

## El momento óptimo para invertir en una empresa de la agroindustria del café (Una Aplicación de la Teoría de las Opciones Reales)

Zenón Hernández Álvarez<sup>1</sup>

Universidad Autónoma Chapingo, México

María de Jesús Ramos Álvarez

Universidad Autónoma Chapingo, México

### Resumen

La alta volatilidad del precio real del café en el mercado internacional hace que la valoración tradicional sea insuficiente para valorar proyectos de inversión en la agroindustria de café. El presente trabajo muestra como cuantificar e incorporar la incertidumbre en la valoración para determinar el momento más oportuno en el cual una empresa de café invertiría para comercializar su café como café oro verde y tostado en el mercado nacional. La teoría de las opciones reales a través del modelo del momento de inversión óptima permite decidir si invertir o no mediante un valor crítico. Para la empresa social en estudio, se encontró que la inversión se debe llevar a cabo puesto que, el valor del proyecto ( $V = \$2'481,796,31$ ) es superior al valor crítico ( $V_{\sigma}^* = \$2'481,796,31$ ). Si la empresa vendiera solo café oro verde ( $\sigma = 27,94\%$ ) su decisión sería no invertir ( $V_{\sigma}^* < V$ ). Cuando la volatilidad es alta la inversión debe ser diferida. Al tomar en cuenta la volatilidad de la inversión se podría estimar su “verdadero valor” permitiendo a la directiva tomar mejores decisiones.

*Clasificación JEL: G11, G13, O13, Q13, Q14*

*Palabras clave: Valoración tradicional, opciones reales, valor crítico, volatilidad, café oro verde*

## The Optimal Time to Invest in a Coffee Agribusiness Company (an Application of the Real Options Theory)

### Abstract

The high volatility of the real price of coffee in the international market makes traditional valuation insufficient to value investment projects in the coffee agribusiness. This work illustrates how to quantify and incorporate uncertainty in the valuation to determine the optimal timing when a coffee company would invest to market its coffee, as roasted coffee and green coffee, in the national market. Using the optimal time to invest model, the real options theory helps decide whether or not to invest through a critical value. For the case of the social enterprise under study, it was found that the investment must be carried out since the project value ( $V = \$2'481,796,31$ ) is greater than the critical value ( $V_{\sigma}^* = \$2'481,796,31$ ). If the company only sells green coffee ( $\sigma = 27,94\%$ ), its decision would be not to invest ( $V_{\sigma}^* < V$ ). When volatility is high, the investment must be deferred. With its volatility in mind, the “true value” of the investment could be estimated to help management in the decision-making process.

*JEL Classification: G11, G13, O13, Q13, Q14*

*Keywords: traditional valuation, real options, critical value, volatility, green coffee*

<sup>1</sup>Tesis de Doctor en Ciencias en Economía Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo. Autor: Zenón Hernández Álvarez. Director de Tesis: Ignacio Caamal Cauich. \*Sin fuente de financiamiento declarada para el desarrollo de la investigación

## 1. Introducción

En la actualidad la mayoría de las inversiones sobre activos son inciertas, más aún la de los commodities, como es el caso, de las inversiones en la agroindustria del café. Ante este nuevo panorama, la valoración de inversiones por el método tradicional ya no es adecuado para obtener el “verdadero” valor de mercado de una inversión, puesto que no es capaz de capturar la incertidumbre del mercado (Amram y Kulatilaka, 1999), la flexibilidad administrativa (Kulatilaka, 1993) y la irreversibilidad de las inversiones (Dixit y Pindyck 1995; Pindyck, 1991; Trigeorgis, 1993).

El enfoque tradicional para valorar una inversión en la cadena de valor de café asume que; los flujos de caja que generará la empresa son fijos y conocidos desde el inicio del análisis, el riesgo no sistemático es constante y está representado totalmente por la tasa de descuento (Mascareñas, 2018; Mascareñas, Lamothe, López y de Luna, 2004), una vez en marcha la empresa se gestionan pasivamente y la administración no puede alterar su curso a lo largo del tiempo aun cuando ciertos aspectos de la incertidumbre en la empresa se lleguen a resolver (Mun, 2006, p. 65) y; finalmente, supone que la inversión inicial es reversible o irreversible, si la empresa cafetalera no tiene éxito, todos sus activos se pueden vender fácilmente en el mercado, por el contrario, si la empresa no realiza la inversión en el momento adecuado, perderá su oportunidad de incursionar en el mercado de café en otro momento (Dixit y Pindyck, 1994).

Sin embargo, 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, se puede posponer hasta obtener más información sobre el futuro (Dixit, 1992; Dixit y Pindyck, 1994).

Para tomar en cuenta las características anteriores al momento de valorar una inversión en la cadena de valor de café es necesario contar con nuevas herramientas de valoración de activos capaces de tomar en cuenta, de forma explícita, la incertidumbre y dinámica de los mercados a nivel mundial (Trigeorgis, 1993, 2005), la flexibilidad de la directiva de la empresa cafetalera, no solo para identificar las oportunidades valiosas de inversión, sino también para alterar su estrategia operativa y financiera con el fin de capitalizar las oportunidades futuras o mitigar las pérdidas (Amram y Kulatilaka, 1999, 2000) de las inversiones irreversibles que se realicen en la cadena de valor del café debido a diversos problemas del mercado (Pindyck, 1991).

La teoría de las opciones reales es una herramienta capaz de valorar inversiones parcial o totalmente irreversibles en la cadena de valor de café (Vollert, 2003), cuantificando la incertidumbre de los mercados (Mun, 2006; Trigeorgis, 2005) para poder decidir el momento más oportuno para realizar una inversión (Dixit y Pindyck, 1995).

Por ejemplo, si la empresa quiere integrar más eslabones de la cadena de valor de café al querer vender su producción de café como café oro verde o café molido y compra equipo para el beneficio seco y torrefacción y, la de demanda de mercado cae en un futuro cercano, la empresa no puede vender sus activos a precio de mercado en el mejor de los casos (a veces no se puede recuperar ni el valor de rescate de los activos porque nadie quiere comprar equipo que no va utilizar), sin embargo, si se cuantifica la incertidumbre del mercado, se podrá decidir si es adecuado invertir en el momento actual o esperar a obtener mayor información del mercado de café -sea del mercado internacional (café oro verde) o del mercado nacional (café molido).

En la valoración tradicional la decisión de realizar o no una inversión en la cadena de valor de café la define el Valor Actual Neto (VAN) o el Índice de Rentabilidad (IR) que es una variante del primero. Un VAN mayor que cero o un IR mayor que uno indica que se debe realizar la inversión (Mascareñas, 2008). En la valoración bajo incertidumbre el momento más oportuno para realizar o diferir una inversión, lo define un valor crítico,  $V^*$  el cual se compara con los Flujos de Caja Actualizados (FCA) de la valoración tradicional, si

los FCA son mayores que el valor crítico se debe realizar la inversión, en caso contrario, se debe diferir hasta que se cuenta con mayor información de los precios del mercado (Dixit y Pindyck, 1994; Pindyck, 1991).

En la actualidad el mercado de café es muy incierto debido a su liberalización y desregulación desde 1990, (Silveira, Mattos y Saes, 2017), a los fenómenos climáticos que afectan a los países productores, especialmente Brasil, así como, al bajo crecimiento de la demanda en los países consumidores por el avance en su tecnología para realizar mezclas con diferentes tipos de café y a su logística para mantener stocks más pequeños y, al aumento de la oferta de los países productores (Lewin, Giovannucci, y Varangis, 2004).

México al ser un país productor de café oro verde (97% de su producción nacional es café arábica) con una participación pequeña (3% de la producción) en el mercado internacional, se comporta como un tomador de precios, por lo que, la incertidumbre del mercado tiene un gran impacto en las pequeñas empresas sociales que no tienen poder de negociación en el mercado internacional de café. Por tanto, la cuantificación de la incertidumbre se vuelve necesaria al momento de tomar la decisión para definir el “momento óptimo” en el cual una pequeña empresa social debe llevar a cabo una nueva inversión para agregar valor a su café.

La idea de valorar una inversión en incertidumbre de una pequeña empresa de café se debe principalmente a que el café es un producto que tiene una gran importancia social para más de tres millones de mexicanos que dependen directa o indirectamente de la cadena de valor de café y que no tiene otra alternativa de vida, la mayoría de los cuales son minifundistas que viven en las zonas más marginadas del país, siendo el estado de Chiapas el estado con más productores minifundistas y el principal productor de café a nivel nacional (AMECAFÉ, 2012). Además, Chiapas es uno de los principales estados en el que los pequeños productores han buscado alternativas a la producción, procesamiento y comercialización de su café a través de la creación de empresas sociales para darle mayor valor agregado al café al integrar varios eslabones de la cadena de valor de café para tener un mayor poder de negociación en el mercado.

Para reforzar estas alternativas de las empresas sociales de café, es necesario implementar nuevas formas de valorar sus inversiones, de tal manera, que tomen en cuenta la volatilidad del precio real del mercado, la flexibilidad de la administración y la irreversibilidad de las inversiones, tal que permitan definir adecuadamente el momento más oportuno para llevar a cabo un nuevo proyecto que mejore el bienestar de las empresas sociales en Chiapas y por ende a los pequeños productores minifundistas.

Por lo anterior, en el presente trabajo se muestra como el modelo del momento más oportuno (valor crítico) para realizar o diferir una inversión se podría aplicar a una pequeña empresa cafetalera que desea saber el momento adecuado para invertir en un nuevo proyecto que le permitiría agregar valor a su café pergamino para poder comercializarlo como café oro verde o café molido en el mercado internacional o nacional dependiendo de la incertidumbre del mercado.

## 2. Materiales y Métodos

Para poder valorar la inversión en incertidumbre de la pequeña empresa cafetalera es necesario estimar primero la volatilidad del precio real del café oro verde variedad arábica en el mercado internacional y del índice de precios real del café tostado a nivel nacional. Por lo que, fue necesario obtener las series de precios mensuales internacionales del café oro verde variedad arábica (World Bank, 2018), así como, la serie del índice de precios mensuales del café tostado para México (INEGI, 2018). Ambas series abarcan el periodo de 1969-2018.

El precio mensual del café oro verde variedad arábica que registran el Banco Mundial y el índice de precios del café tostado que registra el INEGI se pueden considerar como variables proxy del precio de venta de la empresa social (al igual que los intermediarios) al momento de vender (comprar) su café (oro verde o tostado) en el mercado internacional, nacional o local, puesto que, el precio internacional del café arábica y

el índice de precios del café tostado se pueden considerar como una combinación lineal del precio de venta de la empresa, donde la diferencia entre el precio internacional y el precio de venta de la empresa es un margen de comercialización constante -lo mismo aplica con el índice de precios del café tostado (Tomek y Kaiser, 2014).

Posteriormente, se realizó el análisis de factibilidad económica-financiera de un proyecto para agregar valor al café oro verde a través del Valor Actual Neto (VAN) o Índice de Rentabilidad (IR), la Relación Beneficio/Costo (R B/C) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) (Baca, 2013; Sapag, Sapag, y Sapag, 2014). Finalmente, se hizo uso del modelo del momento más oportuno para realizar o diferir una inversión para saber si es adecuado invertir inmediatamente o diferir la inversión en incertidumbre de la empresa hasta que se tenga nueva información del mercado de café.

### 3. Estimación de la volatilidad del café arábica y tostado

Para estimar la volatilidad del café arábica oro verde y del café tostado fue necesario transformar las series nominales en series reales por medio del Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC). Una vez que se obtuvieron las series mensuales reales del café oro verde arábica y del café 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  $\sigma$ , utilizando las ecuaciones (1) y (2) (Rogers, 2009, pp. 82–86).

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

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

Donde,  $P_t$  es el precio del café en el periodo  $t$  y  $t-1$ ,  $u_t$  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  $\sigma$  (Amram y Kulatilaka, 2000; Brambila Paz, 2011). Esta forma de estimar la volatilidad se conoce como volatilidad histórica. Dicha volatilidad también se puede obtener empleando series de tiempo, modelos Arch y Garch (Hull, 2015, pp. 521–543).

### 4. 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 log-normal que permite modelar los cambios absolutos continuos de los precios,  $dx$  mediante la siguiente ecuación

$$dx = \alpha x dt + \sigma x dz, \quad (3)$$

suponiendo que los cambios porcentuales de los precios ( $dx/x$ ) se distribuyen como una normal, con media  $\alpha$  y varianza  $\sigma^2$  (Dixit, 1993). El movimiento browniano geométrico supone que los precios tienden a cambiar en el tiempo con una tendencia determinada por  $\alpha$  y una volatilidad determinada por  $\sigma$  y que la volatilidad tiende a incrementarse en el tiempo a razón de  $\sqrt{t}$ .

Como el MBG no es más que la formulación en tiempo continuo de la caminata aleatoria (Dixit, 1989), entonces, para determinar si las series de precio mensual real del café oro verde y del índice de precios real del café tostado se comportan como un MB(Jácome y Garrido, 2017; Luong y Tauer, 2006)G, solo se debe

realizar una prueba de raíz unitaria del siguiente modelo (Luong y Tauer, 2006):

$$P_t = \lambda P_{t-1} + u_t, \quad (4)$$

donde  $\lambda = 1$ ,  $P_t$  es el precio del café en el mes  $t$ ,  $P_{t-1}$  es el precio del mes anterior y  $u_t$  es el término de error que sigue una caminata aleatoria de ruido blanco. Si la hipótesis nula de raíz unitaria no se rechaza, entonces, se concluye que las series se comportan como una caminata aleatoria (Hill, Griffiths, y Lim, 2011). Las series de precios de café cortas tienden a comportarse como caminatas aleatorias (Jácome y Garrido, 2017; Luong y Tauer, 2006; Tauer, 2006), mientras que las series largas tiende a regresar a la media (Dixit y Pindyck, 1994).

Al analizar las gráficas de las primeras diferencias de las series de precio de café oro verde variedad arábica y del índice de precios del café tostado, se pudo observar que, no presentan tendencia, ni una constante diferente de cero, concluyendo que para efectos prácticos sólo era necesario realizar la prueba de Dickey-Fuller sin constante ni tendencia. Al realizar la prueba para los tres modelos, sin constante, con constante, así como, con constante y tendencia para ambas series sin incorporar términos rezagados se encontró que ninguno de los modelos rechaza la hipótesis nula con un nivel de confianza del 95 %. Por lo que, se concluye que ambas series se comportan como un MBG.

## 5. Invertir o diferir una inversión en una empresa social de café

### 5.1. Modelo 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,

$$F(V) = (Ve^{\alpha T} - I) e^{-\rho T}, \quad (5)$$

donde  $\alpha$  es la tasa media de crecimiento de los flujos de caja actualizados (FCA) del proyecto o de los precios de mercado que replican los FCA,  $\rho$  es la tasa de actualización y  $T$  el momento oportuno para realizar la inversión. Si se maximiza la Ecuación (5) y se despeja  $T$  se obtendrá el momento oportuno para invertir,

$$T = \max \left[ \frac{1}{\alpha} \ln \left[ \frac{\alpha I}{(\rho - \alpha) V} \right], 0 \right]. \quad (6)$$

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.

$$V^* = \frac{\rho}{(\rho - \alpha)} I. \quad (7)$$

Se debe invertir, si  $T = 0$  en la Ecuación (6) o, si los FCA del proyecto son mayores que  $V^*$  en la Ecuación (7), 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.

## 5.2. Modelo estocástico

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 (8), tal que es óptimo invertir si los FCA de la inversión son mayores a dicho valor crítico (Pindyck, 1991).

$$V^* = \frac{\beta_1}{\beta_1 - 1} I, \quad (8)$$

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 el Índice de Rentabilidad 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  $\beta_1$  es mayor que uno, el factor  $\frac{\beta_1}{\beta_1 - 1}$  tiene que ser estrictamente superior a uno. Cuando la volatilidad se incrementa,  $\beta_1$  se acerque 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.

## 6. Resultados y Discusión

### 6.1. Tendencia y volatilidad del mercado del café

Con la serie real del precio internacional del café arábica y el índice de precios real del café tostado durante el periodo 1969-2018 se calculó la tendencia de las series 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 1). La tendencia del café oro verde arábica ha sido a la baja con una volatilidad elevada, a diferencia del café tostado cuya tendencia fue positiva y con una volatilidad más baja.

**Cuadro 1.** Tendencia y volatilidad del mercado del café 1969-2018.

	Café Tostado	Café Arábica
TMC Mensual (%)	0.037	-0.081
TMC Anual (%)	0.45	-0.97
Volatilidad Mensual (%)	3.073	8.066
Volatilidad Anual (%)	10.646	27.941

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

La tendencia a la baja del precio del café oro verde variedad arábica y su alta volatilidad en el mercado internacional para México (puesto que se utilizó el INPC de México para deflactar la serie), se deben principalmente (ICO, 2012; Lewin, Giovannucci, and Varangis, 2004):

- 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;

- A los fenómenos meteorológicos en los países productores (un buen temporal incrementa la oferta, una helada disminuye la oferta);
- A la mejora de la tecnología en los países importadores para mantener inventarios por más tiempo y realizar mejores mezclas con café de calidad inferior;
- A la irreversibilidad de las inversiones en las plantaciones cafetaleras de los países productores;

Así como, al hecho de que México un país tomador de precios dentro del mercado internacional por tener una participación muy baja en la producción mundial (apenas cercana al 3.00%), no permitiéndole inferir en el comportamiento del precio internacional (tendencia y volatilidad). Es por ello, que el riesgo que enfrentan las pequeñas empresas sociales de México al momento de invertir es mayor que el que enfrentan los industriales (nacionales e internacionales) en la red de valor del café, haciendo que las pérdidas de los productores se conviertan en las ganancias de los industriales (ICO, 2002). Aquí, el precio internacional del café oro verde variedad arábica se toma como proxy del precio de venta de la empresa social, es decir, que el precio del café oro verde es una combinación lineal del precio de venta la empresa social, donde la diferencia de ambos precios es un margen de comercialización constante (Tomek y Kaiser, 2014).

Para poder contrarrestar este riesgo por parte de pequeñas empresas sociales, 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 y nacional. 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 (café tostado, cafeterías, entre otros).

La tendencia a la baja del precio del commodity ha provocado que durante décadas las empresas sociales siempre reciban menos ingresos año con año en términos reales por la venta de su café oro verde, mientras que los industrializadores al mejorar sus métodos de almacenamiento y transformación del producto se han quedado 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 otros casos 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 1 esta tiene mayor efecto en el commodity que en el producto con valor agregado (café tostado).

## 6.2. Valoración tradicional de una empresa

La empresa social se constituyó en 1996 con productores de los municipios: Las Margaritas y Maravilla Tenejapa en el estado de Chiapas. En la actualidad, sus productores cuentan con una superficie de 179 hectáreas de café con un rendimiento estimado de 8 Qq/ha y una producción de 1,432 Qq por ciclo de café oro verde. Dado su volumen de producción no les reditúa vender su café en el mercado internacional, ya sea como café convencional o diferenciado.

La sociedad quiere comercializar una parte de su café molido en el mercado regional y nacional envasado 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, y la otra, como café oro verde, mientras se consolida el mercado nacional de café molido para la empresa. Al realizar la valoración tradicional del proyecto, los indicadores mostraron que era financiera y económicamente factible (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Flujos de efectivo 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
Flujo de efectivo sin (\$)	-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 %
Flujo de efectivo con (\$)	-4,000,641	168,530	603,100	787,589	1,184,086	4,315,782
VAN (\$) =	731,233.00		R B/C=	1.04	TIR =	14.59 %
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.

Hasta aquí, se asume que la sociedad cuenta con todo lo necesario para la puesta en marcha del proyecto o que tiene las posibilidades económicas y financieras para adquirir lo que hace falta y, por lo tanto, que el proyecto será un éxito.

Sin embargo, 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. Puesto que, 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 que puede ser un éxito o un fracaso. La empresa tampoco cuenta con el capital para adquirir los equipos necesarios para empacar el café molido.

### 6.3. El momento óptimo 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 (Brambila, 2003, 2006). 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 FCA mínimos ( $V^*$ ) *que debe generar una inversión en incertidumbre para ponerla en marcha.*

Si, los FCA de la valoración tradicional son inferiores o iguales a los FCA del valor crítico, el proyecto no debe ponerse en marcha. Este indicador es similar al IR 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 FCA 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 FCA del proyecto (Cuadro 3). 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.

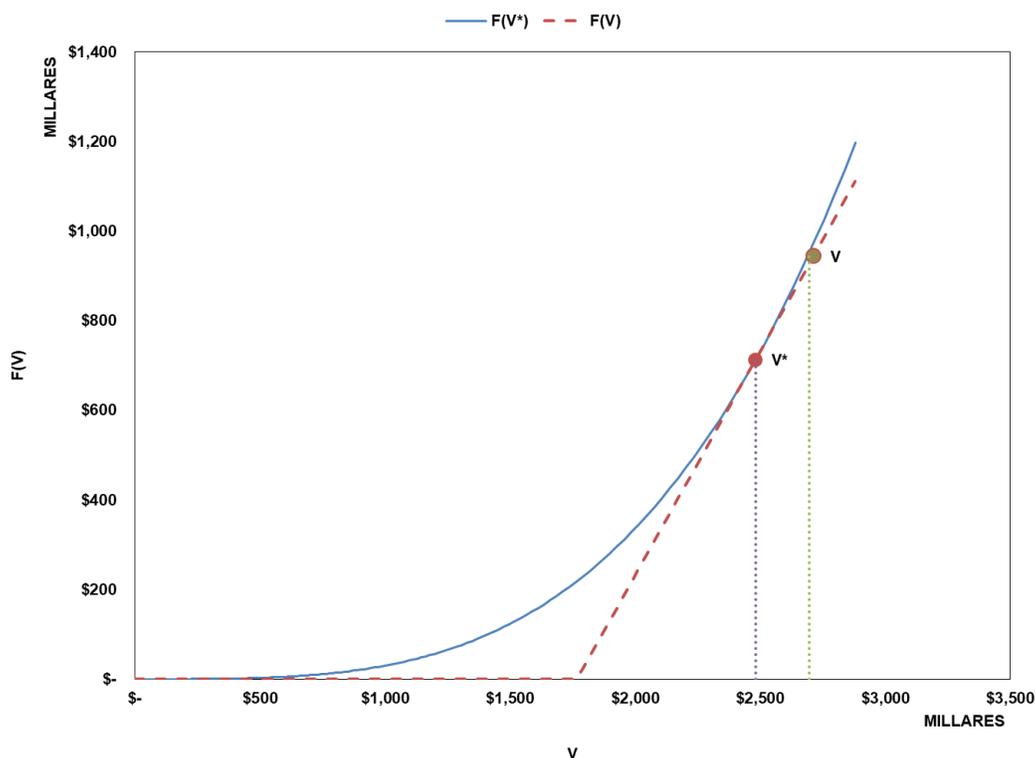
Al tomar en cuenta la volatilidad del proyecto, se encontró que los FCA de la valoración tradicional ( $V$ ) son superiores al valor crítico ( $V_{\sigma}^*$ ), siendo factible la decisión de invertir inmediatamente (Figura 1). En la figura, se puede observar que cuando se toma en consideración la volatilidad del mercado de café el valor de la opción  $F(V)$  es superior cuando  $V < V^*$ .

**Cuadro 3.** Valor crítico para la empresa cafetalera.

Concepto	$\alpha$ (%)	$\beta$ (%)	$\sigma$ (%)	$\beta_1$	$\frac{\beta_1}{\beta_1-1}$	$V_{\sigma}^*$	Invertir	$F(V_{\sigma}^*)$
Proyecto	0.09	10	14.97	3.48	1.4	\$2,481,796.31	Si	\$713,155.31
Café oro verde	-0.97	10	27.94	2.34	1.74	\$3,086,265.77	No	\$1,317,624.77
Café tostado	0.45	10	10.65	4.31	1.3	\$2,303,755.59	Si	\$535,114.59

Fuente: Elaboración propia.

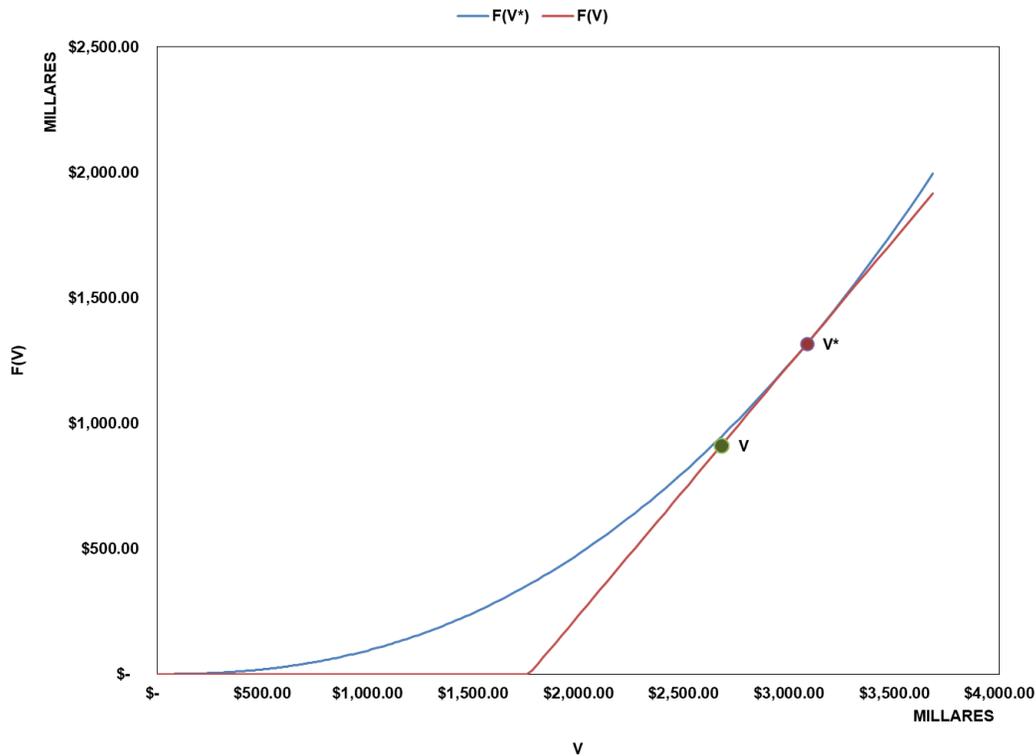
Si se valora la inversión tomando como referencia solo la TMAC del café oro verde, la decisión sería invertir inmediatamente, dado que,  $V > I$ . Sin embargo, al tomar en cuenta la incertidumbre del café oro verde que es casi el doble que la del proyecto, el valor crítico en incertidumbre supera al FCA 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 2).



**Figura 1.** Valor de la oportunidad de inversión del proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

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 FCA del proyecto son superiores al valor crítico en certidumbre e incertidumbre.



**Figura 2.** Valor de la oportunidad de inversión del café oro verde.

Fuente: Elaboración propia.

## Conclusiones y recomendaciones

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 cuatro 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 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 el IR de la valoración tradicional.

Como los FCA 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. La decisión de esperar sería recomendable para la empresa social, puesto, es difícil saber si el mercado del café con valor agregado crecerá en el mediano plazo como para recuperar la inversión inicial.

## 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 generen las estrategias correspondientes, para que los productores de las empresas sociales 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, debido a que los productores siempre toman en cuenta el comportamiento del precio del café oro verde en los mercados internacionales al momento de vender su producción en el mercado local o regional. 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 al cuantificar e incorporar la incertidumbre al momento de valorar una inversión.

## Referencias

- [1] 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>
- [2] Amram, M., y Kulatilaka, N. (1999). Uncertainty: the new rules for strategy. *Journal of Business Strategy*, 20(3), 25–29. <https://doi.org/10.1108/eb040003>
- [3] Amram, M., y Kulatilaka, N. (2000). *Opciones Reales: Evaluación de Inversiones en un Mundo Incierto*. Barcelona: Gestión 2000.
- [4] Baca Urbina, G. (2013). *Evaluación de proyectos (7a ed.)*. D.F., México: McGraw-Hill.
- [5] Brambila Paz, J. de J. (2003). FINANCIAMIENTO RURAL: Redes de Valor y Opciones Reales.
- [6] Brambila Paz, J. de J. (2006). En el umbral de una agricultura nueva. Texcoco: Universidad Autónoma Chapin-go/Colegio de Postgraduados.
- [7] Brambila Paz, J. de J. (2011). *Bioeconomía: instrumentos para su análisis económico*. Texcoco: SAGARPA/-COLPOS.
- [8] Dixit, A. (1989). Entry and Exit Decisions under Uncertainty. *Journal of Political Economy*, 97(3), 620–638. <https://doi.org/10.1086/261619>
- [9] Dixit, A. (1992). Investment and Hysteresis. *Journal of Economic Perspectives*, 6(1), 107–132. <https://doi.org/10.1257/jep.6.1.107>
- [10] Dixit, A. (1993). *The art of smooth pasting*. New Jersey, USA: Harwood Academic Publishers.
- [11] Dixit, A., y Pindyck, R. S. (1994). *Investment under Uncertainty*. New Jersey: Princeton University Press.
- [12] Dixit, A., y Pindyck, R. S. (1995). *The Options Approach to Capital Investment*.
- [13] Hill, R. C., Griffiths, W. E., y Lim, G. C. (2011). *Principles of econometrics (4a ed.)*. John Wiley & Sons.
- [14] Hull, J. C. (2015). *Options, futures, and other derivatives (Ninth)*. New Jersey: Pearson Education.

- [15] ICO (International Coffee Organization). (2002). The global coffee crisis: a threat to sustainable development. [ICO Document]. London: International Coffee Organization (ICO).
- [16] 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).
- [17] 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>
- [18] Jácome, A. R., y Garrido, A. (2017). A real option analysis applied to the production of Arabica and Robusta coffee in Ecuador. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 15(1), 1–12. <https://doi.org/10.5424/sjar/2017151-10098>
- [19] Kulatilaka, N. (1993). The Value of Flexibility: The Case of a Dual-Fuel Industrial Steam Boiler. *Financial Management*, 22(3), 271. <https://doi.org/10.2307/3665944>
- [20] 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.
- [21] 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>
- [22] Mascareñas, J. (2008). La Valoración de Proyectos de Inversión Productivos (Project Valuation). SSRN Electronic Journal. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2313271>
- [23] Mascareñas, J. (2018). Opciones Reales en la Valoración de Proyectos de Inversión (Real Options in Project Valuation). Monografías de Juan Mascareñas sobre Finanzas Corporativas. Recuperado de <https://ssrn.com/abstract=2314567>
- [24] 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.
- [25] Mun, J. (2006). Real options analysis: Tools and techniques for valuing strategic investments and decisions (2a ed.). New Jersey: John Wiley & Sons.
- [26] Pindyck, R. S. (1991). Irreversibility, Uncertainty, and Investment. *Journal of Economic Literature*, 29(3), 1110–1148. Recuperado de <https://www.jstor.org/stable/2727613>
- [27] Rogers, J. (2009). Strategy, value and risk: the real options approach (2a ed.). Hampshire, UK: Palgrave Macmillan.
- [28] Sapag Chain, N., Sapag Chain, R., y Sapag P, J. M. (2014). Preparación y Evaluación de Proyectos (6a ed.). México, D.F.: McGraw-Hill.
- [29] Silveira, R. L. F. d., Mattos, F. L., y Saes, M. S. M. (2017). The Reaction of Coffee Futures Price Volatility to Crop Reports. *Emerging Markets Finance and Trade*, 53(10), 2361–2376. <https://doi.org/10.1080/1540496X.2016.1205976>
- [30] 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>
- [31] Tomek, W. G., y Kaiser, H. M. (2014). Agricultural product prices (5a ed.). New York: Cornell University Press.
- [32] Trigeorgis, L. (1993). Real Options and Interactions with Financial Flexibility. *Financial Management*, 22(3), 202–224. <https://doi.org/10.2307/3665939>
- [33] Trigeorgis, L. (2005). Making use of real options simple: an overview and applications in flexible/modular decision making. *The Engineering Economist*, 50(1), 25–53. <https://doi.org/10.1080/00137910590917026>
- [34] Vollert, A. (2003). A Stochastic Control Framework for Real Options in Strategic Evaluation. *Society* (Vol. 4). Boston, MA: Birkhäuser Boston. <https://doi.org/10.1007/978-1-4612-2068-8>
- [35] World Bank. (2018). World Bank commodity price data (the Pink Sheet). Recuperado de <http://pubdocs.worldbank.org/en/561011486076393416/CMO-Historical-Data-Monthly.xlsx>