

NOTA TÉCNICA

COMPARACIÓN FINANCIERA DE CUATRO SISTEMAS PRODUCTIVOS DE AGUACATE HASS

Gabriel Camacho¹, Luis Alfonso Sánchez Chacón², Víctor Rodríguez Lizano³

RESUMEN

Comparación financiera de cuatro sistemas productivos de aguacate Hass. La actividad aguacatera en la zona de Los Santos es la segunda actividad agrícola a nivel productivo y económico de la región después del café. Se ha convertido en una alternativa de cultivo que ha diversificado la fuente de ingresos de muchos productores, al disminuir el riesgo de depender solamente de la actividad cafetalera. Sin embargo, el cultivo presenta importantes desafíos para asegurar su sostenibilidad financiera, entre ellos, la baja productividad, la dificultad para mecanizar y una fuerte presencia de mercados regionales competitivos. Debido a esto, se planteó el presente estudio, cuyo objetivo fue determinar cuál tipo de manejo productivo genera mejores rendimientos financieros. Se utilizó el cálculo de la Relación Ingreso/Costo (RIC) y Tasa de Retorno Marginal (TRM) para estimar la rentabilidad de los sistemas. Asimismo, se realizó un análisis de riesgo a través de una simulación de Montecarlo donde se sensibilizó la RIC en 1000 escenarios, donde se determinó que los cuatro sistemas son rentables en un amplio espectro de probabilidades. El estudio mostró que el “Monocultivo Convencional Intensivo” presentó el mejor indicador de RIC (4,20) y TRM (578,58 %), aunque sistemas como el “Monocultivo enfocado en Múltiples Tecnologías” es una opción viable al considerar el manejo ambiental sostenible al usar insumos orgánicos y bioinsumos a un retorno financiero importante (RIC de 3,28). Cabe mencionar que estos resultados solo toman en cuenta aspectos financieros, sin embargo futuras investigaciones podrían evaluar dimensiones sociales y ambientales para obtener el mejor sistema desde un punto de vista integral.

Palabras clave: Economía agrícola, Presupuestos parciales, Análisis costo beneficio, Estudio comparativo, Finanzas.

ABSTRACT

Financial analysis of four systems of production of Hass avocado. Avocado production in the Los Santos area is the second most productive and economic agricultural activity in the region after coffee. It has become an alternative that has diversified the source of income for many producers by reducing the risk of depending solely on coffee production. However, the crop presents important challenges to ensure its financial sustainability, including low productivity, the difficulty of mechanization, and the strong presence of highly competitive regional markets. The objective of this study was to determine which type of productive

1 Universidad de Costa Rica, UCR. Costa Rica. Correo: gavier.camacho@gmail.com

2 Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria, INTA. Costa Rica. Correo: lsanchez@inta.go.cr

3 Universidad de Costa Rica, UCR. Costa Rica. Correo: victorantonio.rodriguez@ucr.ac.cr

management generates the best financial returns. The calculation of the Income/Cost ratio and the calculation of the Marginal Rate of Return were used to estimate the profitability of the systems. Likewise, a risk analysis was carried out through a Monte Carlo simulation where the Income/Cost Ratio was sensitized in 1000 scenarios, where it was determined that the four systems are profitable in a wide range of probabilities. The study showed that the "Traditional Conventional" system presented the best Income/Cost Ratio (ICR) indicator (4,20) and Marginal Rate of Return (578,58 %), although systems such as monoculture focused on multiple technologies is a viable option when considering sustainable environmental management by using organic inputs and bio-inputs at a significant financial return (ICR of 3,28). It is worth mentioning that these results only take into account financial aspects; however, in future research, social and environmental dimensions could be evaluated to obtain the best system from an integral point of view.

Keywords: Agricultural economics, Parcials budgets, Cost benefit analysis, Comparative study, Financials.

INTRODUCCIÓN

Actualmente el aguacate es una de las frutas tropicales más importantes del mundo, para el año 2020 se tuvo una producción entre los 5,7 y 6,5 millones de toneladas como respuesta a la creciente demanda mundial (Arias *et al.* 2018). Cerca del 80 % de la fruta producida corresponde a la variedad Hass (Callejas *et al.* 2015), la cual ha tenido un crecimiento importante en Costa Rica en los últimos años.

Durante los años de 1990 se decidió potenciar la actividad en las zonas altas del país, especialmente en la zona de Los Santos, donde el material podía adecuarse y desarrollarse comercialmente gracias a su resistencia a las bajas temperaturas, convirtiéndose en una alternativa de diversificación agrícola junto al cultivo del café (FAO 2012). Actualmente en nuestro país existen unas dos mil hectáreas sembradas, donde la región de Los Santos cuenta con unas 900 hectáreas destacándose como la más importante la variedad Hass (IICA y MAG 2019), lo que la ha convertido en uno de los principales focos de producción al posicionarla como la segunda actividad en importancia a nivel productivo y económico, después del café (Cerdas *et al.* 2006).

A nivel nacional, para el año 2019 la producción fue de 16 mil toneladas con rendimientos de 5,3 toneladas/hectárea (FAO 2021). Desde el 2012 se dio un aumento del área sembrada de aproximadamente un 56 %, explicado principalmente por el comportamiento del cultivo en la Zona de los Santos. Aun así, no puede suplir el mercado

local de aguacate (especialmente de Hass) ya que solo se logra cubrir el 40 % de la demanda nacional del producto (IICA y MAG 2019). Dado lo anterior, el país se abastece principalmente de los mercados internacionales (FAO 2021).

Aunque los datos indican una tendencia positiva en la producción mundial y nacional, resulta necesario que este crecimiento sea ordenado a través de un uso eficiente de los recursos utilizados. Esto promovería la existencia de sistemas productivos más eficientes y de una mejor rentabilidad para el productor, asimismo, esto favorecería una oferta de producto de calidad. En este caso el Plan Nacional de Fortalecimiento del Sector Aguacatero impulsado por la Comisión Nacional de Aguacate, con el MAG e IICA, es un esfuerzo de varios sectores para el fortalecimiento de la actividad al ejecutar varios ejes estratégicos: fortalecimiento organizacional, investigación, innovación, transferencia, asistencia técnica, inversión, financiamiento, comercialización, agregación de valor y buenas prácticas en el manejo de la agrocadena de Aguacate (IICA y MAG 2019).

Debido a la importancia del aguacate para el sector agropecuario nacional se planteó este estudio, cuyo objetivo fue determinar cuál tipo de manejo productivo genera mejores rendimientos financieros mediante indicadores como la Relación Ingreso/Costo (RIC) y Tasa de Retorno Marginal (TRM), además de un análisis de riesgo y sensibilidad.

Los resultados de esta investigación pueden servir de insumo para generar propuestas de sistemas más sostenibles a nivel financiero al brindar información sobre la rentabilidad de la actividad. Adicionalmente, proporciona

datos que permiten a productores y tomadores de decisiones incrementar la eficiencia económica de las unidades productivas para mantener su presencia en el mercado nacional e internacional.

METODOLOGÍA

El estudio se desarrolló en dos fincas ubicadas en la zona de Los Santos, en las cuales se identificó las tipologías de sistemas necesarias con el fin de aplicar las metodologías consideradas. En este primer lugar una de las fincas está ubicada en Copey de Dota a una altitud de 2208 m s.n.m.. Esta tuvo dos sistemas, un Monocultivo con Múltiples Tecnologías (en adelante MMT) con un manejo convencional, orgánico y de aplicación de bioinsumos y un Monocultivo con Tecnología Convencional de Baja Aplicación de Insumos (en adelante MTCBA). En estos sistemas la distancia de siembra fue de 6x6 metros, y la edad de los árboles se ubicó entre los ocho y quince años.

La otra finca se ubicó en San Pablo de León Cortés a unos 1826 m s.n.m. y se contó con un Monocultivo con Tecnología Convencional Intensivo (en adelante MTCl) donde el manejo fue tradicional con mayor aplicación de agroquímicos. Además de un sistema Mixto con tecnología convencional (en adelante MITC), siendo un asocio de aguacate y café. La distancia de siembra en estos fue de 4,25x4,25 metros donde la edad de los árboles estuvo entre siete y diez años. Una observación importante de realizar es que esta finca se identificó como una de tipo modelo o experimental donde el manejo agrónomo fue más técnico, por lo que en los resultados el paquete tecnológico fue más caro en relación al común de fincas de la zona (esto en el caso particular del MTCl) influenciado además por la distancia de siembra que permitió contar con más árboles por área.

En los cuatro sistemas se utilizaron árboles con estabilidad de cosecha, con más de siete años de establecidos. La variedad de aguacate fue la Hass, mientras que en el sistema mixto las variedades de café fueron el Caturra y Catuai (especie *Arábica*).

La duración del estudio fue de año y medio (marzo de 2019 a julio de 2020), ya que las cosechas y actividades de campo de los cultivos involucrados no coincidieron en un mismo momento de tiempo. Por lo anterior para el aguacate se recolectó información de marzo (2019) a abril (2020) y para el café de junio (2019) a julio (2020), esto con el fin de contar con un año de información por cultivo para poder estimar los indicadores utilizados que requerían recolectar información durante los lapsos de tiempo establecidos.

Estimación de la Relación Ingreso-Costo (RIC)

En el caso de la RIC se utilizó un lote de una hectárea por sistema. Se aclara que se aproximaron los resultados a esta unidad de medida ya que se contaron con sistemas de diferentes áreas al dificultarse contar con fincas uniformes, esto para realizar las comparaciones necesarias. Para estimar la RIC se utilizó la fórmula 1.

$$RIC = \frac{IN}{CTP} \quad (1)$$

Donde:

RIC: Relación ingreso/costo

IN: Ingresos totales

CTP: Costos totales de producción

Interpretación: $RIC > 1$, se cubren los costos y se presentan retornos financieros.

Para el caso del aguacate primero se cosecho la fruta y luego se calculó los kilos por árbol al dividir lo cosechado por el número de árboles presentes. Seguido se aproximó este resultado a una hectárea al multiplicar lo obtenido por el total de árboles contenido en esa unidad de superficie, este dato corresponde al rendimiento de aguacate antes de obtener la merma en aguacate por daños físicos y de apariencia. Al restar este rendimiento y la merma se obtiene el rendimiento de calidad comercial.

Después, de este rendimiento se calcula un 70 % de aguacate de primera y un 30 % de segunda y tercera calidad para el MMT, MTCl y MITC. Para el MTCBA el de primera es 60 % y el de segunda y tercera es de 40 %, esto porque se evidenció a nivel de campo una afectación de la calidad con respecto a estas categorías. Con estos rendimientos se calculan los ingresos totales al multiplicar estos rendimientos por los precios pagados al productor. Los precios utilizados fueron en aguacate de ¢1 375,00 (primera) y ¢600,00 (segunda y tercera). Por otra parte, para el caso de las fanegas de café el proceso fue similar, es decir aproximando el resultado a una hectárea, utilizando en este caso un precio por fanega de ¢100 000,00.

Para estimar los costos totales de producción se utilizó el costeo por actividades (Morillo y Varela 2009) al considerar los materiales e insumos directos (CMID) y la mano obra directa (CMOD). Además se toman en cuenta costos indirectos de producción (CIP) como los materiales e insumos indirectos (CMII) y la mano de obra indirecta (CMOI).

Análisis de riesgo de la RIC

En este caso se implementó una simulación de Monte Carlo, en el cual se generaron mil iteraciones y escenarios aleatorios de ingresos y costos totales para obtener múltiples indicadores con el fin de simular lo esperado en un sistema real. Para ello se utilizaron variables como el rendimiento, porcentajes de merma y ajustes por calidad, precios y costos por kilo o fanega, al establecer cambios en las mismas basados en información de campo, productores involucrados y referencias bibliográficas relacionada con la temática del estudio. Este último punto se basó en la información

mencionada por Cerdas (2006), Villalobos (2009), OFINASE (2011), Macas (2013), Betanco (2015), Acuña y Mora (2015), Cruz et al. (2016), Barquero (2017), Caro-Sánchez (2018), González et al. (2019), Gonzales (2019) e ICAFE (2019).

Para implementar lo anterior se desarrolló un Macro programado en el lenguaje Visual Basic de Excel (Windows), con el fin de facilitar el análisis al generarse la simulación automáticamente. Así, el proceso permitió plantear una gráfica de probabilidad (histograma) para el indicador. Además, con el fin de reforzar los resultados obtenidos, se utilizaron indicadores de tendencia central y dispersión para apreciar la variabilidad de los datos y poder establecer el nivel de riesgo financiero de los sistemas estudiados.

Análisis de presupuestos parciales para calcular la Tasa de Retorno Marginal (TRM)

Para la obtención de la tasa de retorno marginal (TRM) se utilizó un lote de 300 m² por sistema productivo. En este caso se aplicó esta metodología al seguir lo descrito por el CIMMYT (1988) y Reyes (2001) los cuales estipulan los siguientes pasos:

1. Determinar los Costos que Varían entre alternativas relacionados con insumos, mano de obra, maquinaria y equipos.
2. Calcular el Precio de Campo del Insumo o puesto en finca, este es el precio de mercado más los costos de transporte y almacenamiento.
3. El Precio de Campo del Cultivo al que se vende la producción antes de cosecharla, que se obtiene al restar del precio pagado al productor por kilogramo o fanega, el costo unitario por cosecha, almacenamiento y transporte al centro de acopio o beneficio.
4. Obtener el Rendimiento Ajustado, donde el rendimiento experimental más alto por un manejo técnico se ajusta a uno más semejante al real. En aguacate el ajuste fue del 13,43 % que es un promedio general derivado del estudio de Mora y Acuña (2015), quienes tomaron cuatro productores en la zona de Los Santos para medir el porcentaje de daño en frutos de aguacate por mordeduras de

animales, picudo, golpe por cosecha, fruta sin pedúnculo, deformación por trips, sobremaduración, roña y anillamiento. El porcentaje de rendimiento ajustado por categoría de calidad es el utilizado en la RIC. Además con base en Bustamante *et al.* (1999); Aristizábal *et al.* (2006); OFINASE (2011); Camilo (2014); Betanco (2015); Cruz *et al.* (2016) y Mesa *et al.* (2017) se utilizó un parámetro de un 5 % como punto intermedio de daño para la merma por grano vano y daño por broca en café.

5. Calcular el Beneficio Bruto y Neto, donde primero se multiplica el precio de campo por el rendimiento ajustado para luego sustraerle los costos totales que varían.
6. Realizar el Análisis Marginal, que considera los cambios incrementales entre tratamientos, determina si mejoran los resultados de quien toma las decisiones.
7. Llevar a cabo el Análisis de Dominancia, este considera un tratamiento dominado cuando no conduce a incrementar los beneficios netos ya que existe otro tratamiento con menores o iguales costos pero con mayores beneficios.
8. Calcular La Tasa de Retorno Marginal (TRM), aquí se dividen los incrementos de costos y beneficios netos al cambiar entre tratamientos no dominados. Indica el retorno en términos de ganancias por unidad monetaria de incremento en costos.

La fórmula 2 expresa el cálculo para obtener la TRM.

$$TRM = \frac{\Delta BN}{\Delta CV} * 100 \quad (2)$$

9. Determinar la Tasa de Retorno Mínima Aceptable (TAMIR o TREMA), que es el costo del capital de trabajo para financiar la práctica evaluada. Para su cálculo se consideraron las variables del cuadro 1, donde la sumatoria de las variables utilizadas se multiplicaron por dos para obtener un rango de maniobra y generar mejores conclusiones de los resultados obtenidos. Este valor refleja expectativas sobre variables económicas y valora instrumentos de financiamiento a los que acceden los productores, además de reflejar el comportamiento del mercado en que se desempeñan.
10. Determinar el Tratamiento más Rentable, al comparar la TRM y TREMA, donde el que resulta con una TRM mayor o igual que la TREMA es seleccionado.

Cuadro 1. Cálculo de la TREMA

Variable	Porcentaje
Rendimiento bonos soberanos (10 años)	9,35 %
Tasa Básica Pasiva	3,90 %
Coefficiente de variación de los precios de aguacate (primera calidad)	14,10 %
Sumatoria	27,35 %
TREMA	54,70 %

Fuente: Elaboración con base en CENADA (2020), BCCR (2021a) BCCR (2021b).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estimación de la RIC

Los resultados obtenidos por sistema productivo para el indicador de la RIC se presentan el cuadro 2, el mismo es un indicador útil que mide el desempeño de la unidad productiva y refleja la conversión de los costos en retornos financieros para los productores.

Cuadro 2. Estimación de la RIC por sistema productivo, por hectárea y en colones.

Variable	Sistema Productivo			
	Monocultivo con Tecnología Convencional de Baja Aplicación (MTCBA)	Monocultivo con Múltiples Tecnologías (MMT)	Mixto con tecnología convencional (MITC)	Monocultivo con Tecnología Convencional Intensivo (MTCI)
Rendimiento aguacate (kg)	7 116,17	11 829,42	17 944,98	28 806,82
Merma (kg)	955,79	1 588,84	2 410,75	3 869,12
Rendimiento Comercial (kg)	6 160,38	10 240,59	15 534,75	24 937,70
Ingresos totales	¢ 6 560 800,13	¢ 11 699.868,76	¢ 24 973 368,89	¢ 28 491 325,01
Costos Totales de Producción	¢ 2 826 231,73	¢ 3 547 246,44	¢ 10 086 381,51	¢ 6 785 161,76
Relación Ingreso/Costo	2,32	3,28	2,48	4,20

La RIC indica que los cuatro sistemas presentan rentabilidad, al cubrir sus costos de producción y se deduce que existe un incremento de los retornos financieros al presentarse un valor mayor a 1. El MTCI presentó los mejores resultados al contar con mejores rendimientos e ingresos. El nivel de producción de este sistema aunque es bastante alto es probable dada a las condiciones de densidad identificadas y a un manejo agronómico más técnico e intensivo a nivel de insumos, ya que la finca donde se desarrolló el estudio es una de tipo experimental.

Sin embargo, sus resultados deben de manejarse con cuidado ya que se alejan por mucho de la media de fincas aguacateras de la zona que cuenta con rendimientos aproximados de unas 6 a 10 toneladas/hectárea, esto para sistemas similares. No obstante esto se modera y explica de cierta forma dado el paquete tecnológico utilizado en el MTCI, el cual es más caro en comparación al utilizado en la demás fincas. Por ejemplo en el caso del MTCI este es aproximadamente el doble del coste por hectárea de aguacate para una finca similar al común de monocultivos convencionales de la zona el cual correspondió a unos ¢3 834 427,55⁴ esto al momento de realizar el estudio; considerando edades similares para plantaciones de unos 10 años.

El MMT mostró el segundo mejor resultado, por lo que se constituye en una buena opción como incentivo por el uso de múltiples tecnologías. Este sistema evidencia buenos rendimientos además de costos menores por el uso de insumos fabricados en la propia finca.

El MITC presentó un menor resultado dado a que fue el sistema con los costos más altos, por lo que la sinergia entre cultivos (aguacate y café) no logró superar al convencional tradicional y al de múltiples tecnologías, posiblemente a un aspecto de competencia entre los cultivos. Esto se evidencia al desagregar los ingresos y costos por cultivo, donde se obtuvo en el de aguacate un ingreso total de ¢17 748 449,80 con un costo total de ¢5 581 439,69, mientras que para el cultivo de café el ingreso total fue de ¢7 224 919,09 con un costo total de ¢4 473 973,25 (Cuadro 2).

Otro punto importante es que el rendimiento de café para este sistema fue de 72 fanegas. Este dato es alto al compararlo con el promedio nacional para sistemas en monocultivo el cual ronda las 28 fanegas, inclusive al considerar el manejo y unidad productiva el rendimiento podría ser más alto (Barquero 2022), además para variedades resistentes a la roya se han identificado rendimientos de entre 60 y 80 fanegas, siendo este dato significativo (Barquero 2017). En vista de lo planteado, los rendimientos obtenidos podrían deberse a que la finca donde se desarrolló el estudio es una de tipo experimental, donde el contar con un manejo agronómico más técnico favoreció estos rendimientos por lo que deben manejarse con precaución.

Por último, el MTCBA presentó la relación más baja esto a pesar de contar con los costos más bajos, favorecido por un bajo rendimiento y afectación de la calidad ya que posiblemente se dejaron de aplicar insumos que afectaron la producción. Adicionalmente se presenta el cuadro 3 donde se muestra los kilogramos producidos por árbol como un indicador de productividad para los sistemas estudiados.

4 Montero, A. 1 ene. 2020. Modelo de costos de producción de aguacate (correspondencia personal). San José, Costa Rica. MAG-SEPSA.

Cuadro 3. Kilogramos producidos por árbol, por tipo de sistema.

Indicador	Sistema Productivo			
	Monocultivo con Tecnología Convencional de Baja Aplicación (MTCBA)	Monocultivo con Múltiples Tecnologías (MMT)	Mixto con tecnología convencional (MITC)	Monocultivo con Tecnología Convencional Intensivo (MTCI)
Kilogramos por árbol	29,20	48,90	27,73	52,45

Como se muestra el cuadro anterior el MTCI muestra el mejor valor de productividad en relación con los demás sistemas, mientras que el segundo mejor resultado lo obtiene el MMT. En el caso de estos dos primeros sistemas se muestra la importancia que tiene la aplicación de los nutrientes necesarios para una buena productividad. Por otra parte los sistemas de MTCBA y MITC presentan una baja productividad por árbol, en el primer caso se evidencia el efecto de una baja aplicación de insumos, y en el segundo sistema por la competencia generada con el cultivo de café además de una alta densidad de siembra.

Análisis de riesgo de RIC

Con la simulación de Montecarlo se estableció múltiples indicadores de la RIC, lo cual permitió realizar un análisis probabilístico mediante histogramas que muestran la distribución de frecuencia relativa del mismo por sistema productivo (Figura 1). En este caso se muestra para todos los sistemas

una RIC por encima de 1, lo que es indicador estabilidad ante los cambios planteados.

Por sistema existen zonas de mayor probabilidad para el indicador, por ejemplo en el de MTCBA los indicadores que van de 1,77 a 2,95 concentran el 74 % de los datos, mientras que en el MMT de 2,56 a 4,59 se acumulan en un 82 %. Por otra parte, en el MTCI entre 2,95 y 5,35 se ubican el 73 %, y para el MITC desde 2,04 a 3,11 se concentran un 89 % de los datos (Figura 1). El que se presente esta situación destaca el hecho de que los sistemas pueden enfrentarse a fuertes impactos externos como disminuciones drásticas de precios, aumentos excesivos en los costos de insumos y disminuciones de la producción por los efectos de enfermedades y plagas.

El cuadro 4 presenta información estadística obtenida de las iteraciones, con el fin de visualizar la variabilidad de los resultados del análisis de riesgo. Así mismo establece cuál es el nivel de riesgo para la actividad según los sistemas analizados.

Cuadro 4. Estadísticos generados a partir de la simulación de Montecarlo.

Estadístico	Sistema Productivo			
	Monocultivo con Tecnología Convencional de Baja Aplicación (MTCBA)	Monocultivo con Múltiples Tecnologías (MMT)	Mixto con tecnología convencional (MITC)	Monocultivo con Tecnología Convencional Intensivo (MTCI)
<i>Promedio</i>	2,55	3,60	4,60	2,74
<i>Mediana</i>	2,50	3,52	4,47	2,69
<i>Moda</i>	2,25	3,01	4,48	3,03
<i>Varianza</i>	0,29	0,59	1,00	0,19
<i>Desviación Estándar</i>	0,54	0,77	1,00	0,43
<i>Coef. de Variación</i>	20,98 %	21,32 %	21,76 %	15,78 %
<i>Curtosis</i>	2,89	2,78	2,73	3,00
<i>Coef. de Asimetría</i>	0,53	0,43	0,53	0,51

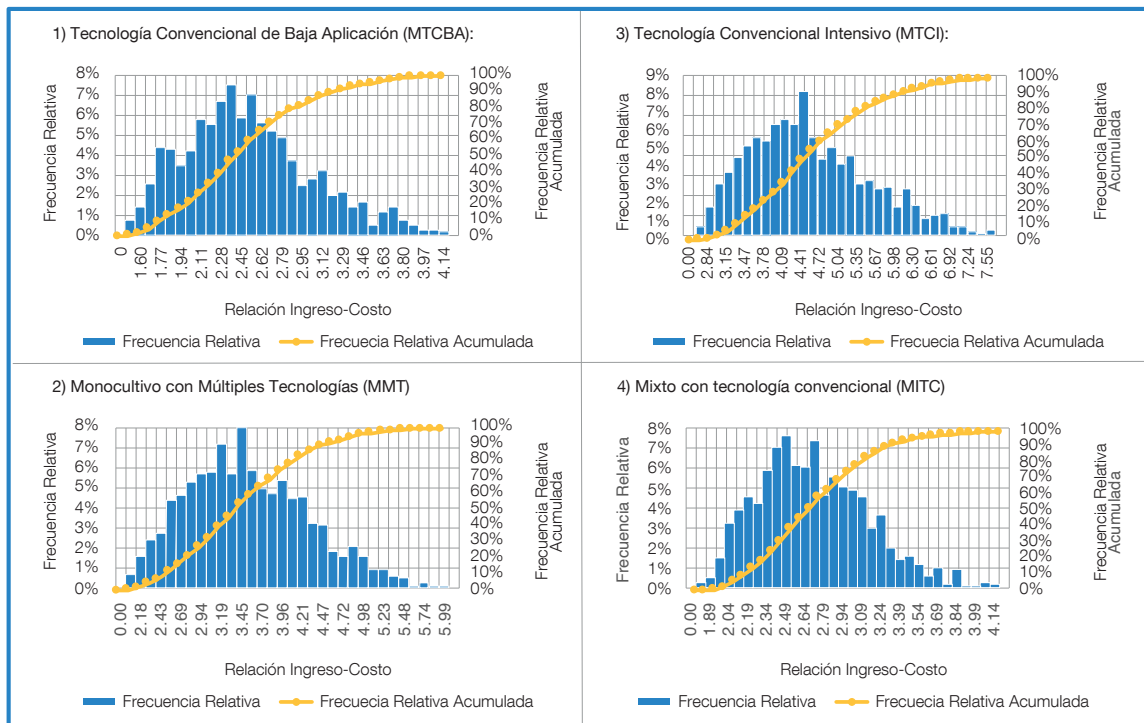


Figura 1. Distribución de la frecuencia relativa para la relación ingreso-costo generadas por la simulación de Montecarlo para los sistemas productivos.

En el cuadro 4 se muestra para todos los sistemas que la mediana, moda, promedio y la RIC obtenida en el estudio se ubican dentro del rango de mayor probabilidad. Por otra parte, la desviación estándar y coeficiente de variación evidencia una variación relativamente baja, además el coeficiente de simetría permitió no sobreestimar los resultados. En general el riesgo puede ser considerado como moderado, pero el sistema más estable fue el MITC (ver coeficiente de variación), debido a la disminución por riesgo de pérdida en cosecha, donde la pérdida en un cultivo puede ser absorbida por otro (Gómez y Zavaleta 2001).

Estimación de los beneficios netos de campo según sistema productivo

Se presenta el cuadro 5 con la información respectiva, así como datos adicionales para ampliar el análisis, en este caso relaciones porcentuales entre los costos variables y los beneficios netos con respecto a los beneficios brutos.

Cuadro 5. Estimación del beneficio neto por sistema productivo de 300 m², colones.

Variable	Sistema Productivo			
	Monocultivo con Tecnología Convencional de Baja Aplicación (MTCBA)	Monocultivo con Múltiples Tecnologías (MMT)	Mixto con tecnología convencional (MITC)	Monocultivo con Tecnología Convencional Intensivo (MTCI)
Rendimiento ajustado (kg)	202,22	340,04	384,02	726,47
Beneficio Bruto (BB)	¢209 528,73	¢378 825,01	¢567 424,75	¢810 032,48
Costos Variables Totales (CV)	¢70 297,62	¢95 492,29	¢194 828,63	¢159 037,74
Beneficios Netos (BN)	¢139 231,11	¢283 332,73	¢372 596,12	¢650 994,73
Relación Porcentual (BN/BB)	66,45 %	74,79 %	65,66 %	80,37 %
Relación Porcentual (CV/BB)	33,55 %	25,21 %	34,34 %	19,63 %

El cuadro 5 muestra que el sistema con los beneficios netos más altos es el MTCl gracias al mayor beneficio bruto obtenido, se aprecia además una relación BN/BB de 80,37 %, por lo que obtener un mayor rendimiento sopesa costos más altos. El MITC tuvo un beneficio neto menor al esperado al presentar una mayor cantidad de costos variables, por ejemplo, la relación CV/BB fue de 34,34 %, esto sería evidencia del impacto adicional en la estructura de costos del cultivo de café.

El MMT presenta un beneficio neto aceptable al considerar la proporción CV/BB de 25,21 %, favorecido por el uso de insumos preparados en

la finca (bioinsumos y productos orgánicos) que representó un ahorro, esto a pesar de que el monto monetario de los beneficios brutos es menor en comparación al mixto y convencional tradicional, aunque su relación BN/BB es positiva. Por último, el de MTCBA presentó resultados menos destacados, a pesar de presentar costos más bajos.

Con base en el análisis de dominancia entre sistemas del cuadro 6, el único dominado es el MITC con respecto al MTCl al presentar beneficios menores y costos mayores. En términos generales todos presentan buenos resultados ya que los beneficios netos son superiores a los costos variables.

Cuadro 6. Análisis de dominancia para los sistemas productivos de 300 m².

Sistema Productivo	Variable		
	Costos Variables Totales	Beneficio Neto	Condición
Monocultivo con Tecnología Convencional de Baja Aplicación (MTCBA)	¢70 297,62	¢139 231,11	No dominado
Monocultivo con Múltiples Tecnologías (MMT)	¢95 492,29	¢283 332,73	No dominado
Monocultivo con Tecnología Convencional Intensivo (MTCl)	¢159 037,74	¢650 994,73	No dominado
Mixto con tecnología convencional (MITC)	¢194 828,63	¢372 596,12	Dominado

Determinación de la TRM

El cambio del sistema de MTCBA a uno de MMT arroja una TRM de 571,95 %, recuperándose cada colón de incremento en costos y obteniéndose ¢5,72 adicionales. Por otra parte, el cambio del sistema de MMT a uno MTCl da una tasa de 578,58 %, por lo que se recuperaría cada colón de incremento en costos y se obtendrían ¢5,79 adicionales. Con base en lo anterior, desde un punto de vista financiero, sí es conveniente cambiar entre los sistemas ya que en ambos casos la TRM es mayor a la TREMA de 54,70 %.

A partir de los resultados obtenidos con la RIC y la TRM se plantea la siguiente discusión. En primer lugar es importante mencionar que los sistemas mixtos se presentan como una alternativa para contrarrestar cambios ambientales, incrementar la fertilidad del suelo, generar supresión de malezas y enfermedades. En el caso del MICT

estudiado la alta densidad poblacional pudo haber afectado los rendimientos en el cultivo de aguacate debido a la interferencia por competencia con el cultivo del café (Gómez y Zavaleta 2001; Arcila 2007; Chaimsohn *et al.* 2007; Vera 2008). En base a lo anterior se podrían analizar la utilización de densidades para trabajar en sistemas mixtos con café para generar una menor competencia, esto si el productor apuesta por un sistema mixto.

Sin embargo, desde un punto de vista económico y financiero los sistemas en monocultivo (MMT o MTCl) son la opción más viable por la que podrían apostar los productores, además el mercado mundial de aguacate es cada vez más competitivo y prefiere un aguacate que provenga de monocultivos en el cual se pone todo el esfuerzo y recursos para obtener un producto de calidad. PROCOMER en esa línea indica la necesidad de

implementar medidas y esfuerzos para aumentar la producción y disponibilidad de aguacate con calidad suficiente para buscar la apertura de los mercados de consumo tradicionales y con potencial como Estados Unidos, Europa, Asia y el Medio Oriente (PROCOMER 2023).

Por otra parte, la TRM y RIC muestra en primera instancia que no es conveniente un MTCBA. Es contraproducente para el cultivo del aguacate, desde un punto de vista financiero, el limitar insumos agrícolas ya que esto podría afectar el rendimiento obtenido y la calidad de fruta. Esto afectaría los retornos obtenidos y no compensaría el bajo costo, ya que en un producto como el aguacate Hass al aspecto físico y tamaño del mismo son determinantes claves del precio.

Lo anterior implica que se presente el reto de migrar de sistemas convencionales a sistemas con aplicación baja de insumos sintéticos, ya que estos últimos no superan a los primeros en rendimientos ni ganancias; esto a pesar del éxito de sistemas orgánicos tecnificados (Nicholls 2007). Sin embargo, la agricultura de bajos insumos puede generar beneficios económicos, esto al aplicar en la práctica un sistema productivo donde se aprovechen muchos de los derivados generados (Busetto 2010). Por ejemplo, un aguacate con una baja calidad puede explotarse en procesos industriales (extracción de aceite por ejemplo), lo que podría aumentar la rentabilidad de las unidades productivas.

Por otra parte se identificó al MTCI como el mejor a nivel de resultados obtenidos, donde un mayor rendimiento generó mayores ingresos, ya que se compensa el incremento en los costos que este sistema exhibió. Para este caso, la densidad de siembra se relacionó con un tamaño de árbol más pequeño que permitió más árboles y un mayor rendimiento por unidad de área (Gardiazabal, 2017).

Este punto es importante de estudiar para aprovechar el área disponible, sin embargo existen barreras por aspectos lumínicos, la pendiente de la zona y los materiales usados en Costa Rica que hacen que los arreglos más utilizados sean 6x6 o 6x5 metros. En este caso sería

ideal contar con materiales enanizantes, pero falta más investigación para determinar la relación patrón-copa más exitosa⁵. Igualmente es importante agregar como este tipo de sistemas se relacionan con el ambiente y el uso intensivo de agroquímicos, ya que es evidente el impacto que cualquier actividad agrícola tienen esto a pesar de que se evidencia en el caso estudiado la utilización de buenas prácticas agrícolas.

Para el caso del MMT, este sistema presentó costos menores e indicadores de rentabilidad aceptables. Por este motivo, su réplica como sistema debe de ser considerada como beneficiosa en relación con temas como la sostenibilidad ambiental por el tipo de productos utilizados (orgánicos o bioinsumos). Además de que la integración de tecnologías apropiadas ha demostrado su beneficio en la producción de cultivos (Bruulsema 2002), y permite además contar con un menor riesgo de gasto o inversión en capital de trabajo e insumos.

Este aspecto es importante ya que el productor debe buscar la diversificación del uso de insumos agrícolas sintéticos para que de forma paulatina no dependa de estos (Busetto 2010). Para lo anterior, es necesario implementar estudios que revelen dosis de insumos orgánicos e inorgánicos (sintéticos) que permitan optimizar el beneficio-costo de su uso sin sacrificar con ello el nivel productivo y la calidad del producto. Vinculado a lo anterior son necesarias fórmulas para agroquímicos menos contaminantes y de menor costo, considerando densidades de siembra que no generen barreras para mejorar la producción.

Lo anterior es un tema y reto importante de la agricultura para muchas de las instituciones vinculadas al sector, al considerar la exigencia de los mercados actuales de prácticas de producción y manejo más sostenibles⁶, hecho que favorece a incrementar la cantidad y calidad de los alimentos producidos (Bruulsema 2002). En el país esto

5 Retana, K. 15 sept. 2023. Comentarios y aportes técnicos agronómicos sobre cultivo de aguacate (correspondencia personal). San José, Costa Rica. INTA-MAG.

6 Retana, K. 15 sept. 2023. Comentarios y aportes técnicos sobre cultivo de aguacate (correspondencia personal). San José, Costa Rica. INTA-MAG.

se refleja en instituciones como el INTA, donde se apuesta por un lineamiento sobre producción sustentable, con el fin de cumplir con estos requerimientos. También el IICA y el MAG a través del Plan Nacional de Aguacate exponen metas orientadas a que entre un 40 % y 50 % de fincas lleguen a usar bioinsumos o que estén involucradas en algún tipo de distinción por sostenibilidad (certificación orgánica, bandera azul, Rain Forrest Alliance-BPA) en un plazo de 5 a 10 años (IICA y MAG 2019).

Igualmente este tema engloba el uso de recursos naturales como el agua, donde se debe de mejorar la imagen que ha tomado la huella hídrica del cultivo de aguacate buscando un uso eficiente de la misma en su agrocadena, considerando que a nivel mundial se ha dado el aumento exponencial de la demanda de agua necesaria para satisfacer las crecientes necesidades de la población como la provisión de alimentos en cantidad y de calidad (Naranjo y Reyes 2021).

Lo anterior debe ir de la mano de esfuerzos de otros sectores que motiven a los productores a producir responsablemente, en este caso los decisores políticos vinculados al sector agropecuario y aguacatero deben favorecer medidas como el mejoramiento genético y asistencia técnica con el fin de que las plantaciones de aguacate sean más productivas, resilientes al cambio climático y resistentes a las enfermedades.

Como cierre a este apartado es importante de destacar que la producción de aguacate en la zona de Los Santos presenta desafíos importantes para su sostenibilidad financiera, entre ellos, la baja productividad, la dificultad para mecanizar y una fuerte presencia de mercados regionales muy competitivos. Esto ha hecho necesario la búsqueda de acciones, como una mayor asistencia técnica e investigación por ejemplo, que permitan que las fincas sean eficientes financieramente, y con ello, generar políticas que le den tanto sostenibilidad financiera como ambiental al sistema de producción.

LITERATURA CITADA

Altieri, M; Nicholls, C. 2007. Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación. *Ecosistemas* 16(1):3-12.

Arcila, J. 2007. Densidad de siembra y productividad de los cafetales. *In* Marin, SM; Ospina HF (eds.). *Sistemas de producción de café de Colombia*. Chinchiná, Colombia, CENICAFÉ. p. 131-143.

Arias, F; Montoya, C; Velásquez, O. 2018. Dinámica del mercado mundial de aguacate. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte* 55(55): 22-35.

Aristizábal, L; Bustillo, A; Jiménez, M; Trujillo, H. 2006. Evaluación de métodos para cuantificar poblaciones de broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), en fincas de caficultores experimentadores. *Revista Colombiana de Entomología* 32(1):39-44.

Barquero, M. 2017. Ensayos en café logran hasta 80 % más de producción con nuevas variedades. *La Nación* (en línea, diario digital). Consultado 30 ene. 2019. Disponible en <https://www.nacion.com/economia/agro/ensayos-en-cafe-logran-hasta-80-mas-de-produccion-con-nuevas-variedades/ATWO5WL7GZEGNO5357333PWBBBA/story/>

Barquero, M. 2022. Productividad del café en Costa Rica cayó 30 % en últimos 20 años. *La Nación* (en línea, diario digital). Consultado 28 sep. 2022. Disponible en [https://www.nacion.com/economia/productividad-del-cafe-en-costa-rica-cayo-30-en/R3Z76KZV4RH6FKHJXFFHPE3WJA/story/#:~:~text=La%20productividad%20promedio%20del%20caf%C3%A9,de%20Costa%20Rica%20\(lcaf%C3%A9\).](https://www.nacion.com/economia/productividad-del-cafe-en-costa-rica-cayo-30-en/R3Z76KZV4RH6FKHJXFFHPE3WJA/story/#:~:~text=La%20productividad%20promedio%20del%20caf%C3%A9,de%20Costa%20Rica%20(lcaf%C3%A9).)

Betanco, W. 2015. Calidad física-organoléptica del café (*Coffea arabica* L.), en manejo orgánico y manejo convencional en fincas de San Juan del Río Coco-Madriz, ciclo 2013-2014. Tesis MSc. Managua, Nicaragua. UNA. 57 p.

Banco Central de Costa Rica (BCCR). 2021a. Curvas de rendimientos soberana (al 30 de abril del año 2020). Consultado 30 abr. 2021. Disponible en <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjojN2M1O-TU2YTMTMDM5Mi00MDY1LWI5NDgtM2E5ZGZm-DdiNDkzliwidCI6IjYxOGQwYTQ1LTI1YTYtNDYxOC-05ZjgwLThmNzBhNDM1ZWU1MiJ9>

- Banco Central de Costa Rica (BCCR). 2021b. Tasa básica pasiva (al 30 de abril del año 2020). Consultado 30 abr. 2021. Disponible en <https://gee.bccr.fi.cr/indicadoreseconomicos/Cuadros/frmVer-CatCuadro.aspx?idioma=1&CodCuadro=%2017>
- Bruulsema, T. 2002. Productividad de los sistemas orgánicos convencionales de producción de cultivos. *Informaciones Agronómicas* (51):8-11.
- Busetto, B. 2010. Todo lo que debe saber sobre la agricultura de bajos insumos. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (ONUAA/FAO). Consultado 2 ene. 2021. Disponible en <http://www.fao.org/3/v2865s02.htm>
- Callejas, N; Gómez, G; Hernández, J; Peña, L; Rebollar, S. 2015. Análisis de viabilidad económica para la producción comercial de aguacate Hass. *Revista Mexicana de Agronegocios* (36):1325-1338.
- Camilo, J. 2014. Impacto económico de la broca del café (*Hypothenemus hampei*) en la caficultura de Jarabacoa. Jarabacoa, República Dominicana Clúster de Café de Jarabacoa-Consejo Nacional de Competitividad. Proyecto Mejora del rendimiento de cafetales en Jarabacoa. Banco Interamericano de Desarrollo. 23 p.
- Caro-Sánchez, R. 2018. Aplicación de 1-metilciclopropeno en frutos de palta (*persea americana mill*) cv. Has en poscosecha. Tesis Ingeniería Agronómica. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 104 p.
- Cerdas; M; Montero, M; Díaz, E. 2006. Manual de manejo Pre y Poscosecha de Aguacate (*Persea Americana*). Ministerio de Agricultura y Ganadería. San José, Costa Rica. 95 p.
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. CIMMYT: Programa de Economía. México DF, México. 86 p.
- Chaimsohn, F; Mora, J; Villalobos, E. 2007. Densidades de siembra, arreglos espaciales y fertilización en pejibaye (*Bactris gasipaes* cv 'Diamantes-10') para palmito. *Agronomía Mesoamericana* 18(2):205-220.
- Cruz, G; Escamilla, E; López, F; Zamarripa, A. 2016. Producción y calidad en variedades de café (*Coffea arabica*.) en Veracruz, México. *Revista Fitotécnica Mexicana* 39(3): 297-304.
- Gardiazabal, F. 2017. Palto Hass de altísima densidad con bioreguladores al suelo. *Red Agrícola* (en línea, Revista Digital). Consultado 4 feb. 2021. Disponible en <https://www.redagricola.com/cl/palto-hass-de-altisima-densidad-bioreguladores-al-suelo/>
- Gómez, O; Zavaleta, E. 2001. La Asociación de Cultivos una Estrategia más para el Manejo de Enfermedades, en Particular con *Tagetes* spp. *Revista Mexicana de Fitopatología* 19(1): 94-99.
- González, G; Herrera, C; Núñez, J. 2019. Estudio sobre el sector productivo de aguacate hass en la Zona de los Santos, Costa Rica; y el efecto que produce en el mercado costarricense la importación de aguacate Hass y otras variedades provenientes de Chile, Nicaragua y Perú, periodo 2014-2017. Tesis Lic. Alajuela, Costa Rica. UTN. 287 p.
- Gonzales, B. 6 de feb 2019. Consulta de información sobre precios de café pagados por VOLCAFE (correspondencia personal). San Pablo de León Cortés, San José, Costa Rica. APACOOOP.
- Instituto del Café de Costa Rica (ICAFE). 2019. Precio de liquidación final cosecha 2018-2019. Disponible en http://www.icafe.cr/wp-content/uploads/liquidaciones_beneficios/Cosecha%201819%20Publicacion%20Liquidacion%20Final.pdf
- Instituto del Café de Costa Rica (ICAFE). 2021. Regiones cafetaleras: Tarrazú. Consultado 6 jun. 2021. Disponible en <http://www.icafe.cr/nuestro-cafe/regiones-cafetalaras/tarrazu/>
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura; Ministerio de Agricultura y Ganadería. 2019. Plan Nacional de Fortalecimiento del Sector Aguacatero. Disponible en <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/E14-11087.pdf>
- Macas, G. 2013. Estudio de las características de calidad pre y poscosecha en dos variedades de aguacate (*persea americana* Mill) provenientes de dos localidades de la provincia de Pichincha. Tesis Ingeniería Agronómica. Riobamba, Ecuador. ESPOCH. 277 p.
- Mesa, M; Molina, O; Pulgarin, A. 2017. Estimación de la tasa de infestación de la broca en un cafetal, utilizando un modelo tipo sir. *Revista de Matemática: Teoría y Aplicaciones* 24(2):257-276.
- Mora, J; Acuña, J; (comps.). 2015. Memoria. Curso Producción de Aguacate de Bajura realizado en el Pacífico Central de Costa Rica. INTA. San José, Costa Rica. 85 p.

Morillo, M; Varela, M. 2009. Un sistema de costos basado en actividades para las unidades de explotación pecuaria de doble propósito. Caso: Agropecuaria El Lago, S.A. Revista Innovar 19(35):99-117.

Naranjo, J; Reyes, H. 2021. Huella hídrica del cultivo de aguacate cv. Hass (*Persea americana Mill.*), en el Distrito de Conservación de Suelos Barbas - Bremen, Quindío, Colombia. Entre Ciencia e Ingeniería 15(29):63-70.

Oficina Nacional de Semilla (OFINASE). 2011. Reglamento Técnico para la Certificación de Semilla de Café (*Coffea arabica*). 8 p.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2012. Costa Rica ofrece manuales de aguacate a los agricultores para mejorar su producción. Consultado 1 ago. 2021. Disponible en <http://www.fao.org/in-action/agronoticias/detail/es/c/510562/>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2021. Cultivos y productos de ganadería. Consultado 1 ago. 2021. Disponible en <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>

PROCOMER. 2023. El aguacate será la fruta tropical más vendida en el mundo en 2030. Consultado el 13 oct. 2023. Disponible en https://www.procomer.com/alertas_comerciales/exportador-alerta/el-aguacate-sera-la-fruta-tropical-mas-vendida-en-el-mundo-en-2030/

Reyes, M. 2001. Análisis económico de experimentos agrícolas con presupuestos parciales: Re-enseñando el uso de este enfoque. Boletín Informativo GEOCITIES. San Carlos, Guatemala. N° 2001-01. 32 pp.

Villalobos. 2009. Metodologías de análisis de factores de calidad en frutas tropicales y subtropicales, implementadas por el laboratorio de poscosecha de la Universidad de California En Davis, Estados Unidos. Práctica Bachillerato. Cartago, Costa Rica. ITCR. 155 pp.