Impact of international coffee price volatility on cash flow and financial risk at Santa Ana Farm in Guatemala

Melanny Marroquín[1]; Daniel Malouf[1]; Rommel Reconco[1]; Arie Sanders[1]
[1]Zamorano University, Honduras, *melanny.marroquin@est.zamorano.edu, daniel.malouf@est.zamorano.edu, rreconco@zamorano.edu, asanders@zamorano.edu*

Abstract– ***This research analyzed the impact of international coffee price volatility on cash flow and financial risk at Santa Ana farm, located in Santa Rosa, Guatemala, during the 2021–2025 period. The general objective was to develop a probabilistic financial model capable of evaluating the farm's financial performance, cash generation, and economic risk for five coffee varieties: Bourbon Catuaí, Catuaí Amarillo, Pacamara, Gesha, and SL28. The methodology included three stages: characterizing the cost and income structure by variety, building a deterministic cash flow with a five-year horizon, and quantifying risk through Monte Carlo simulations performed in @RISK using 10,000 iterations. Triangular and PERT distributions were applied to model uncertainty in price, yield, and costs. The results showed that production, measured in quintals, was the variable with the greatest influence on Net Present Value, Internal Rate of Return, Desirability Index, and income, followed by sale price. None of the varieties showed a probability of negative cash flows, reflecting low financial risk under the assumptions evaluated. Commercial varieties showed a high correlation with the international coffee price, while specialty varieties showed a weak or negative relationship. It was concluded that financial performance depended mainly on production volume and that diversification between varieties may act as a natural mechanism to mitigate price risk under uncertainty, a hypothesis that requires verification through portfolio risk measures. These findings provide useful information for financial planning and decision-making in coffee farms exposed to international market volatility, especially for producers seeking to improve liquidity management, reduce economic vulnerability, and make more informed investment decisions under changing market conditions over time.***

Keywords: cash flow, coffee, financial risk, Monte Carlo simulation, price volatility.

Impacto de la volatilidad del precio internacional del café sobre el flujo de caja y el riesgo financiero de la finca Santa Ana en Guatemala

Melanny Marroquín1; Daniel Malouf[1]; Rommel Reconco[1]; Arie Sanders[1]
[1]Universidad Zamorano, Honduras, *melanny.marroquin@est.zamorano.edu, daniel.malouf@est.zamorano.edu, rreconco@zamorano.edu, asanders@zamorano.edu*

Resumen– ***La presente investigación analizó el impacto de la volatilidad del precio internacional del café sobre el flujo de caja y el riesgo financiero de la finca Santa Ana, ubicada en Santa Rosa, Guatemala, durante el período 2021–2025. El objetivo general consistió en desarrollar un modelo financiero probabilístico capaz de evaluar el desempeño financiero, la generación de efectivo y el riesgo económico de la finca para cinco variedades de café: Bourbon Catuaí, Catuaí Amarillo, Pacamara, Gesha y SL28. La metodología comprendió tres etapas: la caracterización de la estructura de costos e ingresos por variedad, la construcción de un flujo de caja determinístico con horizonte de cinco años y la cuantificación del riesgo mediante simulaciones Monte Carlo ejecutadas con el software @RISK a partir de 10,000 iteraciones, empleando distribuciones triangulares y PERT para modelar la incertidumbre del precio, el rendimiento y los costos. Los resultados evidenciaron que la producción, medida en quintales, fue la variable con mayor influencia sobre el Valor Actual Neto, la Tasa Interna de Retorno, el Índice de Deseabilidad y los ingresos, seguida del precio de venta. Ninguna variedad presentó probabilidad de flujos de caja negativos, lo que reflejó un riesgo financiero bajo, mientras que las variedades comerciales mostraron alta correlación con el precio internacional y las de especialidad relación débil o negativa. Se concluyó que el desempeño financiero dependió principalmente del volumen producido y que la diversificación entre variedades podría operar como mecanismo natural de mitigación del riesgo de precio frente a la incertidumbre, hipótesis que requiere verificación mediante medidas de riesgo de portafolio.***

Palabras clave– ***café, flujo de caja, riesgo financiero, simulación Monte Carlo, volatilidad de precios.***

I. Introducción

El café es uno de los cultivos agrícolas más importantes para Guatemala: está presente en todos los departamentos del país y constituye una fuente de ingresos para aproximadamente 125 mil familias, en su mayoría pequeños productores que dependen directamente de él [1]. Este cultivo ha sido históricamente una fuente estable de ingresos; sin embargo, en los últimos años la estabilidad del sector se ha visto comprometida por la creciente volatilidad de los precios internacionales del café, que impacta de forma directa la economía de los caficultores, quienes suelen depender de una sola cosecha anual y carecen de herramientas financieras adecuadas para enfrentar la incertidumbre del mercado.

El precio internacional del café es uno de los principales determinantes de los ingresos de los productores. Su comportamiento está influenciado por factores climáticos, niveles de producción en países líderes como Brasil y Vietnam, variaciones en inventarios mundiales, movimientos especulativos en mercados de futuros y cambios en la demanda global. Datos históricos de los contratos futuros Coffee C de la Bolsa Intercontinental (ICE) muestran que entre 2021 y 2025 los precios fluctuaron entre 120.9 y 432.4 centavos de dólar por libra, registrando diferencias superiores al 250% entre los valores mínimos y máximos observados. Esta volatilidad genera incertidumbre, ya que afecta directamente la capacidad de proyectar ingresos, planificar inversiones y administrar el capital de trabajo necesario para sostener la operación de la finca.

La fluctuación constante de los precios suele limitar la capacidad de los productores para realizar inversiones de largo plazo orientadas a prácticas agrícolas sostenibles [2]. No obstante, aún no se conoce la magnitud ni la probabilidad de los déficits de flujo de caja que esta volatilidad genera, ni su impacto sobre la capacidad del productor para cumplir obligaciones financieras y operativas de corto plazo, como el pago de insumos, salarios o compromisos crediticios. La Comisión Económica para América Latina y el Caribe señala que la inestabilidad de precios genera mayores riesgos para los pequeños agricultores, al aumentar la incertidumbre respecto a los ingresos que esperan obtener [3]. Asimismo, cuando los precios no cubren los costos de producción, los agricultores tienden a adoptar una actitud conservadora y reducen sus inversiones, generando un ciclo de menor productividad y menores ingresos [4].

En la práctica, muchas decisiones financieras se basan en precios esperados o promedios históricos, sin incorporar explícitamente la incertidumbre asociada a los precios del café, los rendimientos por manzana y la variabilidad de los costos de producción. Esta simplificación impide evaluar de manera objetiva el comportamiento del flujo de caja bajo incertidumbre y dificulta la planificación financiera, el manejo del endeudamiento y la adopción de estrategias de mitigación del riesgo. La planeación financiera es una herramienta de gran ayuda para tomar decisiones de inversión, financiación y operación en cualquier tipo de organización [5]; además, la volatilidad del precio del café está fuertemente determinada por la producción —altamente vulnerable a cambios climáticos y enfermedades— y puede ser magnificada por la especulación en los mercados de futuros [6].

Ante esta problemática, el objetivo general del estudio fue desarrollar un modelo financiero probabilístico que permitiera evaluar el impacto de la volatilidad del precio internacional del café sobre el desempeño financiero, la generación de flujo de caja y el riesgo económico de la finca Santa Ana en Guatemala, mediante análisis de escenarios, sensibilidad y simulaciones Monte Carlo. Los objetivos específicos fueron: a) caracterizar y cuantificar la estructura de costos de producción, costos de beneficio y exportación e ingresos de la finca; b) construir y evaluar el flujo de caja bajo escenarios determinísticos de precios internacionales del café; y c) cuantificar el riesgo financiero y la incertidumbre del cultivo mediante simulaciones Monte Carlo en @RISK, incorporando la variabilidad histórica de precios, rendimientos y costos, y evaluando su efecto sobre el VAN, la TIR y otros indicadores financieros relevantes.

II. Metodología

El estudio se desarrolló sobre la finca cafetalera Santa Ana, ubicada en Santa Rosa, Guatemala, con una extensión total de 88 manzanas y una producción promedio de 1,164 quintales de café oro en los últimos cinco años. El análisis abarcó el período 2021–2025 y se delimitó al nivel financiero de la finca, excluyendo aspectos agronómicos detallados, comerciales o de política pública. La unidad de análisis se definió a nivel de variedad de café, expresada en quintales de café oro exportable, para las cinco variedades analizadas: Bourbon Catuaí, Catuaí Amarillo, Pacamara, Gesha y SL28. La metodología se organizó en tres etapas correspondientes a los objetivos específicos.

La selección de las cinco variedades no fue arbitraria: correspondió a las variedades de mayor participación en el área y la producción de la finca durante el período analizado, y sobre las cuales se disponía de registros continuos de rendimiento, costos y precio de venta diferenciado. En conjunto representaron 77.80 manzanas y 962.73 quintales de producción promedio anual, equivalentes al 88.4% del área total y al 82.7% de la producción promedio de la finca (88 manzanas y 1,164 quintales). Las 10.20 manzanas y los cerca de 201 quintales restantes corresponden a otras variedades presentes en la finca que se excluyeron del análisis por su baja participación individual y por no contar con registros de precio y costo desagregados; su omisión no altera la estructura de costos asignada a las cinco variedades estudiadas, ya que los costos compartidos se distribuyeron en proporción al área cultivada de cada variedad y no sobre el área total de la finca. Adicionalmente, el conjunto permitió contrastar dos lógicas de mercado dentro de una misma unidad productiva: Bourbon Catuaí y Catuaí Amarillo, variedades comerciales de alto volumen cuyo precio se forma con referencia directa al contrato Coffee C; Pacamara, de precio diferenciado pero todavía vinculado al comportamiento de la bolsa; y Gesha y SL28, variedades de especialidad comercializadas por atributos de taza en nichos independientes del mercado de futuros. Esta composición resultó indispensable para evaluar si la diversificación entre segmentos opera como mecanismo de mitigación del riesgo de precio.

A. Caracterización de la estructura de costos e ingresos

Se recopiló información técnica y productiva de la finca —área cultivada por variedad, rendimientos históricos (mínimo cinco años), ciclo productivo anual, costos de beneficio y exportación, y precios de venta—, analizándola de forma separada para cada variedad. Los costos se clasificaron en variables (insumos agrícolas, mano de obra temporal, cosecha y otros gastos ligados al nivel de producción) y fijos (mano de obra permanente, administración, mantenimiento del beneficio, servicios básicos y combustibles), incorporando además los costos de exportación. Los costos compartidos se asignaron en proporción al área cultivada por variedad. A partir de ello se calcularon el costo por quintal de café oro exportable, el margen bruto (ingresos − costos variables) y el margen operativo (ingresos − costos totales) para comparar el desempeño entre variedades. Los indicadores productivos y de costos resultantes se resumen en las Tablas I y II.

TABLA I
INDICADORES PRODUCTIVOS Y PRECIOS POR VARIEDAD DE CAFÉ

Variedad	Área (mz)	Rend. (qq/mz)	Producción prom. (qq)	Precio prom. ($/qq)
Bourbon Catuaí	58.16	12.91	750.77	349.07
Catuaí Amarillo	5.95	9.11	54.22	381.49
Pacamara	7.52	13.46	101.20	599.80
Gesha	4.85	7.69	37.31	1,480.67
SL28	1.32	14.57	19.23	794.72

TABLA II
COSTOS Y MÁRGENES POR VARIEDAD DE CAFÉ (USD/QQ)

Variedad	Costo fijo	Costo variable	Benef./Export.	Costo total/qq	Margen bruto	Margen operativo
Bourbon Catuaí	36.49	6.47	28.97	71.93	313.64	277.14
Catuaí Amarillo	51.69	1.06	28.97	81.72	351.47	299.77
Pacamara	35.01	4.97	28.97	68.95	565.85	530.85
Gesha	61.23	16.88	28.97	107.08	1,434.82	1,373.59
SL28	32.34	6.56	28.97	67.87	759.19	726.85

B. Estructuración del flujo de caja determinístico

Para evaluar la capacidad real de la finca de generar liquidez se estructuró un flujo de efectivo incremental con horizonte de cinco años, representando un ciclo productivo completo del café. El análisis se realizó desde la perspectiva del proyecto, considerando únicamente flujos de efectivo reales, sin costos hundidos ni depreciaciones. El flujo se estructuró como: ingresos por ventas − costos variables − costos fijos − costos de beneficio y exportación = utilidad antes de impuestos − impuesto sobre la renta (25%, régimen guatemalteco sobre utilidades de actividades lucrativas) − egresos no deducibles = flujo de caja neto del proyecto. Los ingresos se estimaron como la cantidad de café oro exportable multiplicada por el precio de venta. No se aplicó ajuste por inflación, ya que el análisis se basó en datos históricos en dólares estadounidenses.

Como complemento se calcularon indicadores financieros por unidad de superficie —margen de contribución (%), costo total por manzana y margen operativo por manzana— para estandarizar la comparación entre variedades (Tabla III). El capital de trabajo se estimó mediante el método de desfase, con un período de 180 días acorde al ciclo de cosecha, beneficiado, exportación y pago internacional: capital de trabajo = costos operativos × (días de desfase / 365). El costo de capital propio (Ke) se estimó con el modelo CAPM, $Ke = Rf + \beta (Rm - Rf)$ + prima de riesgo país, empleando el rendimiento del bono del Tesoro de EE. UU. a 10 años como tasa libre de riesgo, la beta desapalancada del sector agrícola como proxy, y las primas de mercado y de riesgo país de Guatemala obtenidas del dataset de Damodaran (Tabla IV).

TABLA III
INDICADORES DE RENTABILIDAD POR VARIEDAD DE CAFÉ (USD/MZ)

Variedad	Margen contrib.	Costo total/mz	Margen oper./mz
Bourbon Catuaí	90%	936.55	3,607.93
Catuaí Amarillo	92%	770.66	2,817.27
Pacamara	94%	925.66	7,282.69
Gesha	97%	821.32	10,114.17
SL28	96%	980.02	10,489.94

TABLA IV
PARÁMETROS DEL MODELO CAPM PARA EL COSTO DE CAPITAL PROPIO (KE), 2021–2025

Año	Rf (10Y UST)	Prima mercado	Beta	Riesgo país GT	Ke (%)
2021	1.45%	4.46%	0.81	3.24%	8.3%
2022	2.91%	4.46%	0.81	3.24%	9.8%
2023	3.96%	4.46%	0.81	3.24%	10.8%
2024	4.21%	4.46%	0.81	3.24%	11.1%
2025	4.29%	4.46%	0.81	3.24%	11.1%

Nota. basado en Damodaran (2026).

C. Cuantificación del riesgo mediante simulaciones Monte Carlo

Para cuantificar el riesgo financiero bajo incertidumbre se empleó el software @RISK sobre el modelo de flujo de caja previamente estructurado. Se identificaron las cuatro variables de mayor impacto y comportamiento incierto: precio del café, producción comercializable, costos variables y costos fijos. A cada variable se le asignó una distribución probabilística con base en su comportamiento histórico y los rangos observados en la finca. El precio del café y los costos variables se modelaron con distribuciones triangulares (valor mínimo, más probable y máximo), apropiadas cuando se dispone de información confiable pero limitada; los rangos de precio se contrastaron con la serie histórica de los contratos Coffee C de ICE para verificar su consistencia con la volatilidad del mercado. La producción comercializable y los costos fijos se modelaron con distribuciones PERT, que suavizan los extremos y dan mayor peso al valor más probable.

Las variables probabilísticas se integraron al flujo de caja y se ejecutaron 10,000 iteraciones, en las que los valores cambiaron aleatoriamente dentro de sus distribuciones generando un escenario financiero distinto en cada corrida. Las variables de salida fueron los ingresos por ventas, el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Índice de Deseabilidad (ID), junto con dos medidas de riesgo: la probabilidad de obtener un VAN menor que cero y la probabilidad de un flujo de caja inferior al valor esperado. Adicionalmente se realizó un análisis de sensibilidad probabilístico mediante gráficos de correlación de Spearman y diagramas de tornado, con el fin de identificar las variables que explican la mayor parte de la variabilidad del flujo de caja.

Los parámetros de cada distribución se derivaron de las series propias de la finca y de fuentes de mercado verificables, no de juicio experto: el valor más probable se fijó en el promedio observado 2021–2025 y los extremos en los valores mínimo y máximo registrados en ese mismo período, contrastando los rangos de precio con la serie del contrato Coffee C de ICE; los parámetros completos se presentan en la Tabla V. La elección de forma funcional respondió a la naturaleza de cada variable: se prefirió la triangular donde se conocen con certeza los límites históricos pero no la forma interna de la distribución, y la PERT para

variables con inercia técnica y administrativa, cuyos valores se concentran alrededor del modo y rara vez alcanzan los extremos. Se asumió independencia entre las variables de entrada, supuesto conservador que amplía la dispersión de los resultados frente a un escenario con correlaciones positivas entre precio y rendimiento.

TABLA V
PARÁMETROS DE LAS DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD UTILIZADAS EN LA SIMULACIÓN

Variedad y variable	Mínimo	Más prob.	Máximo
Bourbon Catuaí – Precio (T)	321.40	349.07	379.91
Bourbon Catuaí – Producción (P)	579.99	750.77	1,009.79
Bourbon Catuaí – C. fijos (P)	24,581.81	27,397.39	31,338.66
Bourbon Catuaí – C. variables (T)	4,568.57	4,691.45	4,804.52
Catuaí Amarillo – Precio (T)	346.87	381.49	440.60
Catuaí Amarillo – Producción (P)	28.60	54.22	104.11
Catuaí Amarillo – C. fijos (P)	2,514.82	2,802.86	3,206.07
Catuaí Amarillo – C. variables (T)	108.16	110.22	112.13
Pacamara – Precio (T)	529.57	599.80	667.48
Pacamara – Producción (P)	36.07	75.21	130.53
Pacamara – C. fijos (P)	3,178.39	3,542.44	4,052.04
Pacamara – C. variables (T)	390.40	400.91	410.57
Gesha – Precio (T)	1,330.12	1,480.67	1,954.74
Gesha – Producción (P)	20.60	37.42	84.95
Gesha – C. fijos (P)	2,049.89	2,284.69	2,613.35
Gesha – C. variables (T)	472.72	482.33	491.21
SL28 – Precio (T)	737.50	794.72	939.05
SL28 – Producción (P)	9.75	19.23	32.50
SL28 – C. fijos (P)	557.91	621.81	711.26
SL28 – C. variables (T)	103.69	106.48	109.04

Nota. parámetros de entrada de la simulación Monte Carlo (@RISK). T = distribución triangular; P = distribución PERT. Precio en USD por quintal de café oro exportable; producción en quintales anuales; costos en USD anuales. El valor más probable corresponde al promedio observado 2021–2025 y los extremos a los valores mínimo y máximo registrados en ese período. En Pacamara el valor más probable de producción (75.21 qq) corresponde a la parametrización empleada en la simulación y difiere del promedio histórico reportado en la Tabla I (101.20 qq).

III. Resultados

El análisis de los precios futuros del café tipo C en ICE durante 2021–2025 confirmó la elevada volatilidad del mercado: el precio promedio anual pasó de 168.90 ¢US/lb en 2021 a 363.30 ¢US/lb en 2025, con un mínimo de 120.90 y un máximo de 432.40 ¢US/lb, lo que representa una diferencia superior al 250% entre los valores extremos (Tabla VI). Esta variabilidad evidencia el riesgo que enfrentan los productores por los cambios en el precio internacional.

TABLA VI
COMPORTAMIENTO DEL PRECIO DEL CAFÉ TIPO C, 2021–2025

Año	Precio prom. (¢US/lb)	Mínimo	Máximo	Desv. est.
2021	168.90	120.90	250.20	37.6
2022	214.50	151.30	258.40	25.8
2023	172.40	143.90	209.60	16.1
2024	235.50	179.20	335.70	39.5
2025	363.30	278.30	432.40	35.4

Nota. basado en Coffee C Futures (2021–2025). Precios en ¢US/lb.

El análisis de correlación de Pearson reveló diferencias en el grado de exposición de las variedades al mercado internacional. Las variedades comerciales mostraron relaciones positivas altas con el precio Coffee C —Bourbon Catuaí (r = 0.92), Catuaí Amarillo (r = 0.95) y Pacamara (r = 0.71)—, mientras que las variedades de especialidad Gesha (r = −0.17) y SL28 (r = −0.45) presentaron correlaciones débiles o negativas, lo que sugiere que sus precios responden más a atributos de calidad y nichos de mercado que al comportamiento de la bolsa (Tabla VII). Este resultado indica que la volatilidad del mercado Coffee C no afecta de manera homogénea a todas las variedades y plantea la posibilidad de que las de especialidad funcionen como una estrategia natural de diversificación y mitigación del riesgo de precio. Estos coeficientes se estimaron sobre cinco observaciones anuales, por lo que se reportan con carácter descriptivo y exploratorio, sin pruebas de significancia ni intervalos de confianza asociados.

TABLA VII
CORRELACIÓN DE PEARSON ENTRE EL PRECIO DE CADA VARIEDAD Y EL PRECIO INTERNACIONAL

Variedad	r de Pearson	Interpretación
Bourbon Catuaí	0.92	Muy alta
Catuaí Amarillo	0.95	Muy alta
Pacamara	0.71	Alta
Gesha	-0.17	Débil
SL28	-0.45	Moderada negativa

Nota. r mide la relación con el precio del café tipo C (ICE Coffee C Futures).

A. Inversión inicial y sensibilidad del modelo

El capital de trabajo estimado para el Año 0 constituyó la única inversión inicial del flujo, ya que la finca no registró desembolsos en activos fijos dentro del horizonte evaluado: Bourbon Catuaí (USD 13,995.46), Pacamara (USD 1,711.32), Catuaí Amarillo (USD 1,255.14), Gesha (USD 1,210.61) y SL28 (USD 317.64). La diferencia entre variedades reflejó su escala productiva. Dado que la inversión inicial corresponde solo al capital de trabajo —sin incluir el valor de la tierra ni la plantación establecida—, la TIR obtenida resulta excepcionalmente alta y poco representativa de una inversión cafetalera completa; por ello el análisis se centra en el VAN y en los indicadores de riesgo de la simulación, empleando la TIR como referencia complementaria.

El análisis de sensibilidad de @RISK confirmó que la producción, medida en quintales, fue la variable de mayor influencia sobre el VAN, la TIR, el ID y los ingresos. El precio unitario fue el segundo determinante, especialmente en variedades de mayor valor como Gesha, mientras que los costos fijos y variables tuvieron un efecto negativo de menor peso. Las Tablas VIII y IX comparan los indicadores financieros y las variables productivas entre el escenario base (determinístico) y el valor esperado de la simulación.

TABLA VIII
INDICADORES FINANCIEROS (VAN, TIR E ID): ESCENARIO BASE VS. SIMULADO

Variedad	VAN base	VAN sim.	Var. VAN	TIR base	TIR sim.	ID base	ID sim.
Bourbon Catuaí	581,637	869,468	49.5%	842%	1244%	41.56	62.13
Catuaí Amarillo	45,170	60,142	33.1%	938%	1252%	35.99	47.92
Pacamara	165,496	94,365	-43.0%	3777%	2141%	96.71	55.14
Gesha	146,186	156,425	7.0%	2362%	2527%	120.75	129.21
SL28	43,135	17,465	-59.5%	5161%	2090%	135.80	54.98

Nota. basado en la simulación Monte Carlo (@RISK). VAN en USD; TIR e ID en términos relativos.

TABLA IX
PRODUCCIÓN, PRECIO E INGRESO ACUMULADO: ESCENARIO BASE VS. SIMULADO

Variedad	qq base	qq sim.	Var. qq	Precio base	Precio sim.	Ingreso base	Ingreso sim.
Bourbon Catuaí	750.77	957.95	27.6%	349.07	375.22	1,321,537	1,812,501
Catuaí Amarillo	54.22	67.43	24.4%	381.49	388.53	106,741	135,192
Pacamara	101.20	59.65	-41.1%	599.80	615.66	308,634	186,734
Gesha	37.31	32.54	-12.8%	1,480.67	1,807.74	265,186	282,356
SL28	19.23	8.47	-56.0%	794.72	836.00	75,702	34,819

Nota. basado en la simulación Monte Carlo (@RISK). Producción en qq, precio e ingreso en USD.

B. Análisis por variedad

Las diferencias descritas a continuación corresponden a la distancia entre el escenario base determinístico y el valor esperado de la simulación; no representan mejoras ni deterioros operativos de la finca, dado que la simulación no altera su desempeño productivo. Bourbon Catuaí presentó el mejor desempeño relativo: el valor esperado de producción resultó 27.6% superior al del escenario base y el de precio 7.5%, con un ingreso acumulado esperado 37.2% mayor y un VAN que pasó de USD 581,637 en el escenario determinístico a USD 869,468 como valor esperado. Catuaí Amarillo mostró una diferencia proporcional (VAN de USD 45,170 a USD 60,142) asociada a un valor esperado de producción 24.4% superior al base, aunque su menor escala la hace dependiente de sostener la productividad. Gesha presentó un efecto mixto: aun con un valor esperado de volumen 12.8% inferior al base, un precio esperado 22.1% superior situó el VAN esperado en USD 156,425, conservando rentabilidad gracias a su diferencial de precio. En contraste, en Pacamara y SL28 los valores esperados de producción resultaron 41.1% y 56.0% inferiores al escenario base, diferencia que el precio no compensó; su VAN esperado se situó en USD 94,365 y USD 17,465. En todos los casos, el análisis de sensibilidad confirmó al volumen producido como el principal impulsor de la variación de los resultados.

C. Síntesis de resultados

Los resultados de la simulación mostraron que el desempeño financiero no dependió únicamente del precio internacional, sino de la interacción entre precio, rendimiento y estructura de costos. Bourbon Catuaí, Catuaí Amarillo y Gesha presentaron la mejor respuesta bajo incertidumbre, mientras que Pacamara y SL28 requieren control técnico y productivo antes de ampliar la inversión. Ninguna de las cinco variedades presentó probabilidad de flujo de caja negativo, lo que refleja un riesgo financiero bajo dados los supuestos evaluados (Tabla X).

TABLA X
RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DEL FLUJO DE CAJA POR VARIEDAD (USD)

Variedad	Mínimo	Promedio	Máximo	Desv. est.	Prob. flujo neg.
Bourbon Catuaí	95,548	147,264	215,431	20,738	0%
Catuaí Amarillo	3,702	12,386	25,698	3,911	0%
Pacamara	10,536	28,717	53,975	7,800	0%
Gesha	18,744	46,516	103,501	14,252	0%

SL28	4,415	9,716	16,066	2,279	0%

Nota. basado en la simulación Monte Carlo (@RISK). Valores en USD.

IV. Discusión

El hallazgo más importante del estudio fue que el resultado financiero de la finca no dependió únicamente del precio internacional del café, como se suponía al inicio, sino de la combinación entre precio, rendimiento y costos. La simulación Monte Carlo mostró que la cantidad producida, medida en quintales, fue la variable de mayor influencia sobre el VAN, la TIR, el ID y los ingresos, quedando el precio de venta como segundo factor y los costos con un peso menor. Para la finca Santa Ana, el mayor riesgo no fue solo que el precio bajara, sino que la producción cayera sin que el precio compensara la pérdida. Cabe señalar que la simulación no mejora ni empeora el resultado por sí misma, sino que genera una distribución de resultados posibles; las diferencias entre valores base y simulados representan la distancia entre un escenario determinístico y el valor esperado bajo incertidumbre.

Un aspecto que exige interpretación cuidadosa es la magnitud de la TIR obtenida. Al haberse construido el flujo desde la perspectiva de una finca ya establecida y en plena producción, la única inversión inicial incorporada fue el capital de trabajo del Año 0; el modelo no incluyó el valor de la tierra, la plantación establecida, la infraestructura de beneficiado, las instalaciones ni el resto de activos productivos, precisamente porque no representaron desembolsos de efectivo dentro del horizonte evaluado. En consecuencia, la TIR reportada debe leerse como el retorno sobre el capital efectivamente comprometido en el modelo —esencialmente el financiamiento del ciclo operativo— y no como el rendimiento sobre el capital total requerido para establecer y operar una finca cafetalera desde cero. Un análisis de inversión completo, que capitalizara tierra, plantación e infraestructura, arrojaría tasas sustancialmente menores y no comparables con las aquí presentadas. Por esta razón la interpretación de resultados se ancló en el VAN y en las medidas probabilísticas de riesgo, indicadores menos sensibles a la definición de la base de inversión, y la TIR se conservó únicamente como referencia relativa para comparar variedades entre sí bajo un mismo criterio de cálculo.

Este resultado fue coherente con la literatura reciente. La volatilidad del precio internacional ha sido muy alta: en 2024 los precios mundiales alcanzaron su nivel más alto en más de una década, con un incremento de 38.8% respecto al promedio de 2023, impulsado por condiciones climáticas adversas en los principales países productores [7], y siguieron reaccionando con fuerza a problemas de clima en Brasil y Vietnam [8]. En este contexto, el uso de herramientas como la simulación Monte Carlo permite evaluar el flujo de caja bajo incertidumbre y estimar la probabilidad de resultados favorables o adversos, en lugar de trabajar con un único valor promedio [9].

El comportamiento por variedad confirmó esta idea. Las variedades comerciales (Bourbon Catuaí, Catuaí Amarillo y Pacamara) siguieron de cerca el precio internacional y están más expuestas a los ciclos del mercado de bolsa, mientras que las de especialidad (Gesha y SL28) dependieron más de su calidad y de nichos de mercado, lo que les otorgó cierta protección frente a la volatilidad. Estas implicaciones son prácticas: para las variedades comerciales conviene aplicar estrategias de manejo del riesgo de precio —ventas escalonadas, contratos a futuro o comercialización a través de cooperativas—, mientras que para las de especialidad la prioridad es mantener la calidad y la diferenciación que justifican su mejor precio. De manera general, dado que el volumen fue el factor determinante, la finca debería cuidar las labores que sostienen el rendimiento, como la fertilización, el control fitosanitario y el manejo del cultivo.

Es importante reconocer algunas limitaciones. El análisis se realizó sobre una sola finca, por lo que sus resultados no deben generalizarse de forma directa, aunque ofrecen un marco adaptable. El modelo se basó en datos históricos y en supuestos sobre las distribuciones de probabilidad, de modo que cambios bruscos en el clima, los costos o el mercado podrían modificar los resultados. Asimismo, se utilizó el precio del contrato Coffee C como referencia, que representa mejor a las variedades comerciales que a las de especialidad. A estas limitaciones de alcance se suman consideraciones sobre la transferibilidad de los resultados y restricciones de orden estadístico, que se precisan a continuación.

Sobre la transferibilidad de los resultados conviene distinguir entre los valores obtenidos y el marco que los produce. Las cifras de VAN, TIR y probabilidad de flujo negativo son específicas de la finca Santa Ana y dependen de su escala, de su mezcla de variedades, de su acceso directo a la exportación y de una estructura de costos con predominio de costos fijos por quintal; trasladarlas a otras unidades productivas no sería válido. Lo que sí resulta transferible es la arquitectura del modelo: la desagregación por variedad, la construcción del flujo incremental, la parametrización de las distribuciones a partir de series propias y el uso de la probabilidad de flujo negativo como indicador de riesgo. Cabe esperar que unidades de menor escala, con mayor peso de los costos fijos por quintal, sin acceso directo a la exportación o con una sola variedad comercial, presenten márgenes más estrechos y probabilidades de déficit superiores a las aquí estimadas, precisamente porque carecen del efecto amortiguador de la diversificación observado en este caso.

Deben precisarse además cuatro restricciones de orden estadístico y de diseño que acotan el alcance de las inferencias. Primero, las variables de entrada se modelaron como independientes; en la práctica precio, rendimiento y costos guardan dependencias —un rendimiento regional bajo tiende a coincidir con precios altos, y los costos de cosecha escalan con el volumen recolectado—, de modo que la simulación puede haber generado combinaciones económicamente poco plausibles y una dispersión mayor a la real; la incorporación de una matriz de correlación entre variables de entrada queda como extensión inmediata del modelo. Segundo, los

coeficientes de correlación de Pearson se estimaron sobre cinco observaciones anuales, tamaño insuficiente para pruebas de significancia o intervalos de confianza fiables, por lo que deben leerse como evidencia descriptiva y exploratoria del grado de vinculación de cada variedad con el mercado de bolsa, no como estimaciones inferenciales. Tercero, el beneficio de la diversificación se plantea como hipótesis coherente con los patrones observados y no como resultado demostrado: su verificación exige comparar la distribución de resultados del portafolio completo frente a estrategias menos diversificadas mediante medidas de riesgo como volatilidad, VaR o CVaR, ejercicio no realizado en este estudio. Cuarto, el flujo se modeló con periodicidad anual; un flujo anual positivo no descarta déficits estacionales de liquidez, dado que en el café los egresos de mantenimiento y cosecha se concentran en meses previos al ingreso por liquidación de exportación, por lo que un análisis mensual de tesorería resulta necesario para dimensionar las necesidades reales de capital de trabajo intraanual. En conjunto, estas restricciones no invalidan los hallazgos, pero delimitan su alcance y definen la agenda de trabajo futuro: modelar las correlaciones entre variables de entrada, incorporar un análisis mensual de liquidez, cuantificar el beneficio de la diversificación mediante medidas de riesgo de portafolio y extender la aplicación del modelo a un conjunto más amplio de unidades productivas.

V. Conclusiones

La finca Santa Ana demostró una elevada capacidad de resiliencia financiera frente a la volatilidad histórica del mercado internacional del café, manteniendo resultados favorables y ausencia de déficits de flujo de caja anual en todas las variedades evaluadas; este resultado se refiere al flujo agregado anual y no descarta la existencia de déficits estacionales de liquidez dentro del ciclo. La volatilidad del precio influye sobre los resultados, pero el principal determinante del desempeño económico fue la estabilidad productiva: las estrategias orientadas a estabilizar la producción generan un mayor efecto sobre la reducción del riesgo financiero que aquellas enfocadas exclusivamente en gestionar la volatilidad de precios.

El modelo financiero probabilístico desarrollado resultó una herramienta efectiva para evaluar el comportamiento económico de la finca bajo incertidumbre, al integrar simultáneamente la variabilidad de precios, rendimientos y costos en la estimación del flujo de efectivo y los indicadores financieros. La diversificación entre variedades comerciales y de especialidad se plantea como un mecanismo natural de mitigación del riesgo de precio, coherente con los patrones de correlación observados aunque pendiente de demostración cuantitativa mediante medidas de riesgo de portafolio. Se recomienda que la finca sostenga su producción, mantenga la estrategia de diversificación y adopte el modelo como herramienta permanente de planificación, actualizando periódicamente las variables de precio, rendimiento y costos para anticipar escenarios de riesgo y fortalecer su capacidad de respuesta ante cambios del mercado internacional.

El marco metodológico es replicable por cooperativas, asociaciones de productores y pequeños caficultores con ajustes de escala y de fuente de datos. En el caso de cooperativas y asociaciones, la unidad de análisis puede sustituirse por finca afiliada o por estrato de productores, alimentando el modelo con los registros de acopio, liquidación y crédito que la organización ya administra; ello permite estimar la probabilidad de déficit de flujo del conjunto de socios, dimensionar fondos de liquidez o de estabilización de precios, y sustentar ante entidades financieras la capacidad de pago del portafolio agregado en lugar de la de cada productor por separado. Para pequeños productores, cuya principal restricción es la ausencia de registros históricos extensos, el modelo admite una versión simplificada: tres variables de entrada —precio, rendimiento y costo total por quintal— parametrizadas con distribuciones triangulares construidas a partir del valor mínimo, más probable y máximo que el propio productor reconoce de su experiencia reciente, con el precio anclado a la serie pública del contrato Coffee C. Con ese nivel mínimo de información es posible estimar la probabilidad de no cubrir los costos del ciclo y el monto de capital de trabajo necesario, y así anticipar el momento del año en que la liquidez se vuelve crítica. Se recomienda que la difusión de esta herramienta se canalice mediante los servicios de extensión y asistencia técnica de cooperativas y gremiales, donde la capacidad analítica ya está instalada y puede trasladarse a los productores en forma de recomendaciones concretas de planificación.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la unidad productiva participante por facilitar la información productiva y financiera que hizo posible este estudio, así como a la institución académica de adscripción por el acompañamiento durante su desarrollo.

Referencias

[1] Asociación Nacional del Café (ANACAFÉ). "Café de Guatemala: resultados de la cosecha 2023-2024." Accessed: Jun. 22, 2026. [Online]. Available: https://www.anacafe.org/cierre-cosecha-2023-2024/

[2] Rainforest Alliance. "Rainforest Alliance Statement on Current Low Coffee Prices." Accessed: Jun. 22, 2026. [Online]. Available: https://knowledge.rainforest-alliance.org/docs/es/rainforest-alliance-statement-on-current-low-coffee-prices

[3] Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). "CEPAL, FAO e IICA analizan volatilidad de los precios de los alimentos en América Latina y el Caribe." Accessed: Jun. 22, 2026. [Online]. Available: https://www.cepal.org/es/comunicados/cepal-fao-iica-analizan-volatilidad-precios-alimentos-america-latina-caribe

[4] Paul Hicks, "La volatilidad extrema de los precios quebranta el sector cafetalero," *ASA*, 2018, 2018. Accessed: Jun. 22, 2026. [Online]. Available: https://asa.crs.org/2018/11/la-volatilidad-extrema-de-los-precios-quebranta-el-sector-del-cafe/

[5] L. D. Delgado-Vélez, "Desarrollo de un modelo de planeación financiera para una compañía de alimentos utilizando simulación Monte Carlo," *entramado*, vol. 17, no. 02, pp. 24–40, 2021, doi: 10.18041/1900-3803/entramado.2.7563.

[6] E. Figueroa-Hernández, F. Pérez-Soto, L. Godínez-Montoya, and R. A. Perez-Figueroa, "Los precios de café en la producción y las exportaciones

a nivel mundial," *REMEF*, vol. 14, no. 1, pp. 41–56, 2019, doi: 10.21919/remef.v14i1.358.
[7] Naciones Unidas. "El cambio climático dispara el precio del café un 40%." Accessed: Jun. 22, 2026. [Online]. Available: https://news.un.org/es/story/2025/03/1537236
[8] CaixaBank, "El café alcanza precios históricos: estas son las razones," *Esfera - CaixaBank*, 2025, 2025. Accessed: Jun. 22, 2026. [Online]. Available: https://www.caixabank.com/es/esfera/content/factores-subida-precio-cafe
[9] M. Pavlik and G. Michalski, "Monte Carlo Simulations for Resolving Verifiability Paradoxes in Forecast Risk Management and Corporate Treasury Applications," *IJFS*, vol. 13, no. 2, p. 49, 2025, doi: 10.3390/ijfs13020049.