proceso, el individuo o

agente económico puede ahorrar (invertir) o pedir prestado, y es aquí, donde interviene las organizaciones económicas y los mercados institucionales, ya sea para asignar recursos a las empresas o préstamos a los individuos e información a ambas partes (Marín y Rubio, 2011, p. 6).

Cuando los individuos o agentes económicos toman decisiones de como asignar sus recursos, lo que realmente hacen es valorar los activos existentes en el mercado, ya sean activos reales o financieros, a través del enfoque de ausencia de arbitraje o la teoría del equilibrio intertemporal con el fin de maximizar su utilidad esperada.

La valoración de activos bajo el enfoque de ausencia de arbitraje se basa en replicar los pagos futuros de los activos que se quiere valorar tomando como referencia los precios de otros activos que se toman como dados, mientras que desde la perspectiva del equilibrio intertemporal se busca la determinación simultánea de todos ellos y se observa cómo las variables agregadas influyen en la determinación del precio de cada activo (Marín y Rubio, 2011, p. 15). La simplicidad de sus supuestos y la obtención de reglas de valoración explícitas del enfoque de ausencia de arbitraje hizo que se generalizará su uso en la práctica.

La valoración de cualquier activo real o financiero se puede llevar a cabo por cualquiera de los dos enfoques de la economía financiera, no importa si se comercializa en un mercado con incertidumbre o no. En los siguientes apartados se desarrollan ambos enfoques con los cuales se obtienen los métodos que se utilizaron para desarrollar el presente trabajo.

2.3 El principio de ausencia de arbitraje

Para entender la ausencia de arbitraje, primero, se tiene que definir qué se entiende por una oportunidad de arbitraje. Una oportunidad de arbitraje es la posibilidad de tomar posiciones simultáneas de diferentes activos en un mercado de tal manera que se garantice una ganancia positiva más alta que la tasa de interés libre de riesgo (CETES, en el caso de México), si dicha ganancia está

presente, entonces existe una oportunidad de arbitraje (Hirsa y Neftci, 2014, p. 14).

La valoración de activos bajo la ausencia de arbitraje se puede realizar construyendo un portafolio de activos existentes en el mercado cuyos precios se puedan observar, tal que, en cada momento y estado futuros replique los pagos del activo, de tal manera que el costo de comprar dicho portafolio réplica hoy sea igual al precio del activo a valorar (Marín y Rubio, 2011, p. 26). Para mostrar la importancia de este enfoque de valoración se desarrolla un modelo simple de ausencia de arbitraje y posteriormente se enuncia formalmente el primer teorema fundamental de la economía financiera.

2.3.1 El modelo más simple de arbitraje

Sea una pequeña economía con dos activos y dos estados. El vector de precios de los activos en el momento t es $\mathbf{s}'_t = (S_1, S_2)$ y $\mathbf{V}_{t+\Delta t}$ es la matriz de pagos de los dos activos en los dos estados en el momento $t + \Delta t$. Por tanto, esta economía queda definida por el par $\{\mathbf{s}_t, \mathbf{V}_{t+\Delta t}\}$. Si se elige un portafolio $\mathbf{x}' = (x_1, x_2)$ de unidades de cada activo x_i , entonces el valor del portafolio en el momento t es $\mathbf{s}'_t \mathbf{x}$, mientras que, en el momento $t + \Delta t$ el vector de valores de los dos estados es $\mathbf{s}_{t+\Delta t} = \mathbf{V}'_{t+\Delta t} \mathbf{x}$ (James, 2003, p. 227).

Al observar el vector de valores de estado $\mathbf{s}_{t+\Delta t}$, parece posible elegir el portafolio de mayor ganancia, eligiendo simplemente las cantidades adecuadas de cada activo, es decir,

$$\mathbf{x} = (\mathbf{V}'_{t+\Delta t})^{-1} \mathbf{s}_{t+\Delta t}.$$

Esto sólo es posible si $\mathbf{V}_{t+\Delta t}$ es no singular, es decir, ambos activos forman un mercado completo, en el cual, por supuesto no existen oportunidades de arbitraje.

Otra forma de observar la ausencia de arbitraje es a través de los activos Arrow-Debreu. Un activo Arrow-Debreu se puede definir como aquel activo hipotético que paga \$1 si determinado estado de la naturaleza ocurre y nada en caso contrario (Marín y Rubio, 2011, p. 129). En este modelo existen dos activos Arrow-Debreu en el momento t cuyos precios son:

$$\phi_1 = \begin{cases} \$1, & \text{si el estado 1 es alcanzado} \\ 0, & \text{si el estado 2 es alcanzado} \end{cases}$$

$$\phi_2 = \begin{cases} 0, & \text{si el estado 1 es alcanzado} \\ \$1, & \text{si el estado 2 es alcanzado,} \end{cases}$$

este vector $\boldsymbol{\phi}' = (\phi_1, \phi_2)$ de precios de los activos Arrow-Debreu debe cumplir la condición $\mathbf{s}_t = \mathbf{V}'_{t+\Delta t} \boldsymbol{\phi}$ para garantizar que los dos activos formen un mercado completo.

2.3.2 El primer teorema fundamental de la economía financiera

Sea una economía en la que existen n activos financieros y w estados finales. Sea $\mathbf{s}'_t = (S_1, \dots, S_n)$ el vector de precios de los n activos financieros que se negocian en el mercado en el momento t y $\mathbf{V}_{t+\Delta t}$ una matriz de pagos de los n activos en los w estados en el momento $t + \Delta t$, entonces, el par $\{\mathbf{s}_t, \mathbf{V}_{t+\Delta t}\}$ define el mercado de esta economía (Marín y Rubio, 2011, p. 193).

Si el portafolio de activos se representa por el vector $\mathbf{x}' = (x_1, \dots, x_n)$, donde x_i son las unidades del activo i en el portafolio. Entonces, el valor del portafolio en el momento t es $\mathbf{s}_t' \mathbf{x}$, mientras que los posibles valores del portafolio en el momento $t + \Delta t$ son $\mathbf{V}'_{t+\Delta t} \mathbf{x}$. Con esta información se puede definir el primer teorema fundamental de la economía financiera que se utiliza para valorar activos financieros y en el presente trabajo se utiliza para valorar activos reales.

El mercado definido por $\{\mathbf{s}_t, \mathbf{V}_{t+\Delta t}\}$ no presenta oportunidades de arbitraje si y sólo si:

- $\mathbf{V}'_{t+\Delta t} \mathbf{x} \geq \mathbf{0}$, entonces $\mathbf{s}'_t \mathbf{x} \geq \mathbf{0}$, es decir, si un portafolio cualquiera tiene pagos no negativos en el momento $t + \Delta t$, entonces el costo en t de dicho portafolio también debe ser no negativo, o
- existe un vector $\boldsymbol{\phi}' = (\phi_1, \dots, \phi_s)$, tal que $\mathbf{s}_t = \mathbf{V}'_{t+\Delta t} \boldsymbol{\phi}$ y todos los elementos del vector $\boldsymbol{\phi}$ son no negativos (James, 2003, p. 230; Varian, 1992, p. 451).

Si en la matriz $\mathbf{V}_{t+\Delta t}$ el primer activo tiene el mismo rendimiento en todos los estados y es igual a uno, se trata de un activo libre de riesgo, tal que $\phi_0 = \sum_{i=1}^W \phi_i$ es el precio en t de un bono básico que paga \$1 en $t + \Delta t$ con certeza o es el factor de descuento para préstamos libres de riesgo $\phi_0 = 1/(1 + r)$ (Hirsa y Neftci, 2014, p. 29).

2.3.3 Fundamentos de los modelos en certidumbre

En una economía sin incertidumbre de un periodo, suponga que existe un activo que genera un rendimiento total de $R_{t+\Delta t} = 1 + r$ en el momento $t + \Delta t$, tal que el rendimiento libre de riesgo es r . Para evitar que existan oportunidades de arbitraje debe existir otro activo S con valor V_S en el periodo $t + \Delta t$, tal que su precio P_S en el momento t sea

$$P_S = \frac{V_S}{R_{t+\Delta t}},$$

si, por ejemplo, $P_S < \frac{V_S}{R_{t+\Delta t}}$, entonces todos los individuos que no tengan el activo S tomarán préstamos a la tasa libre de riesgo en invertirán en el activo S . En el momento $t + \Delta t$ tendrán $V_S > P_S R_{t+\Delta t}$ (Varian, 1992, pp. 433–434).

Si en esta economía existen T periodos, entonces para que no existan oportunidades de arbitraje deben existir por lo menos T activos independientes, tal que, permitan replicar cada uno de los T periodos futuros de pago del activo a valorar. El valor del activo debe ser igual al portafolio réplica que reproduce todos

los pagos futuros, esto es, igual al valor actual de todos los flujos futuros generados por dicho activo:

$$VA = \sum_{t=1}^T b_t V_t, \quad (1)$$

donde, $b_t = (1 + r)^{-t}$ es el bono básico que paga \$1 en cada periodo futuro t y V_t es el flujo de caja del periodo t desde $t = 1$ hasta $t = T$ (Marín y Rubio, 2011, p. 131). Esta es la fórmula que se utiliza para valorar cualquier activo en un mundo de certidumbre y es la base de la valoración tradicional. Si a la Ecuación (1) se le resta el costo del activo $I_0 = V_0$ se obtiene el Valor Actual Neto (VAN).

2.3.4 Fundamentos de los modelos en incertidumbre

Un caso más realista, es una economía con incertidumbre, donde los pagos futuros que genera un activo son inciertos y dependen de los estados de la naturaleza (Hirsa y Neftci, 2014, p. 16). Para ejemplificar, la aplicación de la ausencia de arbitraje en un mundo con incertidumbre considere una economía de un periodo, tres activos y dos estados posibles:

- El activo seguro $B(t)$, tiene un rendimiento de $e^{r\Delta t}$ en el intervalo de tiempo Δt , sin importar el estado de la naturaleza que ocurra en el momento $t + \Delta t$.
- El activo subyacente $S(t)$, el cual puede asumir dos estados posibles en el momento $t + \Delta t$. El estado al alza, Su y el estado a la baja, Sd .
- Una opción de compra $C(t)$ suscrita sobre el activo subyacente $S(t)$, también, tendrá un estado al alza Cu y un estado a la baja Cd .

Si en esta economía es posible encontrar dos constantes no negativas ϕ_1 y ϕ_2 tal que los precios de los activos cumplan la siguiente igualdad

$$\begin{bmatrix} B(t) \\ S(t) \\ C(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e^{r\Delta t}B(t) & e^{r\Delta t}B(t) \\ Su & Sd \\ Cd & Cd \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \end{bmatrix} \quad (2)$$

entonces, no existirán oportunidades de arbitraje. De la primera igualdad de la Ecuación (2) se desprende que $[e^{r\Delta t}\phi_1 + e^{r\Delta t}\phi_2] = 1$, por tanto, $p = e^{r\Delta t}\phi_1$ y $1 - p = e^{r\Delta t}\phi_2$ se pueden interpretar como las probabilidades de los dos estados de esta economía en ausencia de arbitraje (Hirsa y Neftci, 2014, p. 18). El valor del activo subyacente $S(t)$ y de la opción de compra $C(t)$ en el momento t son:

$$\begin{aligned} S(t) &= \frac{1}{1+r} [pSu + (1-p)Sd] \\ C(t) &= \frac{1}{1+r} [pCu + (1-p)Cd] \end{aligned} \quad (3)$$

Si se despeja p de alguna de las dos ecuaciones se obtiene

$$p = \frac{e^{r\Delta t} - d}{u - d} \text{ y } 1 - p = \frac{u - e^{r\Delta t}}{u - d},$$

que son las probabilidades neutrales al riesgo que se utilizan en el modelo binomial. Y, evidentemente,

$$\phi_1 = e^{-r\Delta t} \left[\frac{e^{r\Delta t} - d}{u - d} \right] \text{ y } \phi_2 = e^{-r\Delta t} \left[\frac{u - e^{r\Delta t}}{u - d} \right]$$

son los precios de los activos Arrow-Drebreu. Así mismo, $C(t)$ en la Ecuación (3) es el valor actual de una opción de compra de un periodo, $Cu = \max[Su - X, 0]$ y $Cd = \max[Sd - X, 0]$ son las condiciones de frontera y, X es el precio de ejercicio de la opción. En el modelo binomial para un periodo, Su y Sd están dados por

$$Su, Sd = S_t \pm \sigma\sqrt{\Delta t},$$

donde, σ es la volatilidad de activo subyacente en el mercado (Cox, Ross y Rubinstein, 1979). De esta manera, se puede observar que al utilizar el teorema

de arbitraje se puede derivar las probabilidades neutrales al riesgo y el valor de la opción de compra del modelo binomial, que se puede extender a T periodos.

Si Δt tiende a dt , cuando T tiende a infinito, entonces el modelo binomial converge a la fórmula de Black-Scholes, donde el activo subyacente sigue un movimiento browniano geométrico (MBG) en tiempo continuo con media μ y varianza σ^2 , es decir, $dS = \mu S dt + \sigma S dW$, donde dW es un proceso de Weiner (Venegas, 2008, pp. 281–288).

2.4 Equilibrio general

A diferencia del enfoque de ausencia de arbitraje en donde los precios de los activos se tomaban como dados, en el enfoque de equilibrio general todos los precios son variables y los agentes económicos toman decisiones óptimas que garantizan el vaciado de los mercados. Este enfoque es más riguroso y general.

2.4.1 Equilibrio estático

El enfoque del equilibrio general estático se encarga de estudiar las condiciones que garantizan la existencia, unicidad y estabilidad de un equilibrio, a través de los supuestos de una economía de intercambio y consumo o de una economía de producción, intercambio y consumo (Segura, 1986, pp. 203–204). A continuación, sólo se describen las condiciones para el equilibrio estático bajo tales supuestos.

2.4.1.1 *Economía de intercambio y consumo*

En esta economía no existe producción sólo el intercambio y consumo de las dotaciones iniciales $\omega_i = (\omega_i^0, \dots, \omega_i^L)$ de los $L + 1$ productos que tiene cada agente representativo $i = 1, \dots, I$. Las preferencias de consumo del agente i están determinadas por la función de utilidad $U_i(c_i)$. Los individuos en esta economía son precio-aceptantes que buscan adquirir la mejor cesta de consumo $c_i = (c_i^0, \dots, c_i^L)$ que puedan pagar dados los precios de mercado $p = (p_0, \dots, p_L)$ y sus

dotaciones iniciales (Marín y Rubio, 2011, pp. 662–663; Mas-Colell *et al.*, 1995, p. 579).

Una economía con intercambio y consumo caracterizada por un vector de asignaciones $c_i^* = (c_i^0, \dots, c_i^L)$ y un vector de precios $p^* = (p_0, \dots, p_L)$ tiene un equilibrio competitivo si:

- Cada agente económico i maximiza su bienestar dadas sus dotaciones iniciales:

$$\begin{aligned} & \text{Máx}_{c_i} U_i(c_i), \quad \forall i = 1, \dots, I \\ \text{s.a.:} & \sum_{\ell=0}^L p_\ell^* c_i^{*\ell} \leq p^* \omega_i, \quad \forall i = 1, \dots, I \\ & c_i^\ell \geq 0, \quad p_\ell \geq 0, \quad \forall i, \ell \end{aligned}$$

- Los mercados se vacían a los precios p^* :

$$\sum_{i=1}^I c_i^{*\ell} \leq \sum_{i=1}^I \omega_i^\ell, \quad \forall \ell = 0, \dots, L$$

La solución de este problema de optimización se puede obtener utilizando las condiciones de Kuhn-Tucker (Lomelí y Rumbos, 2011). Si el problema tiene soluciones interiores, esto es, el agente representativo i consume cantidades estrictamente positivas de cada producto, entonces, el equilibrio existe si:

$$RMS_i^{k,\ell} = \frac{\frac{\partial U_i(\mathbf{c}_i)}{\partial c_i^k}}{\frac{\partial U_i(\mathbf{c}_i)}{\partial c_i^\ell}} = \frac{p_k}{p_\ell}, \quad \forall k, \ell = 1, \dots, L; \quad i = 1, \dots, I.$$

Donde $RMS_i^{k,\ell}$ es la relación marginal de sustitución entre los bienes k y ℓ del agente representativo i . En este caso particular, el equilibrio en una economía con intercambio y consumo se da cuando la RMS para cualquier par de bienes

es la misma para todos los individuos que consuman dichos bienes (Gould y Lazear, 1994, p. 686).

Al sustituir la ecuación anterior en la restricción presupuestaria se obtiene la función de demanda de cada agente i , $c_i(p, p\omega_i)$. Sea $z(p) = \sum_{i=1}^n [c_i(p, p\omega_i) - \omega_i]$ la función de exceso de demanda agregada. Si $z(p)$ es continua, homogénea de grado cero y cumple con la ley de Walras $pz(p) = 0$, entonces, el sistema de ecuaciones $z(p) = 0$ tiene una solución y el equilibrio competitivo existe en esta economía de intercambio y consumo, esto es, existe un conjunto de asignaciones $\{c_1^*, \dots, c_I^*: c_i \in \mathbb{R}^L\}$ y un vector de precios p^* que vacían todos los mercados (Jehle y Reny, 2011, p. 221; Varian, 1992, pp. 371–373).

2.4.1.2 Economía de producción, intercambio y consumo

En una economía con producción, intercambio y consumo cada empresa $k = 1, \dots, K$ tiene un plan de producción $y_k = (y_k^0, \dots, y_k^L)$ que maximiza sus ganancias dadas sus restricciones tecnológicas y de recursos. Si Y es el conjunto agregado de posibilidades de producción de esta economía, entonces el plan de producción $y = \sum_{k=1}^K y_k$ pertenece a Y .

Las empresas son propiedad de los consumidores. Si $y_k(p)$ es la función de oferta neta de la empresa k , $y(p) = \sum_{k=1}^K y_k(p)$ es la función de oferta neta agregada de la economía y θ_{ik} representa la participación del consumidor i en los beneficios de la empresa k . Las ganancias que el consumidor i recibe de todas las empresas dado el vector de precios $p = (p_0, \dots, p_L)$ esta dado por $\sum_{k=1}^K \theta_{ik}(py_k(p))$. Si ahora a las dotaciones iniciales de cada agente representativo i se le agregan las ganancias de todas las empresas en las que tiene participación (Mas-Colell *et al.*, 1995, p. 579; Varian, 1992, pp. 397–419), la restricción del consumidor se convierte en

$$\sum_{\ell=0}^L p_{\ell} c_i^{\ell} \leq p\omega_i + \sum_{k=1}^K \theta_{ik}(py_k(p)),$$

y el equilibrio competitivo, de esta economía caracterizada por un conjunto de asignaciones $\{(c_i, y_k)_{i=1, \dots, I, k=1, \dots, K}\}$ y un vector de precios $p^* = (p_0, \dots, p_L)$, existe si y sólo si:

- Cada una de las empresas maximizan ganancias:

$$\begin{aligned} & \text{Máx} \langle py_k \rangle, \quad \forall k = 1, \dots, K \\ \text{s.a.:} & \sum_{k=1}^K y_k(p) = y, \quad \forall y \in Y \end{aligned}$$

- Cada agente económico i maximiza su bienestar dadas sus dotaciones iniciales:

$$\begin{aligned} & \text{Máx}_{c_i} U_i(c_i), \quad \forall i = 1, \dots, I \\ \text{s.a.} & \sum_{\ell=0}^L p_\ell^* c_i^{\ell} \leq p^* \omega_i + \sum_{k=1}^K \theta_{ik} (py_k(p)), \quad \forall i = 1, \dots, I \\ & \sum_{k=1}^K \theta_{ik} = 1, \quad c_i^{\ell} \geq 0, \quad p_\ell \geq 0, \quad \forall i, \ell \end{aligned}$$

- Los mercados se vacían a los precios p^* :

$$\sum_{i=1}^I c_i^{\ell} \leq \sum_{i=1}^I \omega_i^{\ell} + \sum_{k=1}^K y_{k,\ell}, \quad \forall \ell = 0, \dots, L.$$

De la solución de los problemas de optimización para las empresas y los consumidores se obtiene la función de oferta neta $y_k(p)$ de cada empresa y la función de demanda de cada consumidor $c_i(p^*, p^* \omega_i + \sum_{k=1}^K \theta_{ik} \pi_k(p))$ donde $\pi_k(p) = py_k(p)$ es la ganancia neta de la empresa k .

Sea $z(p) = \sum_{i=1}^I c_i(p^*, p^* \omega_i + \sum_{k=1}^K \theta_{ik} \pi_k(p)) + \sum_{i=1}^I \omega_i + \sum_{k=1}^K y_k$ la función de exceso de demanda agregada con producción. Si el sistema de ecuaciones $z(p) = 0$ tiene solución, entonces el conjunto de asignaciones

$\{(c_i, y_k)_{i=1, \dots, I, k=1, \dots, K}\}$ y de precios $p^* = (p_0, \dots, p_L)$ es un equilibrio competitivo en esta economía con producción, intercambio y consumo (Jehle y Reny, 2011, pp. 225–226; Mas-Colell *et al.*, 1995, pp. 582–583).

En esta economía cuando las empresas usan cantidades de factores estrictamente positivos para la producción de bienes o servicios, el equilibrio en la producción existe si:

$$RMST_k^{i,j} = \frac{\frac{\partial \pi_k(x_k)}{\partial x_k^i}}{\frac{\partial \pi_k(x_k)}{\partial x_k^j}} = \frac{w_i}{w_j}, \quad \forall i, j \in M, \quad k = 1, \dots, K.$$

Donde $x = (x_k^1, \dots, x_k^M)$ es el vector de los factores de la empresa k , $w = (w_1, \dots, w_M)$ es el vector de precios de los insumos y $RMST$ es la relación marginal de sustitución técnica de los factores i y j de la empresa k . En palabras, el equilibrio en la producción se obtiene cuando la $RMST$ entre dos factores cualesquiera es la misma para todas las empresas que utilizan dichos insumos (Gould y Lazear, 1994, p. 695).

Finalmente, si las empresas usan cantidades de insumos estrictamente positivas y los individuos o familias consumen cantidades estrictamente positivas de los bienes, entonces existe un equilibrio interior en esta economía de intercambio y producción cuando la RMS en el consumo es igual a la relación marginal de transformación (RMT) en la producción para cualquier par de bienes y para cada agente representativo que consuma ambos bienes (Gould y Lazear, 1994, p. 716).

$$RMT^{k,\ell} = RMS_1^{k,\ell} = \dots = RMS_I^{k,\ell}, \quad \forall k, \ell \in L.$$

Cuando los individuos o las unidades familiares no tienen dotaciones iniciales, el equilibrio existirá, siempre y cuando estén en condiciones de ofertar su fuerza

laboral en el mercado de trabajo y éste sea de utilidad para producir los bienes y servicios que desea o demanda la sociedad (Arrow y Debreu, 1954).

2.4.2 Equilibrio dinámico o intertemporal

En la realidad las decisiones que toman los individuos no son estáticas, sino que dependen del tiempo. Las decisiones de los individuos se basan en la optimización de la suma descontada del bienestar esperado presente y futuro sujeto a las preferencias, restricciones de recursos, dotaciones iniciales, tecnología disponible e información (Wickens, 2008, pp. 1–2). Para optimizar dicho bienestar es necesario analizar las características del equilibrio general dinámico con certidumbre e incertidumbre.

2.4.2.1 *Economía con intercambio, consumo y movilidad de capitales en certidumbre*

Considere una economía financiera con T periodos y un agente representativo $i = 1, \dots, I$. El agente i tiene una dotación inicial intertemporal $\omega_i = (\omega_{i0}, \omega_{i1}, \dots, \omega_{iT})$ y una cesta de consumo $\mathbf{c}_i = (c_{i0}, c_{i1}, \dots, c_{iT})$ con precios $\mathbf{p} = (p_0, p_1, \dots, p_T)$. Cada individuo tiene unas preferencias de consumo determinadas por la función de utilidad $\sum_{t=0}^T \delta^t u_i(\mathbf{c}_i)$ donde $\delta < 1$ es el factor de descuento. El agente representativo puede prestar y pedir prestado la cantidad m_{it} en cada periodo t a la tasa de interés libre de riesgo r (Marín y Rubio, 2011, pp. 701–702; Obstfeld y Rogoff, 1996, pp. 59–62).

Esta economía de intercambio y activos financieros caracterizada por el conjunto de asignaciones $\{(\mathbf{c}_i, m_{it})_{i=1\dots I}, t = 0, \dots, T\}$ y de precios $\{\mathbf{p}, r\}$ tiene un equilibrio competitivo si:

- Cada agente económico i maximiza su bienestar intertemporal dadas sus dotaciones iniciales y la posibilidad de prestar y tomar prestado a la tasa r :

$$\max_{\mathbf{c}_i} \sum_{t=0}^T \delta^t u_i(\mathbf{c}_i), \quad \forall i = 1, \dots, I$$

s.a. $p_t \omega_{it} + (1+r)m_{it} - p_t c_{it} = m_{i,t+1}, \quad \forall i = 1, \dots, I; t = 0, \dots, T$

- Los mercados se vacían a los precios \mathbf{p} :

$$\sum_{i=1}^I c_{it} \leq \sum_{i=1}^I \omega_{it}, \quad \forall t = 0, \dots, T$$

$$\sum_{i=1}^I m_{it} = 0, \quad \forall t = 0, \dots, T$$

Suponiendo que no existe inflación en esta economía y resolviendo las restricciones del consumidor i en el tiempo, se obtiene la siguiente restricción intertemporal

$$\sum_{t=0}^T \frac{1}{(1+r)^t} c_{it} = \sum_{t=0}^T \frac{1}{(1+r)^t} \omega_{it},$$

donde $1/(1+r)$ es equivalente a un bono básico b_t que da \$1 en el momento t . El modelo de optimización para el agente representativo i se transforma en

$$\max_{\mathbf{c}_i} \sum_{t=0}^T \delta^t u_i(\mathbf{c}_i), \quad \forall i = 1, \dots, I$$

s.a. $\sum_{t=0}^T \frac{1}{(1+r)^t} c_{it} = \sum_{t=0}^T \frac{1}{(1+r)^t} \omega_{it}, \quad \forall i = 1, \dots, I; t = 0, \dots, T$

Cuando hay soluciones interiores, al igual que en el modelo de equilibrio estático, existe un equilibrio competitivo si:

$$RMS_i^{t,t+1} = \frac{\delta \frac{\partial U_i(\mathbf{c}_i)}{\partial c_{i,t}}}{\frac{\partial U_i(\mathbf{c}_i)}{\partial c_{i,t+1}}} = 1+r, \quad \forall t, t+1 = 1, \dots, T, \quad i = 1, \dots, I.$$

la condición anterior se conoce como la ecuación de Euler intertemporal (Ferguson y Lim, 2003, pp. 76–106; Obstfeld y Rogoff, 1996, pp. 2–3).

Por analogía, suponga que el agente representativo $i = 1, \dots, I$ es un bono complejo. Este bono complejo es un activo con pagos arbitrarios V_{it} en $t = 1, \dots, T$, respectivamente, que en el momento actual tienen un precio, VA_i dado por

$$VA_i = \sum_{t=1}^T \frac{1}{(1+r)^t} V_{it}.$$

Si $\mathbf{s} = (VA_1, \dots, VA_I)$ es el vector de precios y \mathbf{V} la matriz de pagos, donde V_{it} es el pago futuro del activo i en el momento t . El par $\{\mathbf{s}, \mathbf{V}\}$ es la estructura financiera completa de esta economía con T periodos, si y solo si existen T bonos básicos con precios dados por las relaciones marginales de sustitución de los agentes que se igualan en el equilibrio:

$$b_t = \frac{UM_i(c_{it})}{UM_i(c_{i0})} = \frac{UM_k(c_{kt})}{UM_k(c_{k0})} > 0, t = 1, 2, \dots, T.$$

Donde UM_i es la utilidad marginal del activo i . Los precios de los bonos completos son únicos y satisfacen la ecuación fundamental de valoración (Marín y Rubio, 2011).

3 MARCO DE REFERENCIA

El estado de Chiapas se ubica en el sureste de México. Colinda al norte con Tabasco; al este y sur con la República de Guatemala y el océano Pacífico; al oeste con el océano Pacífico, Oaxaca y Veracruz. Tiene una superficie de aproximadamente 74,344 mil kilómetros cuadrados (Figura 6) que representa el 3% de la superficie nacional.



Figura 6. Localización del estado de Chiapas

El estado presenta 7 regiones fisiográficas bien definidas que son: la Llanura Costera del Pacífico, la Sierra Madre de Chiapas, la Depresión Central, la Altiplanicie Central, Las Montañas del Oriente, Las Montañas del Norte y la Llanura Costera del Golfo.

El estado tiene abundantes recursos hidrológicos divididos en dos vertientes separadas por la Sierra Madre; la vertiente del Pacífico caracterizada por

crecidas anuales y la vertiente del Atlántico que presenta ríos de régimen regular. Estas dos vertientes representan aproximadamente el 30% de los recursos hídricos del país (INAFED, 2018).

El clima del estado de Chiapas es muy variado, presentando climas del grupo cálido, semicálido, templado y frío, debido principalmente a las modificaciones del relieve del estado. El estado también presenta zonas con abundante lluvia todo el año y otras zonas con una estación de lluvia y una estación seca bien definidas. La temperatura media anual es de 18 grados en los altos de Chiapas y de 28 grados en la Llanura Costera, mientras que la precipitación total anual varía entre 1200 y 4000 mm.

Los recursos naturales del estado son abundantes y contribuyen en gran medida a la riqueza nacional. Chiapas es el segundo estado en cuanto a superficie forestal y aprovechamiento de madera; posee una de las últimas selvas tropicales del hemisferio norte. También aporta el 6.5% de la producción petrolífera nacional y una cuarta parte de la producción de gas natural. Sus recursos hídricos permiten generar alrededor de la mitad de la energía hidroeléctrica de México y el 8% de la energía eléctrica total. Otros recursos económicos de importancia económica son el café, las frutas tropicales y el ámbar. Los suelos del estado son aptos para la agricultura y ganadería debido a la variedad de temperaturas que presenta su territorio.

Chiapas tiene 118 municipios agrupados en nueve regiones económicas que son: Centro, Altos, Fronteriza, Frailesca, Norte, Selva Sierra, Soconusco e Itsmo-Costa (Figura 7). Tiene 4.8 millones de habitantes. El 51% se encuentra en zonas rurales. El 96.9% de la PEA está ocupada y sólo el 3.1% está desocupada. Su aportación al PIB fue apenas de 1.8% en el 2013. El comercio, los servicios, la construcción, la minería petrolífera y los servicios educativos representan aproximadamente el 57% del PIB estatal (INEGI, 2017).

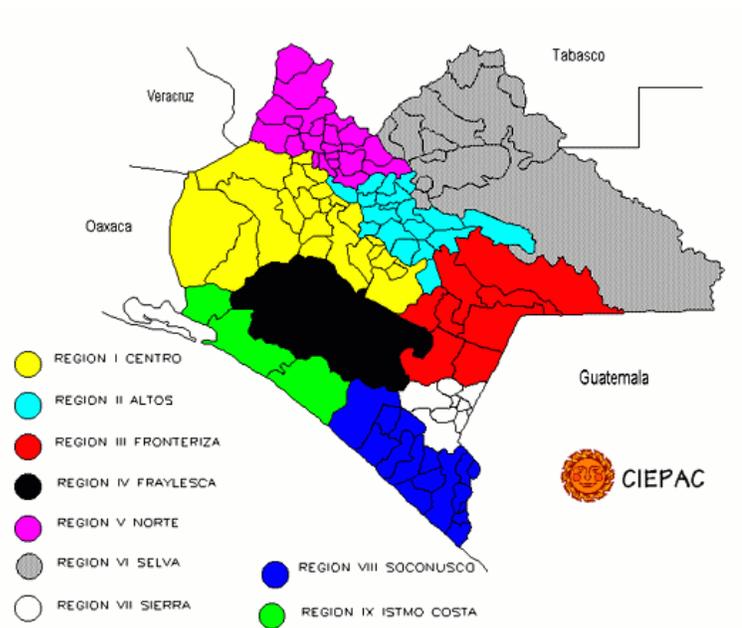


Figura 7. Regiones económicas del estado de Chiapas

En el 2014 los sectores primario, secundario y terciario aportaron el 7, 26 y 67% del total del PIB estatal, respectivamente. El estado cuenta con 155,280 unidades económicas que emplea a 456,013 personas (2.1% de la población ocupada en México). Las actividades económicas estratégicas de la entidad son el turismo nacional e internacional, la agroindustria y la producción de varios productos agrícolas como el café, maíz, cacao, plátano, entre otros (INEGI, 2017).

4 MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente capítulo se describe los modelos de inversión en certidumbre e incertidumbre que se aplicaron a la agroindustria del café en Chiapas, con la finalidad de que sus directivos tengan las herramientas cuantitativas que permitan sustentar la toma de decisiones para poner en marcha o diferir una inversión. Estas herramientas permitirían a los directivos sustentar la decisión de mantener vivo un proyecto una vez en marcha o abandonarlo. También, se describe la forma en que los directivos de las empresas cafetaleras pueden estimar el rango de precios de café para el cual el proyecto debe ser diferido o, en su caso, si el proyecto está en marcha estimar el rango de precios en el cual la inversión debe estar activa, pese a que en algunos casos el precio del producto sea inferior al costo medio.

4.1 Valoración de Inversiones

En el mundo real todo activo tiene valor, por lo tanto, puede ser valorado, aun cuando algunos son más fáciles de valorar que otros, dependiendo de las técnicas de valoración y la existencia de incertidumbre del activo. Por lo tanto, con la valoración se busca determinar el precio más cercano al verdadero valor de un activo.

En la práctica, los especialistas utilizan una gran variedad de modelos para valorar activos, desde los más simples hasta los más sofisticados. Los modelos se pueden agrupar en tres enfoques: a) valoración de flujo de fondos actualizados (valoración tradicional), b) valoración relativa y c) valoración de derechos contingentes (opciones) (Damodaran, 2012). A continuación, se describen los grupos a) y c) como herramientas estratégicas para la valoración de activos bajo incertidumbre en la agroindustria del café en el estado de Chiapas.

4.1.1 Valoración tradicional

La valoración de flujos de fondos actualizados (FFA_t)³ es la base sobre la cual se construyen los demás tipos de valoración, por lo tanto, es necesario entender sus principios para ser capaz de deducir y usar los otros enfoques (Damodaran, 2012). Tiene su origen en la regla del valor actual, que dice que el valor de un activo es el valor presente de los flujos de caja futuros esperados (FF_t) que promete generar, actualizados a la tasa r que refleja el riesgo de sí mismo, es decir,

$$Valor = \sum_{t=1}^n FF_t(1+r)^{-t}$$

El cual se puede realizar desde tres diferentes puntos de vista, como se describe a continuación:

- *El de los accionistas* que se obtiene descontando los flujos de fondos del accionista (equity cash flow) a la tasa de rendimiento exigida por los inversionistas (k_d).
- *El de la empresa* que se calcula actualizando los flujos de caja de la empresa (capital cash flow) al costo promedio ponderado del capital (WACC, por sus siglas en inglés).
- *Por partes o proyectos* que se obtiene valorando cada proyecto o activo de la empresa de forma separada, usando diferentes formas para calcular los flujos de efectivo, así como, diferentes tasas de descuento acorde al riesgo (Damodaran, 2012).

Estos puntos de vista usan diferentes definiciones de flujos de caja (cash flow) y tasas de descuento, no obstante, las valoraciones son consistentes, puesto que,

³ De aquí en adelante se hace uso de los términos flujos de fondos, flujos de efectivo, flujos de caja de manera indistinta.

parten del mismo conjunto de supuestos. Así mismo, el valor de la inversión (patrimonio + deuda) es idéntica, independientemente del punto de vista utilizado.

Los métodos comúnmente usados en la valoración tradicional de proyectos de inversión en el subsector agrícola y la agroindustria del café son: la Tasa Interna de Rendimiento (TIR) y el Valor Actual Neto (VAN).

El Valor Actual Neto (VAN) se define como la diferencia entre la inversión inicial y la suma de los flujos de fondos actualizados a una tasa de descuento previamente determinada (Sapag, Sapag y Sapag, 2014, p. 249).

La Tasa Interna de Rendimiento (TIR) se define como la tasa de actualización a la cual la suma de los flujos de fondos actualizados es igual a la inversión inicial, es decir, es la tasa de descuento para la cual el VAN es igual a cero (Baca, 2013, p. 209).

4.1.2 Supuestos y desventajas

La mayoría de las decisiones de inversión comparten tres características importantes. Primero, la inversión es parcial o completamente *irreversible*, es decir, el costo inicial de la inversión es al menos parcialmente irrecuperable. Segundo, hay *incertidumbre* sobre los rendimientos futuros de la inversión. Tercero, existe cierta *flexibilidad* sobre el momento oportuno para realizar la inversión, es decir, se puede posponer hasta obtener más información sobre el futuro (Pindyck, 1991).

La valoración tradicional supone que una inversión es *reversible*, es decir, que la inversión puede deshacerse y recuperar los gastos si las condiciones de mercado resultan peores de lo esperado, o *irreversible*, se refiere a una estrategia de ahora o nunca, o sea, si la inversión no se realiza ahora, no se realizará nunca (Dixit y Pindyck, 1994, p. 6).

Así mismo, supone desde el principio que todos los flujos de fondos esperados son fijos, ignora que la directiva pueda alterarlos para adaptarlos a las condiciones que imperan en el mercado durante la vida de la inversión; además considera que el riesgo es constante y conocido, aun cuando en la realidad siempre existe *incertidumbre* al momento de tomar decisiones, por lo que, la directiva debe tener la *flexibilidad* necesaria para hacer los cambios adecuados cuando las condiciones lo ameriten. Los supuestos de la valoración tradicional subestiman el verdadero valor de la inversión en la realidad (Mun, 2006, p. 92).

4.1.3 Valoración de derechos contingentes (opciones)

4.1.3.1 Fundamentos de las opciones financieras

Una *opción* es un derecho –no una obligación- de su propietario de comprar o vender un *activo subyacente*, sujeto a ciertas condiciones, en un periodo específico. Una *opción europea*, es aquella que puede ser realizada solo en la fecha de vencimiento, mientras que una *opción americana* se puede ejercer en cualquier momento hasta la fecha de expiración. El precio que se paga en el momento de realizar la opción se llama *precio de ejercicio*. El momento de la realización de la opción se conoce como *fecha de vencimiento* (Mascareñas, Lamothe, López y de Luna, 2004, p. 3).

Las opciones también se pueden clasificar en opciones de compra y venta (Figura 8). Una *opción de compra (call)* ofrece a su propietario el derecho de adquirir un *activo subyacente* en un periodo determinado a un precio específico, mientras que, una *opción de venta (put)* otorga al tenedor el derecho de vender un *activo subyacente* en un periodo determinado a un precio específico (Hull, 2015, p. 213).

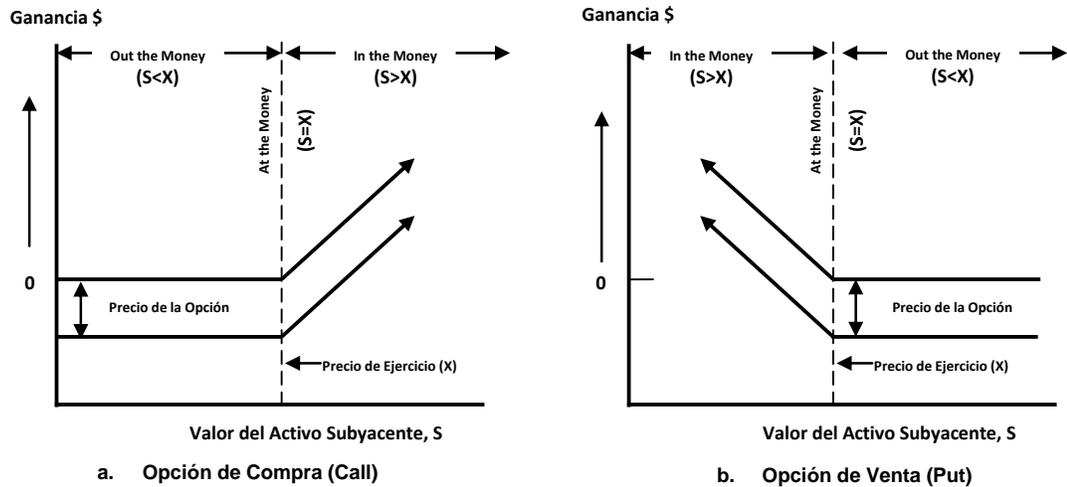


Figura 8. Diagrama de una opción de compra y una opción de venta.

Fuente: Kodukula & Papudesu, 2006

La diferencia entre el precio del *activo subyacente* y el *precio de ejercicio*, permite clasificar las opciones en *in the money*, *at the money* y *of the money*. Una opción *in the money* es aquella que proporciona un flujo de efectivo positivo al propietario en caso de ejercerla de forma inmediata. Una opción *at the money* proporciona un flujo de efectivo igual a cero, mientras que el flujo de efectivo en una opción *out the money* es negativo (Kodukula y Papudesu, 2006, pp. 3–4).

Al celebrar un contrato de *opciones*, siempre se generan dos posiciones, una corta (vendedor) y otra larga (comprador). Ahora bien, si S_T es el precio final del activo subyacente y X el precio de ejercicio, la ganancia de una posición larga en una *call* es de $\max(S_T - X, 0) - ce^{rT}$, mientras que, la ganancia de una posición corta es de $ce^{rT} + \min(X - S_T, 0)$. Por su parte, el beneficio de una posición larga en una *put* es de $\max(X - S_T, 0) - pe^{rT}$ y el de una posición corta es de $pe^{rT} + \min(S_T - X, 0)$. Donde c y p es el precio de una *call* y una *put*, respectivamente (Hull, 2015, pp. 215–217).

En un mercado eficiente, es decir, cuando no existen oportunidades de arbitraje se pueden estimar los límites máximo y mínimo para los precios de las opciones americanas o europeas.

El *límite superior* para el precio de una *call* europea (c) o americana (C) es simplemente el precio del *activo subyacente* al día de hoy, es decir, $c \leq S_0$ o $C \leq S_0$ respectivamente; mientras que, para una *put* europea (p) o americana (P) es el precio de ejercicio actualizado, es decir, $p \leq Xe^{-rT}$ o $P \leq X$, respectivamente (Hull, 2015, pp. 238–239).

El *límite inferior* se desarrolla a partir de dos portafolios. En el caso de una *call* europea, se supone:

- Un *portafolio* A: una *call* europea (c) más un monto de efectivo igual Xe^{-rT} ;
- Un *portafolio* B: un activo subyacente (S_0).

En el portafolio A, si se invierte el efectivo a la tasa libre de riesgo en el tiempo T se tendrá la cantidad X . Si $S_T > X$, la opción es ejercida y el valor del portafolio es S_T , en caso contrario, el valor del portafolio es X . Por lo tanto, en el tiempo T , el valor del portafolio es $\max(S_T, X)$. Por su parte, el portafolio B tiene un valor de S_T al vencimiento. Ambos portafolios tienen el mismo valor y B puede tener un valor superior y como no existen oportunidades de arbitraje, esto también es cierto hoy (Hull, 2017, pp. 253–254). Por lo que, el precio de la opción es $c \geq S_0 - Xe^{-rT}$ y como no puede tener un valor negativo, se tiene que

$$c \geq (S_0 - Xe^{-rT}, 0).$$

Ahora para una *put* europea, también se consideran dos portafolios:

- *Portafolio* A: una opción de venta europea (p) más un activo subyacente (S_0);
- *Portafolio* B: un monto de efectivo igual a Xe^{-rT} .

Si $S_T < X$ la opción será ejercida y el portafolio A tendrá un valor igual a X , en caso contrario, el valor del portafolio es S_T . Por lo tanto, el valor del portafolio A es $\max(S_T, X)$. Como el efectivo se invierte a la tasa libre de riesgo, el valor de la cartera B es X al vencimiento (Hull, 2015, pp. 240–241). Así, el portafolio A vale

tanto como B, incluso más y como el mercado es eficiente, el precio de la opción hoy es $p \geq Xe^{-rT} - S_0$ y como no puede ser negativo, se tiene que

$$p \geq \max(Xe^{-rT} - S_0, 0).$$

Con base en anterior, se puede deducir una importante relación entre los precios de una opción de compra y una opción de venta que tienen el mismo precio de ejercicio al vencimiento, considerando lo siguiente:

- *Portafolio A*: una *call* europea más un monto en efectivo igual a Xe^{-rT} ;
- *Portafolio B*: una *put* europea más un activo subyacente.

En el vencimiento de las opciones ambos tienen un valor de $\max(S_T, X)$, por lo tanto, su valor hoy debe ser el mismo, es decir,

$$c + Xe^{-rT} = p + S_0,$$

esta relación es conocida como *paridad put-call* (James, 2003, pp. 15–21). En la que el valor de una *call* (*put*) europea, con un precio de ejercicio y una fecha de vencimiento determinados, puede determinarse del valor de una *put* (*call*) europea con el mismo precio de ejercicio y fecha de vencimiento.

4.2 Opciones reales

En la actualidad, la realidad empresarial es incierta, las inversiones difícilmente son reversibles y el futuro está lleno de incertidumbre, pese a ello, si existe flexibilidad por parte de la dirección se podrán tomar buenas decisiones en el momento oportuno (Mun, 2006). Para ello, es necesario aplicar nuevos instrumentos de valoración para que el proceso de toma de decisiones tenga credibilidad.

Las *opciones reales* son un instrumento de valoración que permite integrar la flexibilidad en la toma de decisiones estratégicas a través del análisis cuantitativo, también incorporan un proceso de aprendizaje, de tal manera, que la dirección pueda tomar las mejores decisiones cuando la incertidumbre se resuelve con el

paso del tiempo, convirtiéndose en una oportunidad (Zarkos, Morgan y Kouropalatis, 2007).

Una *opción real* es un derecho, más no una obligación, de su propietario para realizar una acción (por ejemplo: diferir, expandir, contraer o abandonar) sobre un activo real (no financiero) a un costo predeterminado llamado *precio de ejercicio* en un periodo prefijado, la vida de la opción (Copeland y Keenan, 1998a). Al igual que las opciones financieras, las opciones reales están en función de seis variables (Cuadro 3). Las cuales son:

1. El precio del activo subyacente (S): indica el valor actual de los flujos de fondos que se espera genere el activo real.
2. El precio de ejercicio (X): es el dinero invertido para ejercer la opción si se compra el activo, o la cantidad de dinero recibida si se vende.
3. El tiempo hasta el vencimiento (t): tiempo que dispone el poseedor de la opción para ejercerla.
4. El riesgo o volatilidad (σ): desviación estándar de los rendimientos del activo subyacente cuyo precio medio es S pero que puede oscilar en el futuro.
5. El tipo de interés sin riesgo (r): refleja el valor temporal del dinero.
6. Los dividendos (D): es el dinero que genera el activo subyacente mientras el propietario de la opción no la ejerce.

Cuadro 3. Comparación entre opciones reales y financieras.

Opción real	Variable	Opción Financiera
• Valor actual de los flujos de fondos del activo real	S	• Precio del activo subyacente
• Costo de inversión o adquisición del activo	X	• Precio de ejercicio
• Tiempo en el que la opción es viable	t	• Tiempo hasta el vencimiento
• Riesgo del activo subyacente	σ^2	• Varianza de los rendimientos del activo subyacente
• Tasa de interés libre de riesgo	r	• Tasa de interés libre de riesgo
• Flujos de fondos a los que se renuncia por no ejercer la opción	D	• Dividendos del activo subyacente

Fuente: Rogers, 2009.

El efecto de estas variables sobre el valor de las opciones se muestra en el Cuadro 4, donde el signo “+” indica que, si la variable aumenta, el valor de la opción también lo hace, y el signo “-” indica que, si la variable aumenta, el valor de la opción disminuye.

Cuando una inversión se considera como una opción real, la ecuación del VAN se debe modificar para incluir el valor de las opciones implícitas (*VA*), es decir,

$$VAN\ total = VAN + VA.$$

Cuadro 4 Efecto de las variables en una opción de compra y una opción de venta.

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

Fuente:(Mascareñas *et al.*, 2004).

Cuya nueva regla de decisión es *aceptar la realización de la inversión, si el valor de los flujos de fondos actualizados es superior a los costos de adquisición e instalación, al menos, en una cantidad igual al valor de mantener viva la opción* (Venegas, 2008, p. 801). Teniendo en cuenta que la decisión de invertir puede ser alterada por el grado de irreversibilidad, la incertidumbre asociada y el margen de maniobra del decisor (Mascareñas *et al.*, 2004). En particular, la valoración de las opciones reales es más importante cuando:

- Existe una decisión de inversión contingente.
- Existe una gran incertidumbre en la que la dirección pueda responder flexiblemente a la nueva información.
- El valor de la inversión está próximo a su umbral de rentabilidad.

Las opciones reales son más que un instrumento de valoración de derechos contingentes sobre activos reales, puesto que, se han convertido en una nueva

forma de pensar que une el campo de la estrategia y el de las finanzas corporativas (Amram y Kulatilaka, 2000). Los componentes de esta filosofía son:

- *Los derechos contingentes.* Una opción real ofrece la oportunidad de tomar una decisión después de ver como varían las circunstancias que rodean al activo subyacente.
- *La valoración de las opciones reales se corresponde con la de los mercados financieros.* Los conceptos y datos de mercado financiero son utilizados para realizar las complejas valoraciones de los flujos de fondos de los activos reales.
- *Diseño y gestión de inversiones estratégicas.* El proceso se descompone en las siguientes fases: la identificación y la valoración de las opciones reales en las inversiones de tipo estratégico; el rediseño para aumentar el valor de las opciones; y la gestión a través de las opciones reales creadas.

4.3 Tipos de opciones reales

Las opciones reales se pueden clasificar en opciones simples, compuestas y arcoíris. Las opciones simples pueden ser *call* (expandir, esperar) o *put* (abandonar, contraer), así como una combinación de *call* y *put* (intercambiar, elegir) (Kodukula y Papudesu, 2006, pp. 62–64). Las opciones compuestas, por su parte, son opciones sobre otras opciones, regularmente, se conocen como opciones de aprendizaje o por etapas (Mun, 2006, pp. 177–180). Por último, las opciones arcoíris son aquellas que tienen múltiples fuentes de incertidumbre. A continuación, se describe de forma detallada cada tipo de opción.

La *opción de expansión* de una inversión proporciona a su propietario el derecho y la capacidad para expandirse en diferentes productos, mercados y estrategias, o para ampliar sus instalaciones actuales a cambio de un coste adicional (X). Esta opción, solo será ejercida cuando el comportamiento futuro del mercado se vuelva claramente favorable. Es una opción secuencial que enlaza distintas fases del crecimiento y expansión, preservando la flexibilidad en la directiva para

emprender la siguiente fase dependiendo de las condiciones del mercado (Mascareñas *et al.*, 2004).

La *opción de esperar o diferir* ofrece a su propietario la flexibilidad para aplazar una inversión hasta que las condiciones de mercado sean favorables, es decir, cuando la incertidumbre se haya reducido o que se tenga mayor información del comportamiento del mercado, o finalmente, cancelar por completo la inversión si el entorno económico no es propicio. El precio de la opción es el costo de oportunidad que debe pagar el tenedor para mantener viva la inversión hasta su vencimiento (Brach, 2003, p. 68).

La ***opción de abandono*** proporciona a su propietario el derecho -más no la obligación- a vender, cerrar o liquidar un activo o empresa (S) a un determinado precio (X) que puede ser el valor de rescate de los activos, cuando las condiciones de mercado cambian o las expectativas no se cumplieron (Trigeorgis, 1993). La opción es ejercida en el periodo T si, el valor de rescate es superior a los flujos de fondos actualizados netos de la empresa en dicho momento, es decir, si $X > S$. Este tipo de opciones incentiva a los inversionistas, pues, acotan sus pérdidas a través de la diversificación del riesgo.

La ***opción de intercambio*** ofrece a su propietario el derecho para intercambiar procesos o modos de producción y operación dependiendo del comportamiento del precio del activo subyacente en el mercado o de la oferta de los factores de producción que son necesarios para el proceso productivo (Trigeorgis, 1996).

La ***opción de elección*** es aquella que da el derecho a su propietario a elegir entre una variedad de opciones, incluyendo las opciones de diferir, expandir, contraer y abandonar (Mun, 2006, p. 174).

Las ***opciones compuestas*** son una opción en otra opción, al ejercer una opción se tiene el derecho sobre otra opción que se desprende de la primera y así sucesivamente. Cada opción posterior depende de la finalización exitosa de la

anterior, de tal forma, que es un proceso secuencial o de aprendizaje. Este tipo de opciones se pueden encontrar en inversiones de nueva tecnología, en investigación y desarrollo de prototipos, en tecnología de la información, etc. Las opciones compuestas pueden ser secuenciales o paralelas también conocidas como simultáneas (Copeland y Keenan, 1998b, p. 131).

Las **opciones arcoíris** son aquellas que tienen múltiples fuentes de incertidumbre, es decir, sus ganancias dependen de dos o más activos subyacentes. En el caso de las opciones reales la incertidumbre puede provenir de diversas fuentes tales como: precios, cantidades, tecnologías y tasas de interés (Kodukula y Papudesu, 2006, pp. 162–163; Rogers, 2009, p. 60).

4.4 Los indicadores de la valoración tradicional

Los indicadores de la valoración tradicional más utilizados en la cadena de valor del café son el VAN, la R B/C y la TIR cuyas expresiones matemáticas son:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=0}^n FF_t(1 + \rho)^{-t}$$

$$R B/C = \left[\sum_{t=0}^n B_t(1 + \rho)^{-t} \right] \left[I_0 + \sum_{t=0}^n C_t(1 + \rho)^{-t} \right]^{-1}$$

$$-I_0 + \sum_{t=0}^n FF_t(1 + \rho)^{-t} = 0$$

Donde: I_0 es inversión inicial, FF_t es el flujo de fondos del año t , ρ : es la tasa de actualización (tasa libre de riesgo más prima de riesgo), B_t son los beneficios en el año t , C_t : son los costos en el año t y t : es el año del proyecto ($t = 0, \dots, 5$).

Estos indicadores dicen que el proyecto debe ponerse en marcha si, el VAN es mayor que cero, la R B/C es mayor que uno y la TIR es mayor que ρ , de otro modo, el proyecto debe ser descartado (Ross, Westerfield y Jaffe, 2013, pp. 135–170).

Sin embargo, estos indicadores no dicen nada sobre el comportamiento que tendrán los precios del café en el futuro y como éstos afectarán a los flujos de fondos en cada periodo. Es decir, no toman en cuenta el riesgo de una caída en los precios del mercado en el caso de que la decisión de invertir sea positiva, por el contrario, si la decisión es negativa, tampoco brindan información de que pasa si las expectativas mejoran con el paso del tiempo.

Cuando estos indicadores se utilizan para obtener el valor de una empresa, al no tomar en cuenta el riesgo presente en los precios de mercado, no prevé la posibilidad de cerrar temporal o permanentemente un proyecto, es decir, estos indicadores son estáticos y las decisiones son de “ahora o nunca”, no permiten la flexibilidad de los directivos de tomar ciertas decisiones arriesgadas haciendo que a veces la “intuición” de la directiva haga caso omiso de dichos resultados.

La necesidad de resolver los defectos de la valoración tradicional ha permitido el desarrollo de nuevos métodos de valoración de inversiones que toman como base dichos indicadores y los mejoran al introducir la incertidumbre, la irreversibilidad y la flexibilidad como parte del valor de un proyecto.

4.5 Valoración en incertidumbre

Para valorar inversiones o proyectos en un entorno incierto es necesario, en principio, analizar la incertidumbre de dichas inversiones a través de la volatilidad de los precios del producto y del costo de los insumos en el mercado, así como del comportamiento que tienen dichos factores, ya sea que tiendan a crecer en el tiempo con una volatilidad variable o que regresen a un valor medio pese a su alta volatilidad en periodos largos de tiempo. Cuantificar la incertidumbre permite saber el riesgo que tienen las inversiones, la incertidumbre es algo desconocido, pero al cuantificarla se convierte en un riesgo conocido para el inversionista. El riesgo es algo que uno tiene y es el resultado de la incertidumbre (Mun, 2006, p. 140).

4.5.1 La volatilidad

La introducción de la incertidumbre en la valoración de inversiones se realiza a través de la volatilidad de los precios y de los insumos más importantes que intervienen en la producción del producto en cuestión (Rogers, 2009, pp. 82–86).

Para estimar la volatilidad se utilizaron las siguientes fórmulas para cada serie de precios o índice de precios real:

$$u_t = \ln(P_t/P_{t-1}) \quad (4)$$

$$\sigma = \sqrt{(12/n) \sum (u_t - \bar{u})^2}. \quad (5)$$

Donde, P_t es el precio del café en el periodo t , $t - 1$, u_t es la tasa de cambio de los precios mensuales, \bar{u} es la media aritmética de u_t , n es el número de periodos totales de la serie y el número doce dentro del radical permite convertir la volatilidad mensual en volatilidad anual representado por σ (Amram y Kulatilaka, 2000; Brambila Paz, 2011). Esta manera de estimar la volatilidad se conoce como volatilidad histórica, puesto que toma los valores pasados para estimar la volatilidad. Dicha volatilidad también se puede obtener empleando series de tiempo, modelos Arch y Garch (Hull, 2015, pp. 521–543). También se puede estimar la volatilidad utilizando el método Montecarlo.

4.5.2 El movimiento browniano geométrico (MBG)

En la vida real los precios de los productos e insumos son estrictamente positivos. Por tanto, la forma correcta de representar el comportamiento de los precios es a través de una función de densidad que no admita valores negativos. En la valoración de activos bajo incertidumbre se utiliza la función lognormal que permite modelar los cambios absolutos de los precios, dx mediante la siguiente ecuación

$$dx = \alpha x dt + \sigma x dz, \quad (6)$$

suponiendo que los cambios porcentuales de los precios (dx/x) se distribuyen como una normal, con media α y varianza σ^2 (Dixit, 1993). Una vez estimada la tasa media de crecimiento (α) y la desviación estándar (σ) de los precios por algunos de los métodos antes mencionados, se puede simular una posible trayectoria del precio futuro del producto en cuestión empleando la Ecuación (6).

4.5.3 Procesos de reversión-media

El MBG supone que los precios siempre estarán al alza en el largo plazo, sin embargo, en la práctica no siempre se cumple dicho supuesto. En algunos casos el precio del producto después de un largo periodo al alza tiende a caer hasta un precio medio \bar{x} (este valor puede ser el costo promedio de producción del producto en el largo plazo, el cual se puede observar si se analizan series de datos de periodos largos), en este caso, los modelos de valoración de inversiones en incertidumbre tienden a emplear el *proceso de Ornstein-Uhlenbeck* en lugar del MBG, el cual se expresa como:

$$dx = \eta(\bar{x} - x)dt + \sigma x dz, \quad (7)$$

donde η es la velocidad de regreso al nivel “normal” \bar{x} (Hirsa y Neftci, 2014).

4.5.4 Procesos jump

Otra forma de analizar el comportamiento del precio del producto y de las materias primas de la empresa, que tienen una tendencia creciente, pero con brincos esporádicos en el tiempo, es empleando un modelo que combine MBGs y procesos jump. Hay muchos productos en donde su precio tiende a comportarse como un MBG pero en ocasiones presenta subidas o caídas repentinas debidas a procesos externos al mercado que no pueden predecirse por dicho proceso. En tal caso, es recomendable emplear el siguiente modelo:

$$dx = \alpha x dt + \sigma x dz - x dq,$$

donde dq representa el salto o caída que pueda tener los precios de los productos o de los insumos debido a condiciones externas a su mercado, como una recesión de la economía o una escasez de productos debido a condiciones meteorológicas (McDonald y Siegel, 1986). Si se conoce la probabilidad de ocurrencia de dichos eventos externos al propio mercado, entonces se tendrá la capacidad de introducirlos al modelo de valoración de una inversión.

4.5.5 Opción de abandono

Al valorar una empresa o proyecto a veces es necesario estimar la prima (costo) que se debería pagar a un fondo para tener derecho a abandonar dicho proyecto en un determinado periodo, recuperando parte de la inversión inicial. Dicha opción de abandono puede ser europea o americana dependiendo del inversor y el fondo. Para la opción europea se puede emplear tanto la fórmula cerrada de Black y Scholes como el modelo binomial.

1. La fórmula de Black y Scholes tiene la expresión siguiente:

$$\begin{aligned}
 p(S, t) &= Xe^{-r(T)} * N(-d_2) - S * N(-d_1) \\
 d_1 &= \left[\ln(S/X) + \left(r + \frac{1}{2} \sigma^2 \right) (T) \right] / \sigma \sqrt{T} \\
 d_2 &= d_1 - \sigma \sqrt{T},
 \end{aligned} \tag{8}$$

donde $p(S, t)$ es el costo en que incurre el inversionista si en el año quinto quiere recuperar X pesos de su inversión inicial en términos reales, S son los flujos de fondos actualizados a una tasa de rendimiento ajustada, r es la tasa de interés libre de riesgo, $N(\cdot)$ es la probabilidad de la distribución normal, T es el período de planeación del proyecto, σ es la volatilidad de los flujos de fondos actualizados, se asume que son replicados por los precios del producto en el mercado (Black y Scholes, 1973).

Por su parte, para obtener la prima por el método binomial, primero se tiene que elaborar el diagrama de la Figura 9 para cinco años aplicando las siguientes ecuaciones: $u = e^\sigma$ y $d = e^{-\sigma}$ (Cox et al., 1979).

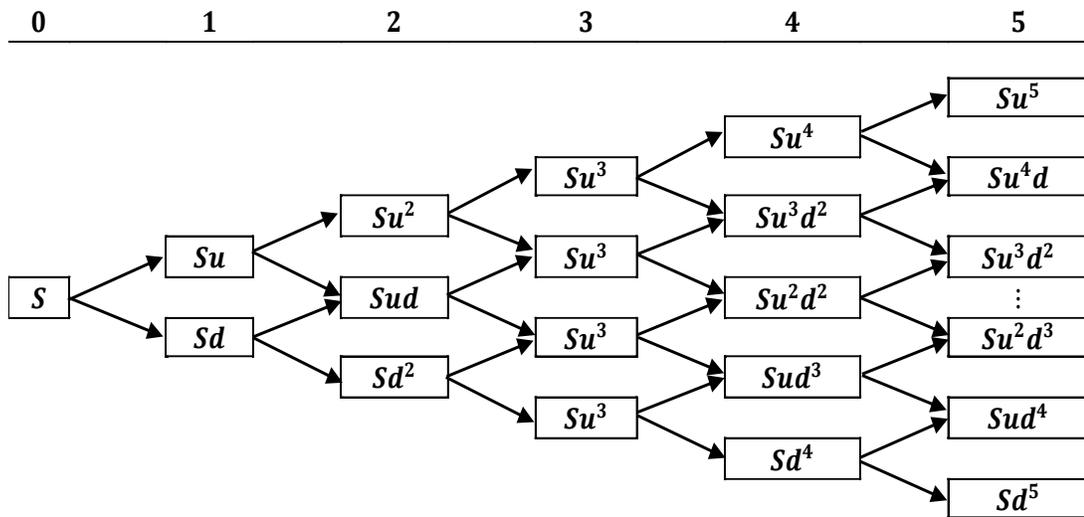


Figura 9. Comportamiento de los flujos de fondos actualizados.

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, se aplica un procedimiento recursivo para obtener el precio de la opción $p(S, t)$ [Figura 10]. El valor de $p_i(S, i)$ desde el periodo cuatro hasta el periodo cero se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$p_i(S, i) = [p * p_{iu}(S, i) + (1 - p)p_{id}(S, i)]e^{-r} \quad \forall \quad i = 4, 3, \dots, 0 \quad (9)$$

$$p = (e^r - d/u - d) \text{ y } 1 - p = u - e^r/u - d$$

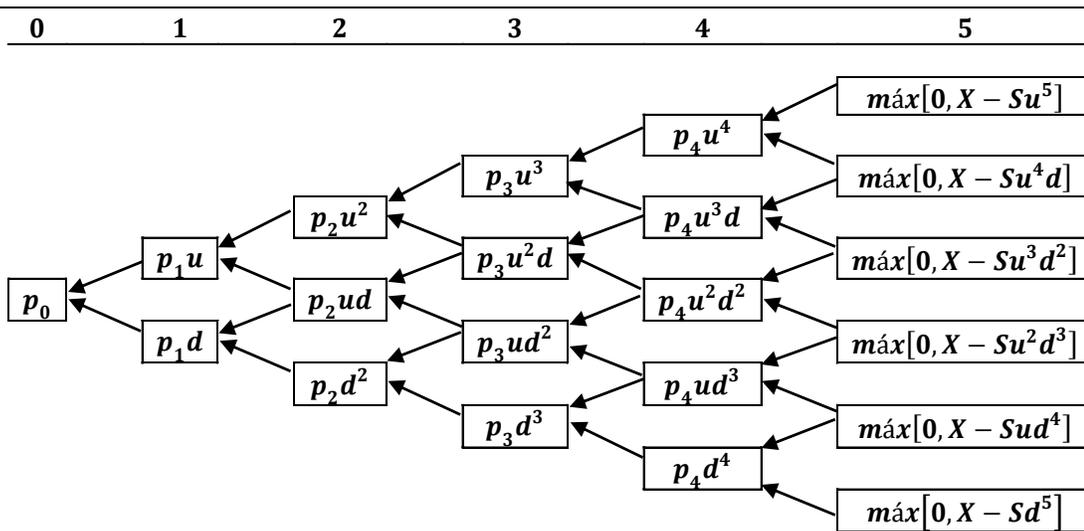


Figura 10. Comportamiento de la opción de salida europea.

Fuente: Elaboración propia.

La prima de la opción de salida americana se obtiene utilizando el modelo binomial, en donde el valor de $p_i(S, i)$ desde el periodo cuatro al cero se obtiene maximizando $[X - S_i, p_i(S, i)]$ en la Figura 10.

4.5.6 Invertir o diferir una inversión

4.5.6.1 *Determinístico*

En el presente caso, la idea básica es decidir en qué momento es oportuno realizar una inversión I a cambio de adquirir un proyecto con valor actualizado V (Dixit y Pindyck, 1994, p. 138). Cuando no existe incertidumbre ($\sigma = 0$) el valor de la opción para invertir $F(V)$ sería, simplemente,

$$F(V) = (Ve^{\alpha T} - I)e^{-\rho T}, \quad (10)$$

donde α es la tasa media de crecimiento de los flujos actualizados (FFA) del proyecto o de los precios de mercado que replican los FFA, ρ es la tasa de actualización y T el momento oportuno para realizar la inversión. Si se maximiza la Ecuación (10) y se despeja T se obtendrá el momento oportuno para invertir,

$$T = \max \left[\frac{1}{\alpha} \ln \left[\frac{\alpha I}{(\rho - \alpha)V} \right], 0 \right]. \quad (11)$$

Sin embargo, también es importante saber el valor crítico V^* mínimo que deben tener los flujos de fondos del proyecto para que la directiva decida invertir inmediatamente.

$$V^* = \frac{\rho}{(\rho - \alpha)} I. \quad (12)$$

Se debe invertir, si $T = 0$ en la Ecuación (11) o, si los FFA del proyecto son mayores que V^* en la Ecuación (12), en caso contrario, se debe diferir la inversión hasta que se cuente con nueva información de los precios del mercado,

la cual se utilizaría para volver estimar el momento oportuno y el indicador del valor crítico.

4.5.6.2 Estocástico (MBG)

Cuando la volatilidad del proyecto es mayor que cero ($\sigma > 0$), la regla de decisión del momento oportuno para realizar la inversión sólo toma la forma de un valor crítico V^* dada por la Ecuación (13), tal que es óptimo invertir si los FFA de la inversión son mayores a dicho valor crítico (Pindyck, 1991).

$$V^* = \frac{\beta_1}{\beta_1 - 1} I, \quad (13)$$

donde,

$$\beta_1 = \frac{1}{2} - \frac{\alpha}{\sigma^2} + \sqrt{\left[\frac{\alpha}{\sigma^2} - \frac{1}{2}\right]^2 + \frac{2\rho}{\sigma^2}} > 1,$$

y el valor de la opción sería

$$F(V) = AV^{\beta_1},$$

con

$$A = \frac{V^* - I}{(V^*)^{\beta_1}} = \frac{(\beta_1 - 1)^{\beta_1 - 1}}{(\beta_1)^{\beta_1} I^{\beta_1 - 1}},$$

Si se compara este valor crítico con la relación Beneficio-Costo se puede observar que, el factor $\frac{\beta_1}{\beta_1 - 1}$ indica el número de veces que los FFA deben ser superiores a la inversión inicial para que el empresario decida llevar a cabo el proyecto en un escenario con incertidumbre.

Puesto que β_1 es mayor que uno, el factor $\frac{\beta_1}{\beta_1 - 1}$ tiene que ser estrictamente superior a uno. Cuando la volatilidad se incrementa, β_1 se acerca más a la

unidad y el factor $\frac{\beta_1}{\beta_1-1}$ aumenta, haciendo que la brecha entre el *FFA* y la inversión inicial sea cada vez mayor.

4.5.7 Combinando estrategias: invertir y abandonar un proyecto

Una empresa que inicia operaciones incurre en un costo fijo I , mientras que una empresa que cierra puede incurrir en un costo fijo X . El costo E para cerrar operaciones podría ser el pago para despedir a los trabajadores. Podría ser también que una parte de la inversión inicial I no sea *irrecuperable*, entonces E sería negativo, representando la inversión que se puede recuperar al cerrar operaciones (Luong y Tauer, 2006).

Una empresa que se encuentra operando se puede considerar como un activo compuesto (*opción compuesta*), parte del cual es una opción de abandono (*put*). Si las condiciones del mercado son demasiado adversas, la empresa ejerce su opción y suspende operaciones, adquiriendo a su vez otro activo llamado opción para invertir (*call*), si las condiciones de mercado mejoran, la empresa vuelve ejercer su opción e inicia nuevamente operaciones. Como los valores de la empresa activa e inactiva están interrelacionados se deben determinar simultáneamente (Dixit y Pindyck, 1994, p. 216).

Una empresa inactiva encontrará óptimo permanecer en ese estado siempre que el precio de mercado P sea menor o igual a H (precio del umbral superior) e invertirá tan pronto como P sea superior a H . Una empresa en operaciones se mantendrá activa siempre que P permanezca arriba de L (precio del umbral inferior), pero abandonará la producción si P cae abajo de L . En el rango de precios entre los umbrales L y H , la política óptima es continuar con el *estado actual*, ya sea que la empresa esté operando o esté cerrada (Dixit, 1989).

Si el precio del producto P sigue un MBG y la inversión, los costos de producción, y la producción son constantes o poco variables en el tiempo, entonces el valor

de la empresa es sólo una función del precio del producto y un componente estocástico representado por el tiempo (Tauer, 2006).

Si $V_0(P)$ denota el valor de la *opción para invertir* (es decir, el valor de la empresa inactiva) y $V_1(P)$ el valor de la empresa activa que es la suma de los beneficios de operación y la *opción de abandono* (Dixit, 1992), entonces la estrategia óptima para ambas opciones (empresa en operaciones y cerrada) toma la forma de dos umbrales de precios L y H tal que $0 < L < H < \infty$ (Price y Wetzstein, 1999). Los precios de estos umbrales se determinan por el siguiente sistema de ecuaciones,

$$\begin{aligned}
 -AH^{\beta_1} + BH^{\beta_2} + \frac{H}{\rho - \alpha} - \frac{C}{\rho} &= I, \\
 -\beta_1 AH^{\beta_1-1} + \beta_2 BH^{\beta_2-1} + \frac{1}{\rho - \alpha} &= 0, \\
 -AL^{\beta_1} + BL^{\beta_2} + \frac{L}{\rho - \alpha} - \frac{C}{\rho} &= -E, \\
 -\beta_1 AL^{\beta_1-1} + \beta_2 BL^{\beta_2-1} + \frac{1}{\rho - \alpha} &= 0.
 \end{aligned} \tag{14}$$

Donde β_1 y β_2 se obtiene de las siguientes igualdades,

$$\begin{aligned}
 \beta_1 &= \frac{1}{2} - \frac{\alpha}{\sigma^2} + \sqrt{\left[\frac{\alpha}{\sigma^2} - \frac{1}{2}\right]^2 + \frac{2\rho}{\sigma^2}} > 1, \\
 \beta_2 &= \frac{1}{2} - \frac{\alpha}{\sigma^2} - \sqrt{\left[\frac{\alpha}{\sigma^2} - \frac{1}{2}\right]^2 + \frac{2r}{\sigma^2}} < 0,
 \end{aligned}$$

como el sistema de ecuaciones es no lineal en los parámetros, no es posible obtener una solución analítica. Sin embargo, la solución existe y es única y se puede obtener por métodos numéricos. De esta forma, se pueden obtener las variables desconocidas restantes que son: los dos precios umbrales H y L y los dos coeficientes no determinados A y B .

Una vez calculados los precios umbrales se pueden definir dos intervalos de precios: el rango $(0, H)$ donde la empresa mantiene viva su *opción para invertir* y el rango (L, ∞) en el cual una empresa en operaciones permanece activa. En el intervalo (L, H) la política óptima para la empresa es continuar con el *estado actual*, ya sea operando o inactiva (Dixit y Pindyck, 1994). Los resultados obtenidos contradicen a la teoría clásica de la empresa, puesto que L es muy inferior al costo variable medio mínimo a corto plazo por debajo del cual la empresa debe dejar de producir (Brambila, 2011; Dixit, 1989).

Es decir, la empresa no inicia actividades hasta que el precio de mercado supera a H , pero una vez que la empresa está produciendo, lo seguirá haciendo a pesar de que el precio de mercado sea inferior a H . La directiva está dispuesta a mantener algunas pérdidas para mantener la opción de abandono activa con la expectativa de que los precios volverán a subir. Sin embargo, si los precios caen más allá de L la empresa cerrará, ejerciendo su opción de abandono.

5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 La valoración de la agroindustria del café de Chiapas

La valoración de inversiones en la agroindustria del café se puede realizar para todas las organizaciones, empresas o individuos en el estado de Chiapas que trabajan en diferentes eslabones de la cadena de valor del café diferenciado. En las empresas de reciente creación se puede utilizar para impulsar la organización y la gestión de centros de acopio para el café pergamino de los pequeños productores con la finalidad de poder incrementar su ingreso al vender en volumen su producción de café pergamino.

En organizaciones más consolidadas se puede utilizar para evaluar inversiones relacionadas con equipos de beneficio seco para procesar el café pergamino y venderlo como café oro verde en el mercado nacional e internacional. Así como, la evaluación de la adquisición de equipo para la torrefacción y empaque del café grano y molido para su venta a nivel local y nacional a través de tiendas de autoservicio y expendios. En algunas empresas se podría evaluar la comercialización del café en taza en cafeterías ubicadas en las principales ciudades de Chiapas como Tuxtla Gutiérrez, San Cristóbal de las Casas, entre otras.

La valoración de las pequeñas empresas realizada con la metodología tradicional, (que contempla la mezcla de recursos entre productores, instituciones gubernamentales e instituciones financieras), pese a que indica viabilidad técnica y financiera, su puesta en marcha depende principalmente de los recursos de los fondos concursables de las instituciones gubernamentales.

La aversión al riesgo de los productores y de las instituciones financieras a la volatilidad del precio del café en la bolsa de valores impide la realización de

dichas inversiones a través de crédito con las instituciones financieras, puesto que una caída inesperada del precio del café afectaría drásticamente a la riqueza individual de los productores y por ende el fracaso de las empresas. Una forma de acotar la aversión al riesgo por parte de los productores es medir explícitamente la incertidumbre del café en los mercados, sean locales o internacionales, de tal manera que al calcular los indicadores financieros se refleje dicho fenómeno.

La inclusión de la incertidumbre en los indicadores permite generar varias estrategias para poder financiar a la empresa a través de las instituciones gubernamentales y financieras, así como con recursos propios de los productores.

La cuantificación de la incertidumbre ayudaría a las instituciones a desarrollar fondos que garanticen la salida de los proyectos que no sean rentables en un determinado periodo sin afectar totalmente a los productores a través de una opción de salida que se les vendería a las organizaciones de productores para asegurar su inversión ante las adversidades del mercado. El costo de dicho “seguro” sería pagado con recursos propios o con los subsidios directos que se destinan al producto café. Mientras que la inversión del proyecto se podría realizar con recursos propios de los productores, con crédito o una mezcla de recursos.

La cuantificación de la incertidumbre también ayudaría a las propias organizaciones a tomar mejores decisiones al momento de invertir, puesto que, los nuevos modelos de valoración reflejarían más “precisamente” el valor de la inversión, de tal manera que no se estaría sobreestimando la rentabilidad del proyecto como ocurre con el VAN o la R B/C en café, puesto que la volatilidad del commodity es muy elevada comparada con la volatilidad del café con valor agregado.

Los nuevos indicadores no sólo ayudarían a las instituciones de gobierno a diseñar mejores estrategias para el sistema producto café y los productores al momento de invertir, sino también a entender en que rangos de precios se vuelve factible invertir o abandonar un proyecto o porque algunas empresas siguen funcionando a un con pérdidas en sus costos variables y costos promedios.

5.2 Inversiones en incertidumbre en la agroindustria del café

Con los modelos de valoración bajo incertidumbre del capítulo anterior, se describe a continuación su aplicación en la agroindustria del café en el estado de Chiapas. Para ello, se hace uso de forma indistinta de las palabras “proyecto” o “empresa” cafetalera, puesto que puede ser el caso que dentro de una empresa ya establecida se decida evaluar la puesta en marcha de un nuevo proyecto, en este caso se entiende que se está valorando el proyecto en sí. Pero puede ocurrir también que personas físicas o morales decidan incursionar en la red de valor del café como un eslabón más, en este caso, se puede hacer referencia a esta nueva inversión como una empresa.

Una vez que se obtuvieron las series mensuales de precios reales del café oro verde (arábica y robusta), las series mensuales de los índices reales del café tostado y molido del periodo 1969-2018 se procedió a calcular la tasa media anual de crecimiento (TMAC) de los precios e índices, así como la volatilidad de los precios representada por la letra griega σ , utilizando las ecuaciones (4) y (5). Por su parte, la serie de las tasas de interés nominal se transformaron en una serie de tasas de interés real mediante la siguiente fórmula para cada año,

$$r_a = \frac{1 + i}{1 + \pi} - 1,$$

donde i es la tasa de interés nominal, π la tasa de inflación y r_a la tasa de interés real, posteriormente, se obtuvo una media de dicha serie (r) cuyo valor se utilizó en los cálculos posteriores.

Un supuesto importante para la valoración de inversiones en proyectos o empresas en la red de valor del café es que la tasa de crecimiento de los flujos de fondos actualizados (*FFA*) esta correlacionado perfectamente con la tendencia (α) del precio del café en el mercado de futuros (commodity) o del café tostado y molido, es por ello que se emplea la tendencia de las series e índices de precios reales de los precios del café oro verde y café tostado, en los modelos planteados.

Opción de abandono

Las inversiones en la agroindustria del café suelen ser muy riesgosas debido a la volatilidad de los precios en los mercados internacionales, por eso es interesante saber cuál sería el costo que tendría que pagar una persona física o moral en asegurar su inversión inicial para que al final o, en el momento en que el proyecto marche mal tenga la oportunidad de salirse sin la necesidad de perder toda su inversión. En el primer caso, se estaría hablando de una opción europea, en el segundo de una opción americana, haciendo una analogía con las opciones financieras.

El costo que tendría que pagar el inversionista para asegurar una parte de su inversión inicial en la empresa cafetalera en el momento t se le conoce como *opción de salida* o *prima* $p(FFA, t)$, que es equivalente a una *put* financiera, es decir, que el inversionista adquiere el derecho más no la obligación de entregar (vender) los activos de la empresa cafetalera a un fondo, si el valor actualizado esperado de la empresa en el año t es inferior a un monto predeterminado llamado *valor de salida* o *abandono* (X).

Si el año de salida es $t = T$, el poseedor de la *opción* sólo tiene el derecho de vender su empresa cafetalera al precio pactado X , si el valor de mercado de la empresa tiene un valor inferior a X . La *prima* o costo de la opción $p(FFA, t)$ se puede estimar empleando la Ecuación (8).

También, se puede utilizar el método binomial explicado en las Figura 9 y Figura 10 (*vis supra*). Primero, se tiene que modelar el comportamiento de los FFA (S en la Figura 9) de la empresa cafetalera durante los T periodos, donde $u = e^\sigma$ representa el posible incremento de los FFA de la empresa cafetalera durante el siguiente período con probabilidad p de que ocurra tal evento, y $d = e^{-\sigma}$ la caída de dichos flujos actualizados con probabilidad q ; p y q se obtienen de la Ecuación (9). En el periodo T se toma la decisión de conservar la empresa (FFA_T) o venderla por el valor X , es decir, se toma máximo entre 0 y $X - FFA_T$ ($\max[0, X - FFA_T]$) y se actualiza hasta el periodo 0 usando la Ecuación (9) y la Figura 10.

Si el año de salida es $t < T$, el inversionista puede ejercer su opción de salida en cualquier momento en el que los flujos de fondos actualizados sean inferiores al valor de salida ($FFA_t < X$), entonces la estimación de la *prima* o el valor de la opción americana $p(FFA, t)$ se obtiene sólo con el método binomial.

Los FFA se simulan como muestra la Figura 9, mientras que el valor de la opción $p(FFA, i)$ como se indica en la Figura 10, con la excepción de que en cada nodo se tiene que tomar la decisión de conservar o vender la empresa, es decir, se toma el máximo entre $p_i(S, i)$ y $X - S_i$ ($\max[p_i(S, i), X - S_i]$) y se actualiza al periodo anterior con la Ecuación (9) donde el subíndice i toma los valores desde 5 hasta llegar a cero en la Figura 10 (*Vis supra*), en $i = 5$, $p_5(S, 5) = 0$.

Utilizando la terminología de la valoración tradicional, se puede decir que se debe invertir en el proyecto cafetalero siempre y cuando los $FFA = \sum_{t=0}^n FF_t(1 + \rho)^{-t}$ sean superiores a la inversión inicial, I en al menos una cantidad igual al valor de la opción $p_0(FFA, t)$, es decir, la inversión inicial se incrementa en el valor de la *opción de salida* $p_0(FFA, t)$. De tal manera, que ahora el VAN Total (VAN_T) es igual al VAN menos la prima $p_0(FFA, t)$, es decir,

$$VAN_T = FFA - I - p_0(FFA, t).$$

Sin embargo, la idea de utilizar una *opción de salida* en las empresas de la cadena de valor del café tiene la finalidad de acotar las pérdidas de los inversionistas que incursionan en una actividad muy volátil. Una vez que se cuantifica la incertidumbre de los precios en el mercado y, por lo tanto, de las inversiones en la cadena de valor del café, se puede diseñar una estrategia que permita distribuir el riesgo en toda la red de valor de café a través de un *fondo* creado con la asesoría técnica y apoyos de fomento tecnológico. El *fondo* se encargaría de emitir la *opción de salida* que adquirirían los inversores para acotar sus pérdidas.

Invertir o diferir una inversión

Las inversiones en la red de valor del café son muy riesgosas, una vez hecha la inversión se desearía tener una opción de salida como en el caso anterior, pero ello, requiere la existencia de un fondo que emita dicha opción. Sin embargo, cuando no existe dicho fondo, es necesario buscar otras alternativas que permitan discernir si realizar o no la inversión, así como el momento más oportuno para ello.

En la valoración tradicional un indicador que permite decidir si realizar o no la inversión es el Índice de Rentabilidad (IR) que es una versión modificada de VAN, si ésta es superior a uno se realiza la inversión (Mascareñas, 2008). Sin embargo, al ser el café muy volátil es muy posible que este indicador sobreestime el verdadero valor que permitiría llevar a cabo dicha inversión. Por ello, aquí se estiman el indicador desarrollado en el apartado 4.5.6 para compararlo con el IR.

Primero, se parte del supuesto de que la tendencia de los flujos de fondos actualizados del proyecto son replicados por la tendencia del precio del café arábica en el mercado internacional y por el precio del café tostado en el mercado nacional, por lo tanto, α en la Ecuación (10) representa la TMAC de una media ponderada de ambos precios (el factor de ponderación es la cantidad de café que se vendería como oro verde y la cantidad que se vendería como café tostado);

segundo, la volatilidad de los *FFA* se supone que es replicada por la media de la volatilidad de los precios del café arábica y tostado (σ) y; tercero, la tasa de actualización ρ que será la suma de una tasa libre de riesgo de mercado de $r = 5.00\%$ (Novelo, Soto y Osuna, 2011) y una tasa de riesgo $\delta=5.00\%$, tal que $\alpha < \rho$.

Con estos supuestos, se puede observar de la Ecuación (12), sin considerar aun la incertidumbre, que la puesta en marcha de la inversión implica que los *FFA* de la empresa cafetalera deben ser muy superiores a la inversión inicial, siempre y cuando $\alpha > 0$.

Cuando se toma en cuenta la volatilidad de los precios (en este caso, la volatilidad de los *FFA* de proyecto) y se supone que dichos precios siguen un MBG dado por la Ecuación (6) se obtiene que la Ecuación (10) se convierte en la Ecuación (13), y puesto que β_1 es superior a uno, se tiene entonces que los flujos de fondos actualizados de la inversión de la empresa cafetalera deben ser muy superiores a la inversión inicial para que los inversionistas acepten la puesta en marcha del proyecto, puesto que la inversión inicial es parcialmente irreversible.

Por tanto, se puede decir que la inversión en algún eslabón de la cadena de valor del café está supeditada a la volatilidad de los precios del café en los mercados. Por ejemplo, si la volatilidad de los precios se incrementa, β_1 disminuye ocasionado que el factor de la inversión en la Ecuación (13) se incremente, haciendo más grande la diferencia entre los *FFA* óptimos (V^*) y la inversión inicial.

Combinando estrategias: invertir y abandonar un proyecto

Aquí, la idea es encontrar un rango de precios del café por unidad de producto en los cuales una empresa se pone en marcha, así como un intervalo de precios para el cual la empresa cafetalera decide cerrar sus instalaciones. El modelo desarrollado por Dixit y Pyndick (1994) hace referencia a que la empresa se dedica a producir un solo producto, y los valores utilizados de precio y costo son

unitarios. Es decir, que el precio de venta que entra en la función lo toma directamente del mercado, mientras que el costo por unidad lo calcula una vez establecido el tamaño de la producción, es por ello, que el modelo arroja un rango de precios para mantener la opción de espera viva y otro para mantener la opción de abandono viva.

Para encontrar estos rangos de precios para la empresa cafetalera se harán los siguientes supuestos. Primero, si el precio del café en el mercado es superior al valor de H , entonces el inversionista ejerce su opción iniciando la producción en la empresa. A este precio el valor de mercado de la empresa cafetalera será igual a la inversión a realizar más el valor de la opción para invertir. Segundo, si el precio del café en el mercado cae por abajo de un precio L , entonces la empresa en producción cierra sus instalaciones. A este precio el valor de los FFA de la empresa cafetalera es igual a la empresa en operaciones menos el costo por cerrar sus instalaciones. Con estos supuestos, se obtiene el sistema de cuatro ecuaciones (14), cuya solución permite obtener los rangos de precios que podrían ayudar a la directiva de las empresas cafetaleras a tomar las decisiones oportunas para diferir, invertir, continuar operando o abandonar una inversión en la cadena de valor del café.

Se tratará de confirmar la intuición del porque las empresas cafetaleras, una vez realizada la inversión, siguen operando a pesar de que el precio de mercado sea inferior al costo medio mínimo a largo plazo y al costo variable medio mínimo a corto plazo. En el modelo, esta condición la da el hecho de que el precio del café para cerrar operaciones L es inferior al costo unitario de operaciones menos los intereses del costo unitario para cerrar operaciones $C - \rho E$ y al costo variable medio mínimo a corto plazo (CV).

Regularmente, los empresarios productores de café tienen la expectativa de que los precios del café en el mercado tenderán a subir, es por ello que mantienen la producción aun con pérdidas. Sin embargo, si las pérdidas son grandes, a saber,

el precio de mercado cae por debajo de L , entonces la directiva decide definitivamente abandonar la producción.

5.3 Tendencia y volatilidad del mercado del café

Con las series reales de los precios internacionales del café arábica y robusta, así como con los índices de precios reales del café soluble y tostado durante el periodo de 1969-2018 se calculó la tendencia de la serie como una tasa media de crecimiento (TMC) mensual y anual y la volatilidad como la desviación estándar de los rendimientos de los precios mensuales y anuales (Cuadro 5).

La tendencia del café oro verde (arábica y robusta) ha sido a la baja con una volatilidad elevada, a diferencia del café con valor agregado (soluble y tostado) cuya tendencia fue positiva y con una volatilidad más baja.

Cuadro 5. Tendencia y volatilidad del mercado del café 1969-2018.

	Café Soluble	Café Tostado	Café Arábica	Café Robusta
TMC Mensual (%)	0.009	0.037	-0.081	-0.128
TMC Anual (%)	0.109	0.450	-0.970	-1.536
Volatilidad Mensual (%)	3.147	3.073	8.066	7.625
Volatilidad Anual (%)	10.901	10.646	27.941	26.413

Fuente: Elaboración propia con datos del World Bank (2018) e INEGI (2018).

La tendencia a la baja del precio del café a nivel productor y su alta volatilidad se deben principalmente a: las políticas de producción en los países productores que incrementan la oferta a una tasa superior a la demanda de los países importadores con la finalidad de obtener divisas; los fenómenos meteorológicos en los países productores (un buen temporal incrementa la oferta, una helada disminuye la oferta); la mejora de la tecnología en los países importadores para mantener inventarios por más tiempo y realizar mejores mezclas con café de calidad inferior; la irreversibilidad de las inversiones en las plantaciones cafetaleras.

El riesgo que enfrentan los productores al momento de invertir es mayor que el que enfrentan los industriales en la red de valor del café, haciendo que las

pérdidas de los productores se conviertan en las ganancias de los industriales. Para poder contrarrestar este riesgo por parte de los pequeños productores, es necesario integrar los eslabones de la cadena de valor hasta cierto límite establecido por las características propias del mercado del café a nivel internacional. De tal manera que las pérdidas que se atribuyan a la producción se pueden contrarrestar con el ingreso del café con valor agregado que se vende directo al consumidor.

La tendencia a la baja del precio del commodity ha provocado que durante décadas el pequeño productor siempre reciba menos ingresos año con año en términos reales por su producción, mientras que los industriales al mejorar sus métodos de almacenamiento y transformación del producto se quedan con la mayor parte de precio que paga el consumidor final.

La valoración tradicional al valorar un proyecto sólo toma en cuenta, en algunos casos, la tendencia de los precios, pero siempre se tiende a suponer que estos se mantendrán al alza y en el peor de los casos se toman como constantes durante el periodo de estudio y pocas veces se contempla una tendencia negativa al momento de valorar las inversiones en la agroindustria del café. Cuando son proyectos con valor agregado puede ser benéfico suponer precios constantes, pero en el caso de inversiones en plantaciones es recomendable incluir la tendencia del producto para tener una mayor flexibilidad al momento de tomar decisiones de si invertir o no. Las inversiones en incertidumbre toman en cuenta la volatilidad puesto que como se observa en el Cuadro 5 esta tiene mayor efecto en los commodities que en los productos con valor agregado.

Para observar la importancia de la volatilidad en el precio del café se toma la tendencia (-0.081%) y volatilidad (8.066%) mensual del café arábica y se realizan cinco simulaciones con el MBG en tiempo discreto, también se muestra la tendencia (Figura 11).

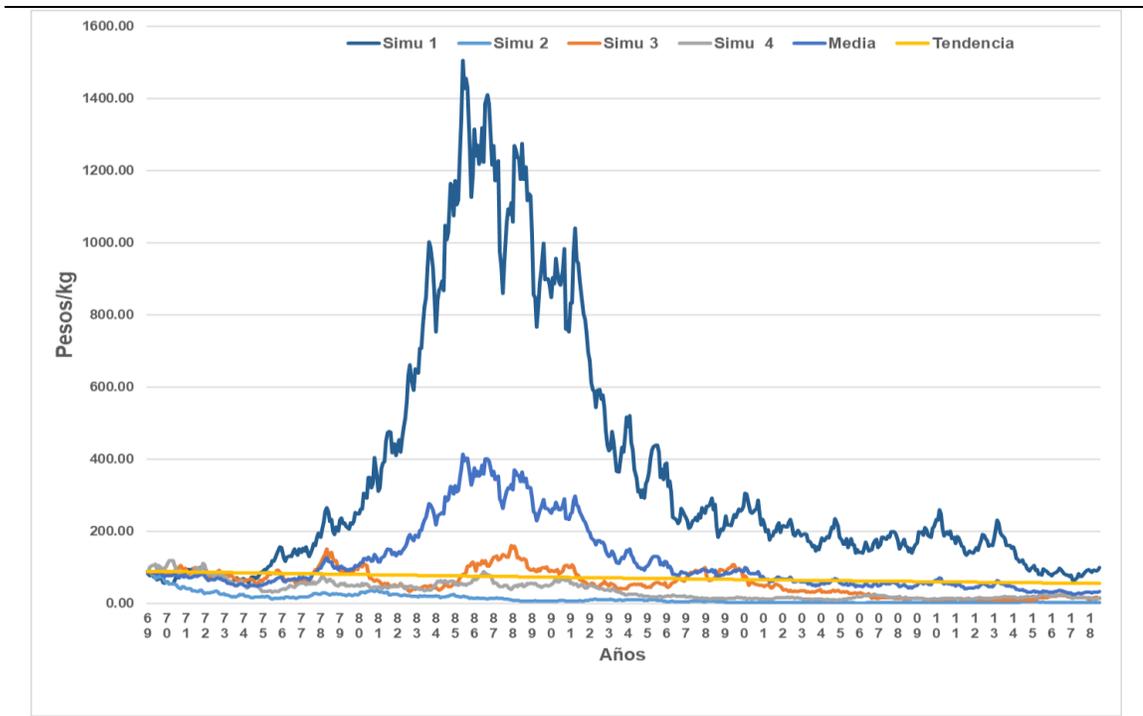


Figura 11. Simulaciones y tendencia del precio del café arábica.

Fuente: Elaboración propia con datos del Cuadro 5.

El precio real del café arábica para jul-2018 fue de 55.04 pesos/kg, mientras que el precio estimado sólo con la tendencia fue de 55.03 pesos/kg, sin embargo, las tres simulaciones dan un precio mínimo de 2.71 pesos/kg y un precio máximo de 98.68 pesos/kg, mostrando cinco posibles escenarios del comportamiento del precio del café en el mercado cuando se toma en cuenta la incertidumbre.

El MBG también se puede utilizar para realizar pronósticos más fiables que sólo utilizando la tendencia de los precios, en la Figura 12 se realiza una simulación desde ene-1969 hasta dic-2009 y se realiza un pronóstico desde ene-2010 hasta jul-2018, mostrando también la simulación. Así mismo, se muestran un intervalo de confianza al 95%. El precio pronosticado para jul-2018 fue de 53.01 pesos/kg, sin embargo, este precio podría encontrarse en el intervalo de 10.97 pesos/kg hasta 255.95 pesos/kg con un 95% de confiabilidad. Puesto que el precio real es de 55.04 pesos/kg el pronóstico es aceptable, sin embargo, el intervalo de confianza crece exponencialmente con el tiempo. Para mejorar este pronóstico

se podría aumentar el número de simulaciones y tomar la media como un pronóstico más fiable.



Figura 12. Pronóstico del precio del café arábica con un MBG
Fuente: Elaboración propia con datos del Cuadro 5.

Un problema del MBG es que los pronósticos tienden a alejarse de sus valores reales, además de que la varianza crece rápidamente con el tiempo, cosa que no ocurre en la realidad con los rendimientos de muchos activos, por ello se recomienda utilizar un proceso de reversión a la media (Pindyck, 1991).

Para saber si el precio del café sigue un proceso de reversión media es necesario estimar el siguiente modelo

$$dx = \eta(\bar{x} - x)dt + \sigma dz,$$

que es un caso particular de la Ecuación (7). Los parámetros de la ecuación anterior, utilizando datos en tiempo discreto, se pueden obtener de la siguiente regresión

$$x_t - x_{t-1} = a + bx_{t-1} + \epsilon_t.$$

Si el coeficiente de x_{t-1} en el lado derecho de esta igualdad es significativamente diferente de cero, entonces se puede concluir que el precio del café (arábica, robusta, soluble y molido) se comporta como un proceso de reversión-media (Dixit y Pindyck, 1994, p. 77). Para probar que el coeficiente de x_{t-1} es significativamente diferente de cero es necesario aplicar una prueba de raíz unitaria (Adkins, 2014; Hill, Griffiths, y Lim, 2011). Y luego calcular \bar{x} , $\hat{\eta}$ y $\hat{\sigma}$:

$$\bar{x} = -\frac{\hat{a}}{\hat{b}}, \quad \hat{\eta} = -\log(1 + \hat{b}), \quad \hat{\sigma} = \hat{\sigma}_\epsilon \sqrt{\frac{\log(1 + \hat{b})}{(1 + \hat{b})^2 - 1}}$$

Donde $\hat{\sigma}_\epsilon$ es el error estándar de cada regresión. La prueba de raíz unitaria arrojó que las cuatro variables se puede modelar como un proceso de reversión a la media (mean reverting process), pero como la velocidad de reversión a la media (η) es cercana a cero, podría ser preferible modelar los precios del café de los diferentes mercados con un MBG, que permite obtener soluciones analíticas más simples (Cuadro 6).

Cuadro 6. Parámetros estimados de los procesos de reversión a la media del café en cuatro mercados diferentes

Concepto	a	b	p-valor	Reversión a la media	\bar{x}	$\hat{\eta}$	$\hat{\sigma}$
Arábica	1.4965	-0.0164	0.21	si	91.36	0.0165	8.3927
Robusta	0.8904	-0.0131	0.30	si	67.74	0.0132	7.4948
Soluble	0.0172	-0.0123	0.32	si	1.39	0.0124	0.0315
Tostado	0.0110	-0.0086	0.49	si	1.28	0.0086	0.0255

Fuente: Elaboración propia datos del World Bank (2018) e INEGI (2018).

Al simular los diferentes tipos de café con los parámetros estimados, los precios tienden al nivel “normal” estimado (\bar{x}) y la volatilidad tiende a ser constante cuando el periodo de pronóstico (T) es grande, pero errática alrededor de la tendencia. La simulación de tres trayectorias y la tendencia para el café arábica permiten observar este comportamiento. La tendencia del precio real del café que inicia en 88.98 pesos por kilogramo en 1969 termina convergiendo al nivel “normal” estimado de 91.36 pesos por kilogramo, mientras que las simulaciones

toman valores muy alejados de la tendencia –incluso valores negativos (Figura 13).

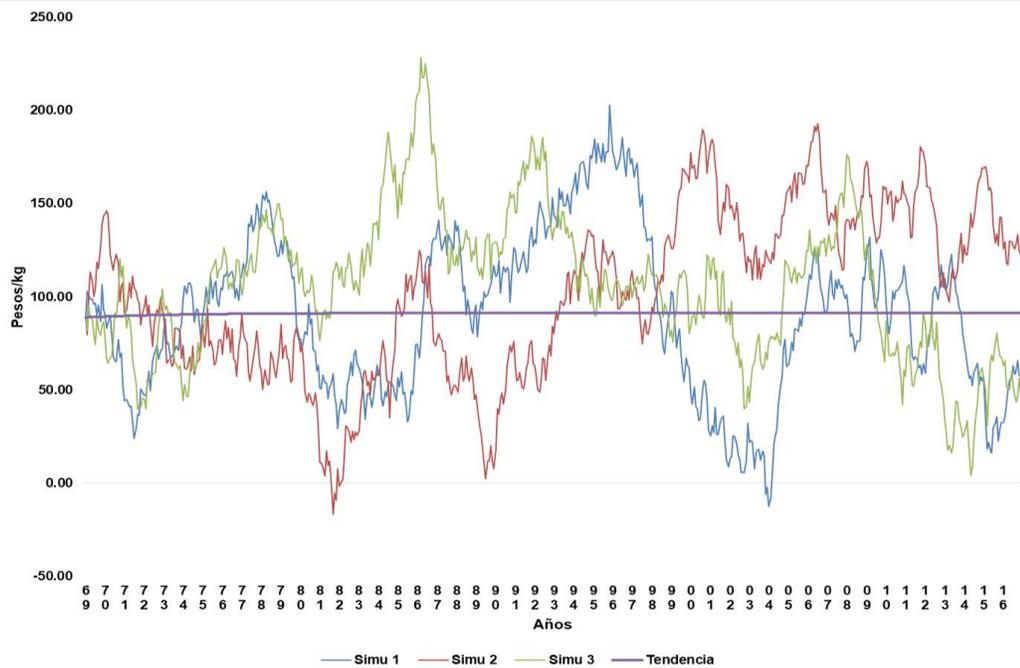


Figura 13. Simulaciones y tendencia de un proceso de reversión a la media del café arábica.

Fuente: Elaboración propia con datos del Cuadro 6.

Al tomar una simulación y realizar un pronóstico con un intervalo de confianza del 95% a partir de 1990 se observa como el pronóstico tiende al “valor normal” estimado y la varianza al valor constante de $2\sigma^2(2\eta)^{-1} = 4264.70$, así el intervalo de confianza del 95% (± 2 desviaciones estándar) converge al pronóstico ± 92.35 (Figura 14).

Para la modelación de las inversiones en la agroindustria del café se usaron los datos obtenidos del MBG para los cuatro mercados de café, puesto que todos los parámetros estimados de la velocidad de regreso a la media para cada variable son casi cero, además el MBG facilita los cálculos de los modelos y permite obtener fórmulas cerradas para las reglas de decisión óptimas al momento de

tomar decisiones para llevar o no a cabo una inversión en la cadena de valor del café en Chiapas.

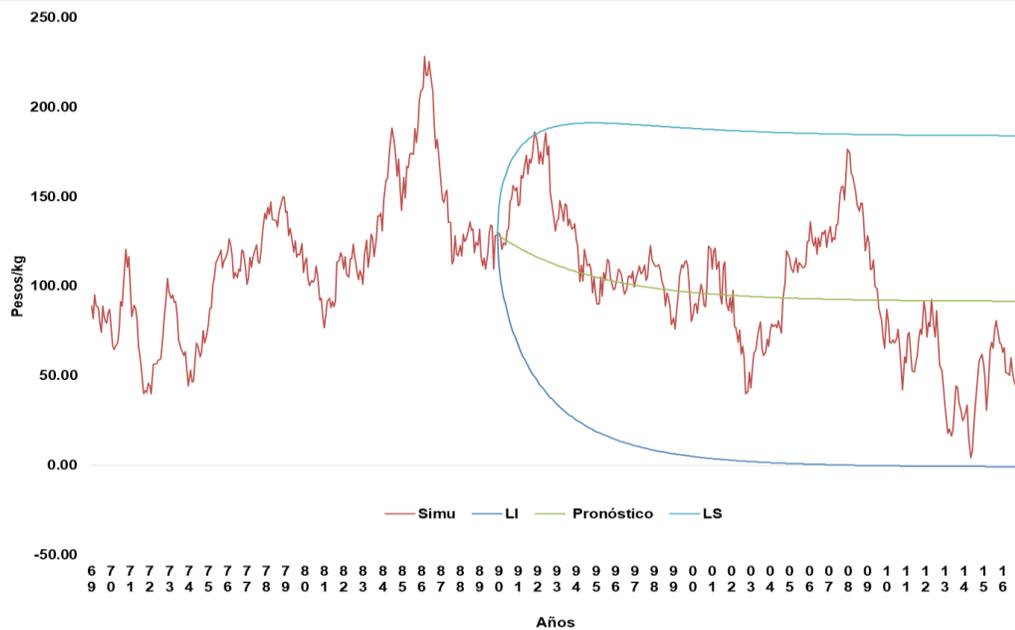


Figura 14. Pronóstico de un proceso de reversión a la media del café arábica.

Fuente: Elaboración propia con datos del Cuadro 6.

5.4 Opción de salida en la agroindustria del café

La opción de salida en los eslabones de la cadena de valor del café en Chiapas podría funcionar como un seguro para acotar las pérdidas de los pequeños productores ante la incertidumbre del precio del commodity en la bolsa de valores, a la vez que les permitiría organizarse y crear empresas para integrar varios eslabones de la red de valor que beneficie a los pequeños productores. La opción de salida la podría ofrecer un fondo que se creara con los subsidios directos que actualmente se destinan al café o con las primas que pagarían los pequeños productores integrados en empresas que desearan asegurar su inversión de un nuevo proyecto en la red.

Una de las oportunidades que ofrece la teoría de las opciones reales para valorar inversiones en la agroindustria del café es la posibilidad de estimar el valor de la

prima de la opción de salida, es decir, el costo que tendrían que pagar las empresas para asegurar una parte de su inversión total en un proyecto de inversión de uno o varios eslabones de la cadena de valor. El valor de la inversión asegurada podría ser mayor o igual al valor de la inversión que se considere irreversible sin llegar a ser el total de la inversión del proyecto, porque de lo contrario las empresas aseguradas incurrirían en un riesgo moral al no tomar ningún riesgo en su inversión.

La opción de salida de la empresa podría ser americana o europea, dependiendo del momento en que decida abandonar su inversión si las expectativas de mercado no son las esperadas. La opción americana le permitiría abandonar su proyecto en cualquier momento en que el valor de mercado del proyecto sea inferior a un precio de salida determinado por el fondo y la empresa. La opción europea sólo le permitiría abandonar su inversión al final del periodo acordado siempre y cuando la empresa tenga un valor inferior al valor de salida.

Ambas opciones se desarrollaron para una pequeña organización de cafetaleros en el estado de Chiapas que desean mejorar sus condiciones económicas y de bienestar a través del acopio, transformación y comercialización del café orgánico que producen en café molido en presentaciones de 500, 250, 100, 60 y 30 gr, con un precio de \$60.00, \$32.00, \$13.00, \$8.00 y \$4.00, respectivamente. Al principio, una parte de su producción sería vendida en café oro verde (Cuadro 7). Esta necesidad de incursionar en el mercado local, regional y nacional con un producto con valor agregado se debe, principalmente a que la producción de la sociedad (1,432 Qq por ciclo) no es suficiente para poder comercializarla como café diferenciado o convencional en el mercado internacional.

Primero, se realizaron las estimaciones de los ingresos, costos y la inversión del proyecto, posteriormente se calculó el estado de flujo de fondos que permitieron obtener los indicadores de la valoración tradicional que muestran que el proyecto es factible (Cuadro 8).

Cuadro 7. Café tostado y molido (unidades).

Presentación	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Café envasado 500 gr	20,616	20,620	25,775	38,663	38,663
Café envasado 250 gr	24,744	24,743	30,928	46,395	46,395
Café envasado 100 gr	20,616	20,620	25,775	38,663	38,663
Café polipropileno 60 gr	23,088	23,093	28,868	43,301	43,301
Café polipropileno 30 gr	19,788	19,793	24,743	37,116	37,116
Café oro verde Qq	859	859	716	358	358

Fuente: Elaboración propia con datos de la organización.

De acuerdo con la valoración tradicional el proyecto no debería tener problemas para su puesta en marcha, puesto que es financiera y económicamente factible y por lo tanto, los socios deberían realizar la inversión necesaria para llevarlo a buen término.

Cuadro 8. Flujos de fondos con y sin el proyecto e indicadores.

EMPRESA S DE S.S.						
Concepto	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos sin (\$)	-	3,007,200	3,007,200	3,007,200	3,007,200	3,007,200
Egresos sin (\$)	2,232,000	2,470,200	2,470,200	2,470,200	2,470,200	2,470,200
Flujo de fondos (\$)	- 2,232,000	537,000	537,000	537,000	537,000	537,000
VAN (\$) =	-196,347.50		R B/C= 0.98		TIR = 6.49%	
Ingresos con (\$)	-	4,364,952	4,365,272	4,704,787	5,553,711	8,666,134
Egresos con (\$)	4,000,641	4,196,422	3,762,172	3,917,198	4,369,625	4,350,352
Flujo de fondos (\$)	- 4,000,641	168,530	603,100	787,589	1,184,086	4,315,782
VAN (\$) =	731,233.		R B/C= 1.04		TIR = 14.59%	
Ingresos incrementales (\$)	-	1,357,752	1,358,072	1,697,587	2,546,511	5,658,934
Egresos incrementales (\$)	1,768,641	1,726,222	1,291,972	1,446,998	1,899,425	1,880,152
Flujo de efectivo neto (\$)	- 1,768,641	- 68,470	66,100	250,589	647,086	3,778,782
VAN (\$) =	927,580.71		R B/C= 1.12		TIR = 19.30%	

Fuente: Elaboración propia con datos de la organización.

Pero la realidad es diferente, la empresa no cuenta con la materia prima (café pergamino) propiedad de los productores, ni el capital de trabajo (\$1'045,891 en el primer año y \$ 367,907 en el segundo año) suficiente para adquirirla, por su parte, los productores desconfían entregar su producto a la empresa y esperar hasta que se haya comercializado para poder cobrar, así que, prefieren vender su café pergamino a bajo precio que arriesgarlo todo en un proyecto puede fracasar. Tampoco cuenta con el capital necesario para adquirir el equipo para la torrefacción y envasado del producto, dichos recursos se pretendían obtener a través de los fondos concursables de los programas federales que apoyan al sector.

La empresa sigue sin poder cumplir totalmente su objetivo, pese a que cuenta con gran parte de los activos necesarios para el acopio (centro de acopio y patio de secado), torrefacción y envasado del café pergamino en café molido. Estos activos se han obtenido a través de los años con diversos apoyos de los fondos concursables federales.

Dada la incertidumbre del mercado internacional del café y la pasividad de los productores para poner en marcha proyectos que agreguen valor al café. La metodología de las opciones reales que permiten estimar la prima de una opción de salida y la existencia de dicho fondo que ofrezca las opciones de salida a las empresas en la red de valor de café podrían reactivar la producción, transformación y comercialización del café en el mercado regional y nacional, mejorando los ingresos y el bienestar de los pequeños productores en el estado de Chiapas.

Bajo el supuesto que el fondo existiese, ya fuese por iniciativa privada o por una política pública, la pequeña empresa analizada anteriormente podría adquirir una opción de salida para la inversión en su proyecto de transformar su café pergamino en café tostado y molido en sus diferentes presentaciones.

La pequeña empresa podría convertir a sus productores en socios activos al financiar su inversión inicial (I_0) de \$1'768,641 con la seguridad de que no perderían la totalidad de su inversión si el proyecto fracasa, puesto que existiría una opción de abandono americana o europea.

Para calcular la prima (costo) de la opción de abandono europea para la empresa se utilizó la siguiente información:

- El valor de mercado del proyecto (S) que es el flujo de efectivo actualizado del proyecto \$2'696,221.31;
- El valor de abandonar la empresa ($X = 0.9I_0e^{rT}$) que en este caso sería igual a \$1,759,185.54;

- La volatilidad (σ) del café arábica en el mercado internacional que se estimó en 27.94% anual; también se podría tomar una media ponderada de la volatilidad del café arábica y el café tostado respecto al volumen de comercialización de cada tipo de café por la empresa;
- La tasa de interés real libre de riesgo (en este caso CETES) del 2%; y
- El periodo (T) de valoración de 5 años, que se toma de acuerdo a las reglas de operación de las instituciones financieras mexicanas que apoyan al producto café.

La prima para la empresa de \$139,861.88 es el pago que tendría que hacer al fondo para asegurar el 90% de su inversión inicial en el quinto año (equivalente a \$1'759,185.54), si el valor de mercado del proyecto es inferior a este valor. Si se analiza desde el punto de vista del VAN, el VAN "verdadero" sería igual a \$787,718.83 (927,580.71 - \$139,861.88). Si el proyecto devenga dividendos a los socios también se pueden contemplar en la presente metodología, en cuyo caso la prima sería más elevada y, por lo tanto, el VAN "verdadero" tendería a ser menor.

La prima de la opción americana obtenida con el método binomial fue de \$146,940.78 superior a la opción europea, esto se debe a que la empresa puede ejercer su opción en cualquier momento en que el valor de mercado del proyecto sea inferior a \$1'759,185.54 (Figura 15).

La prima de la opción de salida es parte de los costos del proyecto que permite asegurar el 90% de la inversión inicial, de tal manera que se acotan las pérdidas de la empresa dejando libre la posibilidad de crecimiento de la misma. Se esperaría que al tener una opción de salida para la inversión los socios de la empresa ya no fueran tan adversos a invertir, puesto que la cuantificación de la incertidumbre ayudaría a disminuir su riesgo.

Por otro lado, la prima de aseguramiento de la inversión de la empresa se podría cubrir con los subsidios directos que actualmente se destinan al producto café,

mientras que, la inversión inicial se podría realizar con una mezcla de recursos entre los socios y las instituciones financieras, de tal manera, que los recursos que aporten las financieras estarían avalados por el fondo.

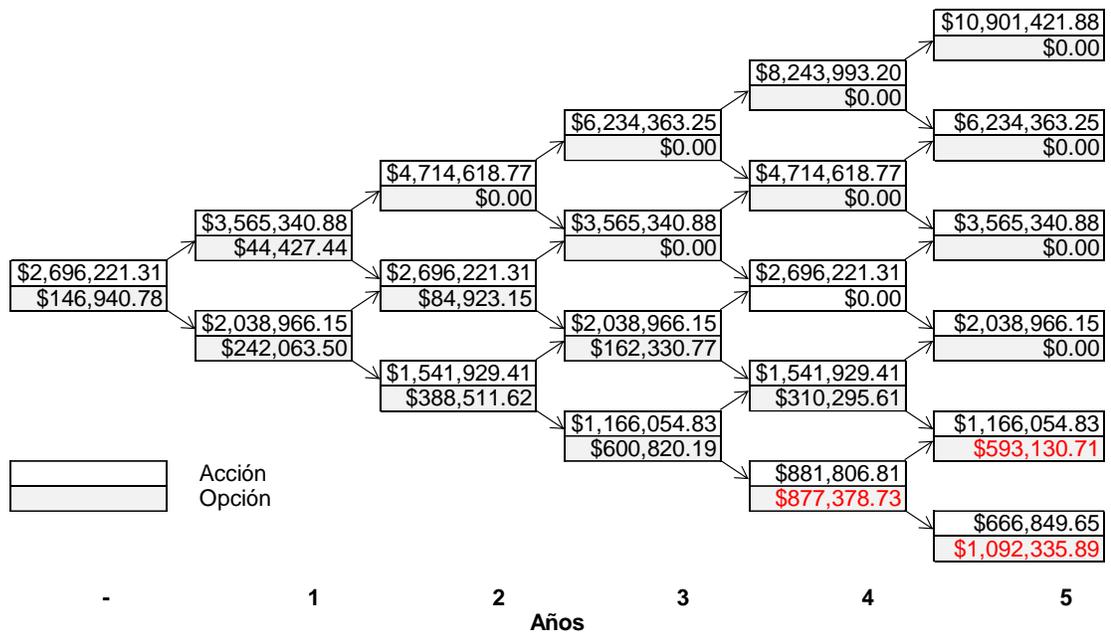


Figura 15. Opción de salida americana.

Fuente: Elaboración propia.

5.5 El momento óptimo (valor crítico) de realizar una inversión en la agroindustria del café

En la actualidad, las políticas del Estado y la Banca de Desarrollo aún no contemplan la creación de fondos que ofrezcan opciones de salida para inversiones riesgosas en la cadena de valor del café en el estado de Chiapas ni a nivel nacional. Por ello, se deben ofrecer alternativas que permitan a los productores-socios de las organizaciones sociales saber en qué momento sería adecuado realizar una inversión en la cadena de valor del café. El indicador del *valor crítico* permite estimar los FFA mínimos (V^*) que debe generar una inversión bajo incertidumbre para ponerla en marcha.

Si, los FFA de la valoración tradicional son inferiores o iguales a los FFA del valor crítico, el proyecto no debe ponerse en marcha. Este indicador es similar a la R

B/C que dice que se debe realizar la inversión siempre y cuando el indicador sea mayor que uno.

Para obtener el indicador del valor crítico para la pequeña empresa del apartado anterior, fue necesario tener la inversión inicial del proyecto ($I_0 = \$1,768,641.00$), el porcentaje de la producción que se vendería como café oro verde (25%), el porcentaje de la producción que se vendería como café tostado (75%), el valor de los FFA del proyecto de la valoración tradicional ($V = \$2,696,221.31$), la TMAC del café arábica ($\alpha = -0.97\%$) y del café tostado ($\alpha = 0.45\%$), la volatilidad del café arábica ($\sigma = 27.94\%$) y del café tostado ($\sigma = 10.65\%$), así como la tasa de descuento ($\rho = 10.00\%$).

La obtención de la TMAC y la volatilidad del proyecto se ponderó por la cantidad de cada tipo de café que pretende vender la sociedad. Como la TMAC resultó ser positiva, se estimó el valor crítico en certidumbre ($V^* = \$1,785,588.93$), siendo sólo un poco superior a la inversión inicial, pero inferior a los FFA del proyecto (Cuadro 9). La decisión, si no se contase con la información de la volatilidad del mercado de ambos tipos de café, hubiera sido invertir inmediatamente, puesto que $V > V^*$ que es lo que ocurre en la mayoría de los proyectos en los cuales no se toma en cuenta la incertidumbre del mercado.

Al tomar en cuenta la volatilidad del proyecto, se encontró que los FFA de la valoración tradicional (V) son superiores al valor crítico (V_σ^*), siendo factible la decisión de invertir inmediatamente (Figura 16). En la figura, se puede observar que cuando se toma en consideración la volatilidad del mercado de café el valor de la opción $F(V)$ es superior cuando $V < V^*$.

Cuadro 9. Valor crítico para la empresa cafetalera.

Concepto	α (%)	ρ (%)	σ (%)	β_1	$\frac{\beta_1}{\beta_1 - 1}$	V_σ^*	Invertir	$F(V_\sigma^*)$
Proyecto	0.09	10.00	14.97	3.48	1.40	\$2,481,796.31	Si	\$713,155.31
Café oro verde	-0.97	10.00	27.94	2.34	1.74	\$3,086,265.77	No	\$1,317,624.77
Café tostado	0.45	10.00	10.65	4.31	1.30	\$2,303,755.59	Si	\$535,114.59

Fuente: Elaboración propia.

Si se valora la inversión tomando como referencia solo la TMAC del café oro verde, la decisión sería invertir inmediatamente, dado que, $V > I$. Sin embargo, al tomar en cuenta la incertidumbre del café oro verde que es casi el doble de la del proyecto, el valor crítico en incertidumbre supera al FFA del proyecto y la decisión de la directiva cambia completamente de realizar la inversión inmediatamente a esperar nueva información del mercado nacional e internacional del café. Es aquí donde se vuelve importante tomar en cuenta la incertidumbre del mercado al momento de tomar decisiones de inversión en la cadena de valor del café.

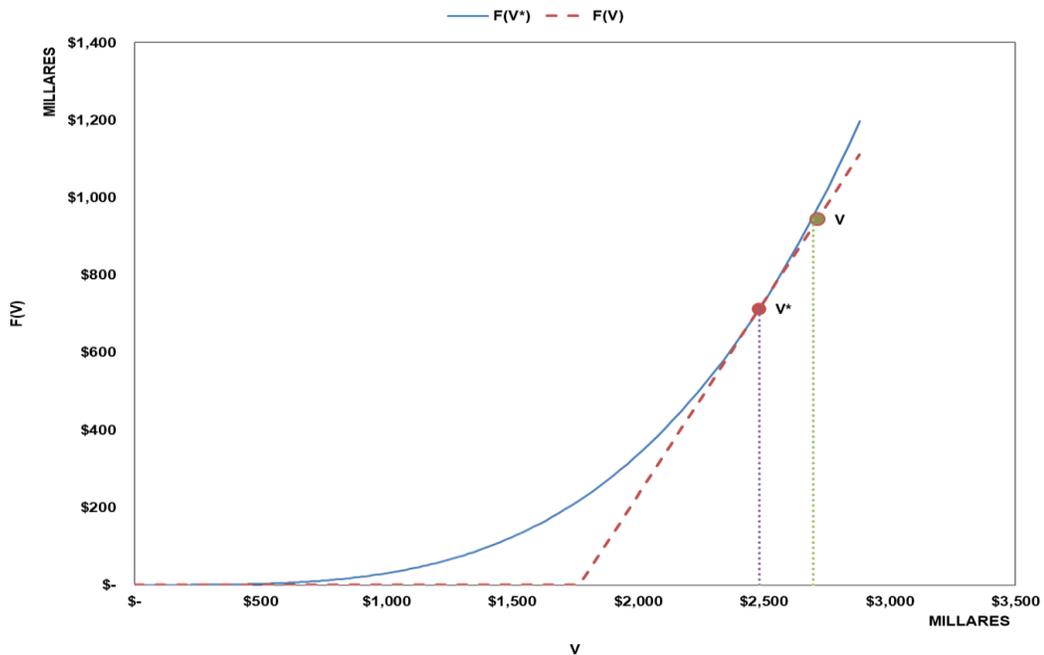


Figura 16. Valor de la oportunidad de inversión.

Fuente: Elaboración propia con datos del Cuadro 9.

Si la directiva del proyecto creyese que toda la producción se puede vender como café tostado y toma la TMAC y la volatilidad del café tostado (la TMAC superior a la de proyecto y la volatilidad inferior a ésta) como parámetros para la toma de decisiones; la directiva tomaría la decisión de invertir inmediatamente, puesto que los FFA del proyecto son superiores al valor crítico en certidumbre e incertidumbre.

5.6 Invertir o abandonar un proyecto en la agroindustria cafetalera

Como ya se tiene la inversión inicial y la producción que obtendría la pequeña empresa cafetalera al iniciar operaciones, lo siguiente, es obtener el rango de precios de café de mercado para el cual sería conveniente mantener viva la opción para invertir (precio umbral H), y una vez ejercida dicha opción, encontrar el rango de precios de café para cual se mantendría viva la opción de abandono, así como el precio al cual se ejercería dicha opción (precio umbral L) y regresar de vuelta a la opción para invertir. Para estimar los precios umbrales se utilizó la información del Cuadro 10 en el que se detallan los datos unitarios obtenidos del proyecto para la empresa cafetalera.

Cuadro 10. Datos por kilogramo para estimar los precios umbrales.

Concepto	Unidad	Café		
		Proyecto	Oro Verde	Tostado
Cantidad de café	kg	55,132.00	65,872.00	51,552.00
Precio unitario	\$/kg	89.03	74.52	95.21
Inversión unitaria (I)	\$/kg	32.08	26.85	34.31
Costo de operación unitario(C)	\$/kg	72.03	60.29	77.04
Costo variable medio mínimo a corto plazo (CV)	\$/kg	65.46	54.79	70.01
Costo unitario por cerrar (E)	\$/kg	6.57	5.50	7.03
Tendencia (α)	%	0.09	-0.97	0.45
Volatilidad (σ)	%	14.97	27.94	10.65
Tasa de actualización (ρ)	%	10.00	10.00	10.00
Tasa de riesgo (δ)	%	9.91	10.97	9.55
Costos de producción unitario	\$/kg	78.61	65.79	84.07

Fuente: Elaboración propia.

El precio al cual se debe ejercer la opción para invertir en la empresa de café es H , mientras, que L sería el precio en el cual se ejerce la opción de abandono. Si $H > C + \rho I$ (el costo unitario de operación más los interés de la inversión por unidad) y $L < C - \rho E$ (el costo unitario de operación menos los interés del costo unitario por cerrar) se confirma la intuición del porque muchas empresas cafetaleras no invierten en un proyecto con un VAN positivo, puesto que creen que la brecha entre los FFA y la inversión es más amplia o siguen operando a pesar de que el precio de mercado sea inferior al costo medio mínimo a largo

plazo y al costo variable medio mínimo a corto plazo porque tienen la esperanza que el precio del café vuelva a subir.

Al sustituir los datos del Cuadro 10 en el sistema de ecuaciones no lineales (14) y resolviéndolo por métodos numéricos se obtuvieron los precios H y L , así como, los parámetros A y B (Cuadro 11).

Cuadro 11. Precios umbrales unitarios con certidumbre e incertidumbre.

Concepto*	Unidad	Café		
		Proyecto	Oro Verde	Tostado
$C+\rho I^z$	\$/kg	75.24	62.97	80.47
$C-\rho E^z$	\$/kg	71.38	59.74	76.33
Costo de operación(C)	\$/kg	72.03	60.29	77.04
Precio Superior (H)	\$/kg	91.47	86.50	93.15
Precio Inferior (L)	\$/kg	59.18	45.33	65.49
Precio Superior (h) ^y	\$/kg	74.53	69.09	76.85
Precio Inferior (l) ^y	\$/kg	70.70	65.54	72.90
Beta 1	$\beta 1$	3.48	2.34	4.31
Beta 2	$\beta 2$	-2.56	-1.09	-4.10
A		0.000033696	0.008130	0.000000663556
B		5,816,760.66	15,932.01	3,380,915,653.00

^z Precios umbrales de la teoría clásica de la producción para iniciar y cerrar operaciones: $C+\rho I$ = superior, $C-\rho E$ = inferior.

^y Precios umbrales en certidumbre: h = superior, l = inferior.

Fuente: Elaboración propia con los datos del Cuadro 10.

Si el precio ponderado de mercado (café oro verde y tostado) se mantiene en el rango de precios (0, \$91.47), a la empresa le conviene esperar para obtener mayor información del mercado, es decir, le conviene mantener viva la *opción para invertir*. Por el contrario, si el precio de mercado es superior a \$91.47 la empresa debe poner en marcha el proyecto.

Una vez realizada la inversión, la empresa debería estar produciendo mientras el precio de mercado se encuentre en el rango ($\$59.18, \infty$), es decir, debería mantener viva la opción de abandono. Como se puede observar, la empresa seguiría produciendo aun cuando no recupere el costo variable medio mínimo de producción ($\$65.46$). La empresa debería cerrar operaciones si el precio de

mercado cae por debajo de \$59.18, con lo cual, volvería a mantener viva la opción para invertir (Figura 17). En el rango de precios de (\$59.18, \$91.47) la empresa debe permanecer en el estado actual, ya sea produciendo o inactiva.

Cuando se comparan estos precios umbrales con el costo medio mínimo a largo plazo para iniciar o cerrar operaciones ($\$71.38 < CPLP < \75.24) o con el costo variable medio mínimo a corto plazo ($CV = \$65.46$) al cual cerrar la producción, se explica porque los inversionistas son reacios a invertir cuando se toma en cuenta la incertidumbre de los precios futuros del café y una vez que están produciendo también se explica porque son reticentes a cerrar operaciones aun cuando el precio de mercado del café es inferior al costo variable medio mínimo a corto plazo (Figura 17).

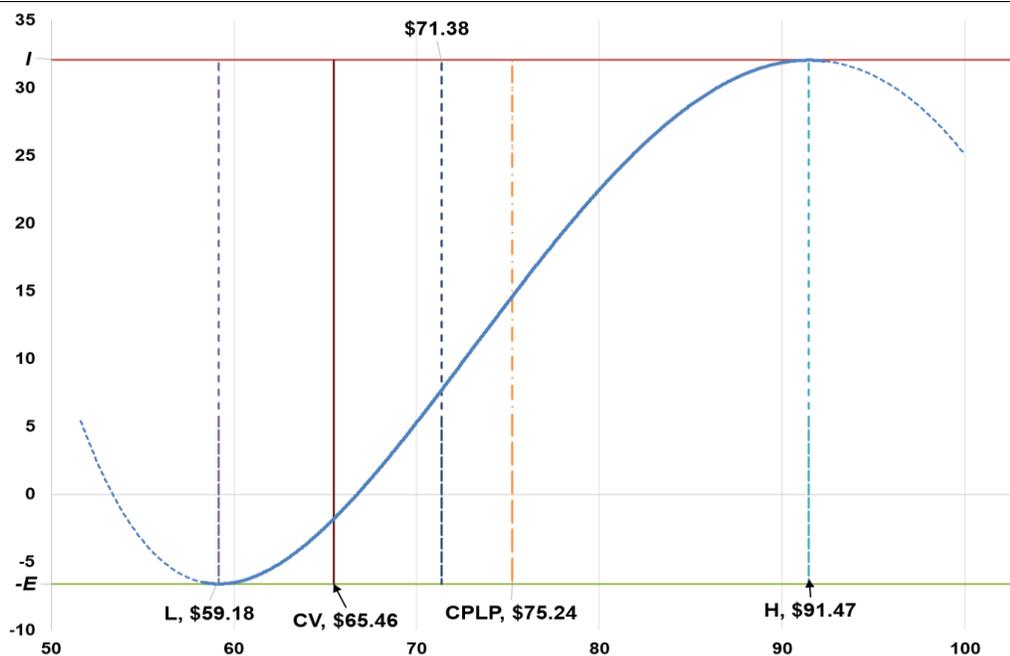


Figura 17. Determinación de los precios umbrales L y H.

Fuente: Elaboración propia con los datos del Cuadro 11.

La empresa cafetalera no cesa la producción aun con pérdidas para evitar una vez más el costo de inversión si los precios de mercado se vuelven favorables en el futuro, o sea, que entre mayor sea el costo de inversión mayor será la negativa a cerrar operaciones. Por otro lado, la empresa no querrá iniciar operaciones si

el costo de salida es alto, siempre esperará que el precio de mercado sea lo suficientemente alto para iniciar operaciones y así poder solventar los costos de una salida futura. Como se ha visto, la incertidumbre hace que los umbrales de inversión y abandono estén más separados que los de la teoría clásica de la producción.

Si en lugar de utilizar la volatilidad ponderada del proyecto se utiliza la volatilidad del café oro verde ($\sigma = 27.94\%$), el intervalo de precios se vuelve más grande. La opción de invertir se mantendría viva en el rango de precios $(0, \$86.50)$, mientras que la opción de abandono no se ejercería en el intervalo de precios $(\$45.33, \infty)$. En este caso, la empresa seguiría produciendo muy por debajo de sus costos de operación unitarios ($\$60.29$). Si se toma la volatilidad del café tostado, que es más pequeña, la brecha entre los precios se reduce mostrando la importancia de la incertidumbre al momento de tomar decisiones de cuando invertir o abandonar un proyecto en la agroindustria del café (Cuadro 11).

En todos los casos, se puede observar que las reglas de decisión clásicas de cuando invertir o cerrar operaciones en una empresa de café no son adecuadas, lo que explica la reticencia de los administradores a iniciar una inversión o cerrar un proyecto en operaciones; en el primer caso, porque su “intuición” les indica que la relación entre los FFA y la inversión es muy superior a la que indica la valoración tradicional y en el segundo caso, porque el costo de reiniciar el proyecto desde cero es muy superior a la pérdida causada por una caída en los precios, siempre y cuando se tenga la expectativa de que volverán a subir (y el precio de mercado sea superior a L).

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

El café como commodity ha tenido una tendencia a la baja durante todo el periodo analizado; su producción no es rentable para los pequeños productores, dado que su ingreso real es cada vez menor. Así mismo, su precio real se ha vuelto más volátil durante las últimas tres décadas, principalmente, por la liberalización del mercado de café a nivel internacional. Durante el periodo analizado se encontró que el café con valor agregado ha tenido una tendencia positiva y una volatilidad muy inferior (10.64% <27.94%) al café commodity. La alternativa para incrementar el ingreso real de los productores es la integración de los eslabones de la cadena de valor. Sin embargo, existen muchos problemas de financiamiento en el sector que no permiten esta integración.

Para el caso de la pequeña empresa se mostró que con la valoración tradicional su proyecto era económica y financieramente factible, sin embargo, en la realidad no se ha podido llevar a cabo, por falta de fuentes de financiamiento que soporten a un producto tan volátil como es el café.

Al cuantificar la incertidumbre del commodity y del café con valor agregado se pueden diseñar estrategias que permitan financiar el sistema producto café, como es la creación de un fondo con los subsidios que se otorgan al café, que se utilizarían para cubrir la prima de un seguro que proteja la inversión de las sociedades de productores que desean darle valor agregado al producto a través de la integración de los eslabones de la red de valor de café.

Para la pequeña empresa se encontró que, si existiese el fondo, se podría adquirir una opción de abandono para el 90% de su inversión inicial en el año cinco o en cualquier momento en el que el valor de mercado del proyecto se encuentre por debajo de este valor, pagando hoy un monto igual a \$139,861.88 (opción europea) o \$146,940.78 (opción americana), respectivamente.

Como no existen tal fondo, la alternativa sería saber cuál debería ser el valor actual mínimo de los flujos de fondos del proyecto para poner en marcha dicha inversión. Para la pequeña empresa en estudio se encontró que el valor crítico para la puesta en marcha del proyecto es de \$2,481,796.31 considerando una TMAC ponderada de 0.09% y una volatilidad ponderada de 14.97%, lo que da una VAN modificado de \$713,155.31, el valor crítico es 1.40 veces superior a la inversión inicial, siendo muy superior a lo que recomienda la R B/C de la valoración tradicional.

Como los FFA de la valoración tradicional son superiores a este valor crítico se recomienda realizar la inversión. Sin embargo, si el valor crítico se estima con la TMAC y la volatilidad del precio del café oro verde, la recomendación es esperar, es decir no realizar la inversión hasta que se tenga nueva información de los mercados.

Ante el dilema de porque las empresas siguen produciendo con pérdidas, se encontró que existe un rango de precios $(0, \$91.47)$ en el cual la empresa se mantendría inactiva y otro rango $(\$59.18, \infty)$ en el cual la empresa seguiría produciendo pese a que el precio umbral inferior de la empresa activa está por abajo del precio umbral de la empresa inactiva. Es decir, que una vez que la empresa inicia actividades seguirá operando aun cuando el precio de mercado sea inferior a su costo de producción variable unitario a corto plazo, pero una vez que el precio caiga por debajo del precio $L = \$59.18.00$ la empresa cerrará operaciones. Por otro lado, la empresa no debe iniciar operaciones hasta que el precio de mercado sea superior a $H = \$91.47$, lo que concuerda con la “intuición” de los directivos de seguir operando con la esperanza de que el precio de mercado subirá.

6.2 Recomendaciones

Aun cuando la importancia económica del café es mínima, no se debe olvidar que gran parte de la población activa rural en el estado de Chiapas depende de la red de valor del café. Por tanto, se debe buscar que las políticas públicas y la Banca

de Desarrollo generen las estrategias correspondientes para poder crear fondos que permitan asegurar las inversiones de la red de valor del café, de tal manera que los productores incrementen su ingreso real con la integración de los eslabones de la cadena de valor a través de la organización de los productores en empresas agroindustriales.

Como el café es un commodity muy volátil, los proyectos relacionados con la red de valor de café deberían ser evaluados considerando la incertidumbre de los precios del producto, tanto del mercado nacional como internacional para evitar su fracaso una vez que se han puesto en marcha. La teoría de las opciones reales es una herramienta complementaria a la valoración tradicional que permite tener un mejor panorama del “verdadero” valor de las inversiones en el producto café.

BIBLIOGRAFÍA

- Adkins, L. C. (2014). *Using gretl for Principles of Econometrics* (4a ed.). Boston. Recuperado de <http://www.learneconometrics.com/gretl/index.html>
- Akerlof, G. A. (1970). The Market for “Lemons”: Quality Uncertainty and the Market Mechanism. *The Quarterly Journal of Economics*, 84(3), 488–500. <https://doi.org/10.2307/1879431>
- AMECAFÉ (Asociación Mexicana de la Cadena Productiva del Café). (2012). Plan Integral de Promoción del Café de México. México: AMECAFE. Recuperado de <http://amecafe.org.mx/backup/pcm2012.pdf>
- AMECAFÉ (Asociación Mexicana de la Cadena Productiva del Café). (2017). Análisis del Mercado de Consumo de Café en México 2016. AMECAFE. Recuperado de <https://amecafe.org.mx/mercado/>
- Amram, M., y Kulatilaka, N. (2000). *Opciones Reales: Evaluación de Inversiones en un Mundo Incierto*. Barcelona: Gestión 2000.
- Arrow, K. J., y Debreu, G. (1954). Existence of an Equilibrium for a Competitive Economy. *Econometrica*, 22(3), 265. <https://doi.org/10.2307/1907353>
- Arrow, K. J., y Hahn, F. H. (1971). *General competitive analysis*. Amsterdam: Elsevier.
- Baca Urbina, G. (2013). *Evaluación de proyectos* (7a ed.). D.F., México: McGraw-Hill.
- Black, F., y Scholes, M. (1973). The Pricing of Options and Corporate Liabilities. *Journal of Political Economy*, 81(3), 637–654. <https://doi.org/10.1086/260062>
- Brach, M. A. (2003). *Real options in practice*. New Jersey, Canada: John Wiley & Sons.
- Brambila Paz, J. de J. (2006). *En el umbral de una agricultura nueva*. Texcoco: Universidad Autónoma Chapingo/Colegio de Postgraduados.
- Brambila Paz, J. de J. (2011). *Bioeconomía: instrumentos para su análisis económico*. Texcoco: SAGARPA/COLPOS.
- Braudel, F. (1986). *La dinámica del capitalismo*. México: FCE.
- Coase, R. H. (2013). The Problem of Social Cost. *The Journal of Law and*

- Economics*, 56(4), 837–877. <https://doi.org/10.1086/674872>
- Copeland, T. E., y Keenan, P. T. (1998a). How much is flexibility worth? *McKinsey Quarterly*, (2), 38–49.
- Copeland, T. E., y Keenan, P. T. (1998b). Making real options real. *McKinsey Quarterly*, (3), 128–141.
- Cox, J. C., Ross, S. A., y Rubinstein, M. (1979). Option pricing: A simplified approach. *Journal of Financial Economics*, 7(3), 229–263. [https://doi.org/10.1016/0304-405X\(79\)90015-1](https://doi.org/10.1016/0304-405X(79)90015-1)
- Damodaran, A. (2012). *Investment valuation: tools and techniques for determining the value of any asset* (3a ed.). New Jersey: John Wiley & Sons.
- Dixit, A. (1989). Entry and Exit Decisions under Uncertainty. *Journal of Political Economy*, 97(3), 620–638. <https://doi.org/10.1086/261619>
- Dixit, A. (1992). Investment and Hysteresis. *Journal of Economic Perspectives*, 6(1), 107–132. <https://doi.org/10.1257/jep.6.1.107>
- Dixit, A. (1993). *The art of smooth pasting*. New Jersey, USA: Harwood Academic Publishers.
- Dixit, A., y Pindyck, R. S. (1994). *Investment under Uncertainty*. New Jersey: Princeton University Press.
- Dowrick, S. (1986). von Stackelberg and Cournot Duopoly: Choosing Roles. *The RAND Journal of Economics*, 17(2), 251–260. <https://doi.org/10.2307/2555388>
- Dussel, E. (2014). *16 tesis de economía política: interpretación filosófica*. México: Siglo XXI Editores.
- FAIRTRADE. (2012). Fairtrade and Coffee. Fairtrade Foundation.
- Ferguson, B. S., y Lim, G. C. (2003). *Dynamic Economic Models in Discrete Time: theory and empirical applications*. London: Routledge.
- FLO (Fairtrade International). (2016a). *Scope and Benefits of FairTrade*. Recuperado de http://www.fairtrade.net/fileadmin/user_upload/content/2009/resources/2015-Monitoring_and_Impact_Report_web.pdf

- FLO (Fairtrade International). (2016b). Tabla de precios mínimos y prima de comercio justo FairTrade. Bonn: Fairtrade Labelling Organizations International (FLO). Recuperado de http://www.fairtrade.net/fileadmin/user_upload/content/2009/standards/documents/2016-04-04_SP_Fairtrade_Minimum_Price_and_Premium_Table_PUBLIC.pdf
- Gould, J. P., y Lazear, E. P. (1994). *Teoría microeconómica* (3a ed.). Fondo de Cultura Económica.
- Henderson, J. M., y Quandt, R. E. (1958). *Microeconomic theory: a Mathematical Approach*. New York: McGraw-Hill.
- Hill, R. C., Griffiths, W. E., y Lim, G. C. (2011). *Principles of econometrics* (4a ed.). John Wiley & Sons.
- Hirsa, A., y Neftci, S. N. (2014). *An Introduction to the Mathematics of Financial Derivatives* (3a ed.). San Diego, USA: Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2010-0-64929-7>
- Hull, J. C. (2015). *Options, futures, and other derivatives* (Ninth). New Jersey: Pearson Education.
- Hull, J. C. (2017). *Fundamentals of Futures and Options Markets* (8a ed.). Vivar, Malaysia: Pearson Education.
- ICO (International Coffee Organization). (2002). The global coffee crisis: a threat to sustainable development. [ICO Document]. London: International Coffee Organization (ICO).
- ICO (International Coffee Organization). (2009). Organic coffee export statistics - Coffee year 2007/08 - WP Statistics 135/09 [ICO Document]. London: International Coffee Organization (ICO).
- ICO (International Coffee Organization). (2012). Exports of organic coffee and differentiated coffees Calendar years 2005 to 2011 and January to June 2012. [ICO Document]. London: International Coffee Organization (ICO).
- ICO (International Coffee Organization). (2013). Annual Review. 2011/12 [ICO Document]. London: International Coffee Organization (ICO).

- INAFED (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal). (2018). Chiapas. Enciclopedia de Los Municipios y Delegaciones de México. Recuperado de <http://siglo.inafed.gob.mx/enciclopedia/EMM07chiapas/mediofisico.html>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2017). Chiapas. Recuperado el 5 de marzo de 2017, de <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/chis/economia/default.aspx?tema=me&e=07>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2018). Índices de Precios al Consumidor. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Recuperado de <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/inp/inpc.aspx>
- James, P. (2003). *Option theory*. Chichester: John Wiley & Sons.
- Jehle, G. A., y Reny, P. J. (2011). *Advanced microeconomic theory* (3a ed.). Harlow: Prentice Hall.
- Kodukula, P., y Papudesu, C. (2006). *Project valuation using real options: a practitioner's guide*. Florida: J. Ross Publishing.
- Lewin, B., Giovannucci, D., y Varangis, P. (2004). *Coffee markets: new paradigms in global supply and demand* (Agriculture and Rural Development Discussion Papers No. 3). Washington.
- Lomelí O., H., y Rumbos P., B. (2011). *Métodos dinámicos en economía: otra búsqueda del tiempo perdido* (2a ed.). México: Jit Press.
- Luong, Q. V, y Tauer, L. W. (2006). A real options analysis of coffee planting in Vietnam. *Agricultural Economics*, 35(1), 49–57. <https://doi.org/10.1111/j.1574-0862.2006.00138.x>
- Marín, J. M., y Rubio, G. (2011). *Economía financiera*. Barcelona: Antoni Bosch.
- Mas-Colell, A., Whinston, M. D., y Green, J. R. (1995). *Microeconomic theory*. New York: : Oxford University Press.
- Mascareñas, J. (2008). La Valoración de Proyectos de Inversión Productivos (Project Valuation). *SSRN Electronic Journal*.

<https://doi.org/10.2139/ssrn.2313271>

- Mascareñas, J., Lamothe, P., López, F., y de Luna, W. (2004). *Opciones reales y valoración de activos: como medir la flexibilidad operativa en la empresa*. Madrid: Prentice Hall.
- McDonald, R., y Siegel, D. (1986). The Value of Waiting to Invest. *The Quarterly Journal of Economics*, 101(4), 707–728. <https://doi.org/10.2307/1884175>
- Merton, R. C. (1990). *Continuous time finance*. Cambridge MA & Oxford UK: Blackwell.
- Mun, J. (2006). *Real options analysis: Tools and techniques for valuing strategic investments and decisions* (2a ed.). New Jersey: John Wiley & Sons.
- Najera, O. (2002). El café orgánico en México Una alternativa para los productores indígenas. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, (48), 59–75. <https://doi.org/jf020599h> [pii]
- Nechyba, T. J. (2011). *Microeconomics: An Intuitive Approach with Calculus*. Mason, USA: South-Western, Cengage Learning.
- Nicholson, W. (2008). *Teoría microeconómica: principios básicos y ampliaciones* (9a ed.). México: Cengage Learning Editores.
- Nicholson, W., y Snyder, C. (2012). *Microeconomic Theory: Basic Principles and Extensions* (11a ed.). South-Western: Cengage Learning.
- Novelo G, M., Soto G, E., y Osuna G, L. (2011). Criterios Técnicos en la Evaluación de Proyectos. *FIRA Boletín Informativo*, XXVII(5), 1–35.
- Obstfeld, M., y Rogoff, K. (1996). *Foundations of International Macroeconomics*. London: The MIT Press.
- Pay, E. (2009). *The market for organic and fair-trade coffee*. Rome.
- Pérez A., P. (2009). Los espacios de producción de café sustentable en México en los inicios del siglo XXI. *Revista Pueblos y Fronteras Digital*, 4(7), 116–156.
- Pindyck, R. S. (1991). Irreversibility, Uncertainty, and Investment. *Journal of Economic Literature*, 29(3), 1110–1148. Recuperado de <https://www.jstor.org/stable/2727613>

- Price, J. T., y Wetzstein, M. E. (1999). Irreversible Investment Decisions in Perennial Crops with Yield and Price Uncertainty. *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 24(1), 173–185.
- Regalado Ortiz, A. (2006). *¿Qué es la calidad del café?* Texcoco: Universidad Autónoma Chapingo (UACH).
- Rogers, J. (2009). *Strategy, value and risk: the real options approach* (2a ed.). Hampshire, UK: Palgrave Macmillan.
- Ross, S. A. (1987). The Interrelations of Finance and Economics: Theoretical Perspectives. *American Economic Review*, 77(2), 29–24. Recuperado de <http://www.jstor.org/stable/1805425>
- Ross, S. A., Westerfield, R. W., y Jaffe, J. (2013). *Corporate finance* (10a ed.). New York: McGraw-Hill.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, P. y A. (2013). *Impactos del Café*. Recuperado de <http://www.sagarpa.mx/agricultura/Documents/Cultivos Agroindustriales/Impactos Café.pdf>
- Sapag Chain, N., Sapag Chain, R., y Sapag P, J. M. (2014). *Preparación y Evaluación de Proyectos* (6a ed.). México, D.F.: McGraw-Hill.
- Segura, J. (1986). *Análisis microeconómico*. Madrid: Alianza Editorial.
- SIACION-SIAP (Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta - Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera). (2018). Módulo Agrícola Estatal del SIACION-NG. SAGARPA.
- SIACION (Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta - Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera). (2011). Módulo Agrícola del SIACION. SAGARPA.
- Smith, A. (1776). *Una Investigación acerca de la Naturaleza y las Causas de la Riqueza de las Naciones*. (C. Rodríguez Braun, Trad.). Madrid, España: Alianza Editorial.
- Stigler, G. J. (1940). Notes on the Theory of Duopoly. *Journal of Political Economy*, 48(4), 521–541. <https://doi.org/10.1086/255586>

- Stiglitz, J. E. (1989). Markets, Market Failures, and Development. *The American Economic Review*, 79(2), 197–203. Recuperado de <http://www.jstor.org/stable/1827756>
- Stiglitz, J. E., y Rosengard, J. K. (2015). *La economía del sector público* (4a ed.). Barcelona, España: Antoni Bosch.
- Tauer, L. W. (2006). When to get in and out of dairy farming: A real option analysis. *Agricultural and Resource Economics Review*, 35(2), 339–347. <https://doi.org/10.1017/S1068280500006778>
- Trigeorgis, L. (1993). Real Options and Interactions with Financial Flexibility. *Financial Management*, 22(3), 202–224. <https://doi.org/10.2307/3665939>
- Trigeorgis, L. (1996). *Real options: Managerial flexibility and strategy in resource allocation*. London: The MIT Press.
- USDA. (2016). Foreign Agricultural Service: production, supply and distribution online. Recuperado el 5 de noviembre de 2016, de <http://apps.fas.usda.gov/psdonline/psdQuery.aspx>
- Varian, H. R. (1992). *Análisis microeconómico* (3a ed.). Barcelona: Antoni Bosch.
- Varian, H. R. (2014). *Intermediate Microeconomics: A Modern Approach* (9a ed.). New York: Norton & Company.
- Venegas Martínez, F. (2008). *Riesgos financieros y económicos: productos derivados y decisiones económicas bajo incertidumbre* (2a ed.). México: Cengage Learning Editores.
- Wickens, M. (2008). *Macroeconomic theory: a dynamic general equilibrium approach*. New Jersey: Princeton University Press.
- World Bank. (2018). World Bank commodity price data (the Pink Sheet). Recuperado de <http://pubdocs.worldbank.org/en/561011486076393416/CMO-Historical-Data-Monthly.xlsx>
- Zarkos, S., Morgan, R. E., y Kouropalatis, Y. (2007). Real options and real strategies, 325(November), 315–325. <https://doi.org/10.1002/jsc.802>