

Análisis comparativo de los costos de producción y rentabilidad de los cafés especiales con certificación orgánica y sin certificación

Comparative analysis of production costs and profitability of certified organic and non-certified specialty coffees

Josué Dilas-Jiménez^{1*}, Damariss Zapata-Ruiz²,
María Arce-Almenara², Dilma Ascurra-Toro³
y Carlos Mugruza-Vassallo⁴

1 Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja. Huancavelica, Perú.
2 Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad de Piura. Piura, Perú.
3 Yelison Business S.A.C. Lima, Perú.
4 Grupo de Investigación de Computación y Neurociencia Cognitiva, Facultad de Ingeniería y Gestión, Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur. Lima, Perú.



Citar como: Dilas-Jiménez, J. et al. (2020). «Análisis comparativo de los costos de producción y rentabilidad de los cafés especiales con certificación orgánica y sin certificación». *South Sustainability*, 1(2), e017
DOI: 10.21142/SS-0102-2020-017

Artículo recibido: 12/10/2020
Revisado por pares
Artículo aceptado: 8/1/2021



© Los autores, 2020. Publicado por la Universidad Científica del Sur (Lima, Perú)

*E-mail de correspondencia:
jdilas@unat.edu.pe

RESUMEN

La certificación, en especial orgánica, así como la calidad en taza, son factores de interés para la exportación y comercialización del café. El objetivo fue determinar y comparar los costos de producción y la rentabilidad de los cafés especiales con certificación orgánica y sin certificación en productores cafetaleros organizados en el eje cafetalero del norte del Perú. Se entrevistó a 24 pequeños agricultores en la provincia de Jaén, Perú, que fueron distribuidos en dos grupos de análisis: (i) café especial con certificación orgánica (CECO) y (ii) café especial sin certificación (CESC). Los datos fueron analizados con análisis no paramétrico Kruskal-Wallis. Se encontró que el costo de producción del grupo CECO es significativamente mayor que el grupo CESC ($p = 0,00045$ y $k = 12,313$). Por tanto, el grupo CESC es el más rentable en todos los indicadores de rentabilidad analizados y el menos sensible a la baja de precio de venta del café especial. Se concluye que los altos costos de producción y, por tanto, la baja rentabilidad del grupo CECO están estrechamente vinculados a los costos de fertilización. Sin embargo, al ser sostenible con el ambiente y con la sociedad, requiere de tecnologías, servicios tecnológicos u otras estrategias privadas o estatales que den el soporte para su viabilidad en el mediano y largo plazo.

Palabras clave: costos de producción, rentabilidad, café especial, café orgánico, café convencional

ABSTRACT

Organic certification, as well as cup quality, are factors of interest for the export and marketing of coffee. The aim of this study was to determine and compare the production costs and profitability of certified organic and non-certified specialty coffees among organized coffee growers in the northern coffee region of Peru. Twenty-four small farmers were interviewed in Peru's Jaén province. These farmers were divided into two analysis groups: (i) Specialty coffee with organic certification (CECO); and (ii) Specialty coffee without certification (CESC). The data was analyzed using the Kruskal-Wallis non-parametric analysis method. The production cost of the CECO group was found to be significantly higher than that for the CESC group ($p = 0.00045$ and $k = 12.313$). Moreover, the CESC group was found to be the most profitable across all the profitability indicators analyzed, and the least sensitive to the fall in the sale price of specialty coffee. The study concluded that the high production costs and consequent low profitability of the CECO group is closely associated with fertilization costs. However, environmental sustainability requires technologies, technological services or other private or public sector strategies that will provide support for its viability over the medium and long term.

Keywords: production costs, profitability, specialty coffee, organic coffee, conventional coffee



Introducción

El café es el primer producto agrícola peruano de exportación. El Perú es el séptimo país exportador de café a nivel mundial y, después de México, es el segundo exportador mundial de café orgánico. Posee 425 416 hectáreas dedicadas al cultivo de café, que representan el 6 % del área agrícola nacional. Unos dos millones de peruanos dependen de esta actividad (Minagri, 2020).

De acuerdo con el PBI, la región Cajamarca es la novena economía más importante del Perú (excluyendo Lima y Callao). Esto se debe principalmente a la minería, que es casi la cuarta parte del valor agregado de la región. La segunda actividad más importante en Cajamarca es la agropecuaria, cuyo producto principal de exportación es el café (Mincetur, 2017). Cajamarca es una de las regiones con mayor producción de café. Las provincias de San Ignacio y Jaén son las principales zonas cafetaleras cajamarquinas según PROAmazonía, 2003, citado por Dilas-Jiménez (2013).

Según la Specialty Coffee Association of America (SCAA), los cafés con 80 puntos a más de calidad en taza se califican como *specialty* (cafés especiales), pero solo aquellos que alcanzan puntajes mayores o iguales a 83 puntos son los que obtienen precios diferenciados. Así también, Bertrand *et al.* (2012) e Illy y Viani (2005), citados por Donfrancesco *et al.*, 2019, precisan que la calidad en taza de un café depende de varios factores; entre ellos, la variedad, el área geográfica donde se produce, los factores climáticos, las condiciones de cultivo, el nivel de maduración en la cosecha, las condiciones de fermentación y el manejo poscosecha. El crecimiento del mercado de cafés especiales en los últimos años ha fomentado una creciente necesidad de diferenciar el café (Giovannucci, Byers y Liu, 2008). La altitud (m s. n. m.) donde se cultiva es el factor ambiental más frecuentemente relacionado con la calidad. El café cultivado a gran altitud alcanza un precio más alto del que creció en zonas de baja altitud (Bertrand *et al.*, 2012).

A lo anterior se añade que, en cuanto a la variedad del café como una de las variables limitantes de la calidad en taza, existen referencias que señalan que la calidad física y organoléptica de los catimores no difiere de los cultivares más tradicionales como el caturra y el típica. Así tenemos que en Colombia no se encontraron diferencias estadísticas significativas en la calidad de la bebida al comparar el cultivar Colombia con típica, caturra y borbón. Tampoco entre castillo, típica, caturra, borbón y Colombia (Alvarado y Puerta, 2002, y Alvarado *et al.*, 2005, citados por Julca-Otiniano *et al.*, 2018). Por otro lado, en otras especies no se encontró diferencias en la integración de árboles con cosecha por parte de los agricultores con cultivos tanto cerca como a tres kilómetros lejos de los bordes de bosques (Osie *et al.*, 2020).

Otro aspecto considerado en el valor de los cafés especiales es la certificación. Puntualmente la

certificación orgánica es la más promovida y que ha tenido un crecimiento importante en mercados nicho. Estos mercados especializados ofrecen oportunidad de ingreso y precios *prémium* para este tipo de café (Schnabel *et al.*, 2018). Para 2006 el mercado de café orgánico importó 67 000 toneladas métricas, de las cuales cerca de la mitad fue importada por Estados Unidos. Los cafés orgánicos *prémium* (de alta calidad) recibieron primas sobre el precio de bolsa (café convencional) en promedio de USD 0,62 por kilogramo (Giovannucci, Liu y Byers, 2008). Por otro lado, el cultivo de café orgánico es más ecoeficiente por su menor contaminación de CO₂ al ambiente, en comparación con el café convencional (Trinh *et al.*, 2020), por lo cual tiene un potencial para un cultivo en sistemas agroecológicos. Sin embargo, Friberg y Sanctuary (2018), en un estudio de estimaciones para la expansión del mercado orgánico del café, encontraron que el aumento del mercado orgánico en el mercado mundial será solo de entre 5 % y un máximo de 8 %. Aunado a ello, se tiene que la certificación del café hace que los agricultores (pequeños) se especialicen en la producción de café, lo que aumenta el ingreso del café, pero no necesariamente el ingreso total (ingresos netos) de sus hogares, al menos no en el corto plazo (Vellema *et al.*, 2015). Más aún, en un estudio realizado en Nepal se encontró que el café convencional tiene márgenes brutos e índices de beneficio/costo mayores que el cultivo orgánico (Poudel *et al.*, 2015).

La presente investigación se realizó a fin de generar evidencia que coadyuve a la mejor toma de decisiones para la inversión privada y las políticas estatales de apoyo al sector cafetalero, y con el objetivo de determinar y comparar los costos de producción y la rentabilidad de los cafés especiales con certificación orgánica y sin certificación en productores cafetaleros organizados en el eje cafetalero del norte del Perú. Para ello, nos planteamos las siguientes hipótesis: (1) teniendo en cuenta que la producción orgánica certificada requiere especialización del productor y el cumplimiento de ciertos estándares, sus costos de producción serían mayores que la fincas que producen cafés especiales sin certificación, y (2) la especialización y los bonos adicionales que recibe el café orgánico haría que una finca orgánica certificada sea económicamente más rentable que una finca sin certificación, aun cuando ambas puedan tener la capacidad de producir café especiales de alta calidad.

Materiales y métodos

Tipo y lugar de estudio

El presente trabajo corresponde a un estudio descriptivo-explicativo. Se realizó en la provincia de Jaén, en la región Cajamarca, Perú, durante 2019.

La provincia de Jaén es una de las principales provincias cafetaleras del Perú. Abarca aproximadamente el 7 % de la producción de café peruano (INEI, 2014; Díaz y Meike,

2017) y alberga empresas y organizaciones cafetaleras que tienen a la venta café convencional y café especial. Dentro de los especiales que se ofertan en la zona se puede distinguir, entre otros, los cafés especiales con certificación orgánica y los cafés especiales sin certificación.

Sujetos de investigación, grupos de análisis

Los sujetos de investigación fueron pequeños productores cafetaleros cuyas fincas tenían edades entre 4 a 6 años (fincas productoras) y que en sus campañas de 2017 y 2018 tuvieron como mínimo un 20 % de su producción de café con puntaje mayor o igual a 83 puntos en taza (café especial). La investigación se centró en la campaña de 2018.

De los productores cafetaleros estudiados, se establecieron dos grupos de análisis según su sistema de producción del café: (i) café especial con certificación orgánica (CECO) y (ii) café especial con certificación (CESC).

Población y muestra

La población referencial para el presente estudio fue de 16 314 productores cafetaleros, ubicados en la provincia cafetalera de Jaén (INEI, 2014). Se entrevistó a 24 agricultores que producen cafés especiales, los cuales se distribuyeron en un número de 12 agricultores por cada grupo de análisis. Todos dieron su consentimiento informado para la participación en el estudio. En los casos en que no se concretó la participación de un agricultor identificado como potencial entrevistado se buscó a otro agricultor en la organización que cumpliera con las condiciones establecidas para los sujetos de investigación.

Limitaciones del estudio

No se ha realizado un cálculo del tamaño de la muestra considerando que no se cuenta con información sobre el número de productores que producen cafés especiales en el Perú (INEI, 2020) y menos en la zona de estudio, y a que la producción de cafés especiales de alta calidad es reciente en el Perú, consideramos que el estudio es relevante y representativo, debido a la importancia de los cultivos orgánicos en la agricultura peruana.

Toma y procesamiento de datos

La toma de información se realizó directamente en las zonas de producción, mediante entrevistas semiestructuradas aplicadas a cada agricultor. El procesamiento de la información para los dos grupos de análisis se basó en dos momentos: (i) determinar los costos de producción y (ii) determinar la rentabilidad. En ambos casos la unidad de referencia para el análisis será de una hectárea (ha).

En el caso de los costos cuyo dato declarado por el agricultor fue cero, aunque para otros agricultores sí tenían un valor, a fin de suavizar la varianza de cada columna de costos se realizó una imputación de estos valores cero por

el método de medias no condicionadas, siempre que se tenga como mínimo un 30 % de valores mayores a cero en cada columna de costos del grupo de análisis. No se hizo la imputación en el caso contrario (Medina y Galván, 2007).

Los datos fueron almacenados y procesados en una base de datos de Ms. Excel. Debido a que el estudio fue realizado en moneda peruana (soles), los montos se convirtieron a dólares americanos con un tipo de cambio de USD 1 = S/ 3,47.

Determinación de los costos de producción

Para determinar los «costos de producción» se agruparon los datos recogidos en las entrevistas en tres procesos productivos (De Souza, De Graaff y Pulleman, 2012; Juárez y Akaki, 2013) y otros costos: (i) costos de instalación y siembra, (ii) costos de cultivo de mantenimiento y cosecha, y (iii) costos de poscosecha. Adicionalmente, se determinó un grupo denominado «otros costos», que no se consideran como costos de producción, pero que se vinculan a la comercialización del producto por el agricultor. Asimismo, los costos fueron diferenciados en costos fijos (CF) y costos variables (CV), así como en costos directos (CD) y costos indirectos (CI), para relacionar los costos con las actividades y facilitar la negociación del producto final (Więcek y Więcek, 2018).

Teniendo en cuenta que el análisis se realizó para la campaña de 2018 en cafetales mayores a cuatro años, los costos de instalación y siembra se tomaron como una depreciación proporcional durante los años de edad del cafetal en función de un ciclo productivo promedio de un cafetal de ocho años, según Arcila *et al.* (2007), y de la consulta a expertos en la zona de producción, con cuya información se elaboró una curva polinómica ($Y = -56,843X^2 + 576,64X + 20,7$), donde Y es la producción anual en kilogramos por hectárea (kg/ha) y X es el año de producción), a fin de determinar la producción por año y su porcentaje correspondiente porcentaje (%) de depreciación. Al año 1 se le aplicó el 6 %, al año 2, el 10 %; al año 3, el 13 %, al año 4, el 15 %; al año 5, el 16 %; al año 6, el 15 %; al año 7, el 14 %, y al año 8, el 11 %. La recolección de datos de la producción anual del café fue tomada en la unidad de medida quintales (55,2 kg), la cual, para los resultados, se transformó en kilogramos a fin de homogenizar las unidades de medida con otros estudios.

Análisis de la rentabilidad

Una vez determinados los costos de producción, se procedió a analizar «rentabilidad» de acuerdo con:

- (i) La determinación del punto de equilibrio (P. E.), que empleó un indicador y consiste en igualar el nivel de ingresos al de los costos, usando como referencia de análisis una hectárea de cafetal. Para ello, se utilizó el método del margen de contribución (Dagogo, 2014), que permite determinar el punto de equilibrio en unidades (P. E. U.) en función del número de unidades producidas



en kilogramos/hectárea (kg/ha), y el punto de equilibrio de ventas (P. E. V.) en función del total monetario por ventas en dólares americanos (tipo de cambio: USD 1 = S/ 3,47), donde:

$$P. E. U. (kg) = \frac{\text{Costo y gastos fijos totales}}{(\text{Precio venta kg} - \text{CyG variable kg})}$$

$$P. E. V. (USD) = \frac{\text{Costo y gastos fijos totales}}{\left(\frac{(\text{Precio de venta kg} - \text{CyG variable kg})}{(\text{Precio de venta kg})} \right)}$$

- (ii) La determinación de ingresos e indicadores de rentabilidad, que consideró la venta del café producido y vendido por el agricultor en la campaña de 2018 agrupado en cuatro lotes según su calidad: (i) lote de café especial mayor o igual a 83 puntos de taza (café con mayor precio de mercado), (ii) lote de café limpio (entre 70 a 83 puntos de taza), (iii) lote de café de tercera (menos de 70 puntos en tasa, al que generalmente no se hace análisis organoléptico), (iv) lote de café de descarte (café con menor precio de mercado). Para los indicadores de rentabilidad se usaron cuatro indicadores (Domingo, 2001; Penttinen, Rummukainen y Mikkola, 2011; Yuan *et al.*, 2017) según lo siguiente:

$$\text{Rentabilidad de las ventas} = \frac{\text{Utilidad neta}}{\text{Ventas}}$$

$$\text{Margen de utilidad (bruta)} = \frac{\text{Utilidad bruta}}{\text{Ventas}}$$

$$\text{Margen operacional} = \frac{\text{Utilidad operativa}}{\text{Ventas}}$$

$$\text{Ratio beneficio/costo} = \frac{\text{Ingresos totales (ventas)}}{\text{Costos totales (costo de producción)}}$$

- (iii) El análisis de sensibilidad, que busca complementar el análisis de rentabilidad en cuanto a la incertidumbre del factor precio promedio para la venta del lote de café especial (precio de venta promedio del café especial mayor o igual a 83 puntos en taza, considerando que el estudio se basa en el análisis de cafés especiales). La fórmula para el análisis de sensibilidad (Yuan *et al.*, 2017) es:

$$\text{Ratio de sensibilidad} = \frac{\text{Ratio de cambio en la utilidad neta } \Delta NP/NP}{\text{Ratio de cambio en factor } \Delta X/X}$$

Análisis estadístico

Se realizó un estudio previo de los datos y, según ese su resultado, se seleccionó el método más adecuado: la normalidad de los datos se verificó con el test Shapiro-Wilk antes de aplicar la estadística paramétrica o no paramétrica. Se usó un ANOVA en caso de que las condiciones de normalidad sean las adecuadas, o en caso contrario un test no paramétrico, como el test de Kruskal-Wallis. Por ejemplo, Osie *et al.* (2020) emplearon un análisis que basaron inicialmente en ANOVA, pero luego, por homogeneidad de la varianza, emplearon Kruskal-Wallis en el *software* intérprete de manejo matricial de distribución libre OCTAVE (Eaton *et al.*, 2020) con el comando `kruskal_wallis_test.m`. Para visualizar gráficamente los resultados de los grupos de análisis se usó la comparación de medias de Tukey a nivel de confianza de 95%, para lo cual se usó el *software* Statgraphics 16.1.

Resultados

De la determinación de los costos de producción

Los 24 agricultores entrevistados pertenecen a la Asociación de Productores Lima Coffee Perú (5), a la Asociación de Productores Agropecuarios La Cordillera de Colasay (7), a la Cooperativa la Gran Reserva (7) y a la Cooperativa Cedros Café (5).

Se determinaron 60 códigos de costos de producción para el café, cuyo detalle se puede ver en la tabla suplementaria 1. Estos costos se distribuyeron de la siguiente manera: 22 vinculados a los costos del proceso de instalación y siembra, de los cuales 18 corresponden a los dos grupos de análisis (CECO y CESC) y solo cuatro corresponden únicamente al grupo de análisis CESC. Otros 22 códigos de costo estuvieron vinculados a los costos del proceso de cultivo de mantenimiento y cosecha, de los cuales 18 también corresponden a ambos grupos de análisis, dos corresponden solo al grupo de análisis CECO y otros dos al grupo de análisis CESC. Otros 11 códigos de costo estuvieron vinculados a los costos del proceso de poscosecha, de los cuales nueve corresponden a ambos grupos de análisis y solo dos corresponden solo al grupo CECO. Adicionalmente, se determinaron cinco códigos de costo agrupados como otros costos que no se consideran como costos de producción, pero que están vinculados a la comercialización del producto por el agricultor. De estos, cuatro corresponden a ambos grupos y uno (certificación orgánica) corresponde únicamente al grupo CECO.

De lo indicado en el párrafo anterior se puede deducir que solo en un 18 % de los costos de producción existe diferencia entre los grupos CECO y CESC. Es decir, ambos grupos de análisis prácticamente comparten la misma estructura de costos de producción. Además, la producción promedio de café en kg/ha es muy similar en ambos grupos: 1472,18 kilogramos para el grupo CECO y 1457,28 kilogramos para el grupo CESC. Sin embargo, se encontró que el costo de producción (total) promedio del grupo de análisis CECO es mayor que el grupo CESC (ver el comparativo en la tabla 1).

Al analizar las distribuciones para los cuatro diferentes costos de producción se encontró que no había homogeneidad de varianza y, por la cantidad de datos, la distribución no necesariamente sería Gausiana, ya que se realizaron cuatro tests de Kruskal-Wallis en el *software* intérprete de manejo matricial de distribución libre OCTAVE (Eaton *et al.*, 2020) con el comando `kruskal_wallis_test.m`. En cuanto a los costos de producción por hectárea, según los datos de los 24 productores cafetaleros entrevistados, se encontró que los costos de producción (total) del grupo CECO son significativamente mayores que el grupo CESC ($p = 0,00045$, $k = 12,313$). Asimismo, tras analizar las tres agrupaciones de costos que conforman

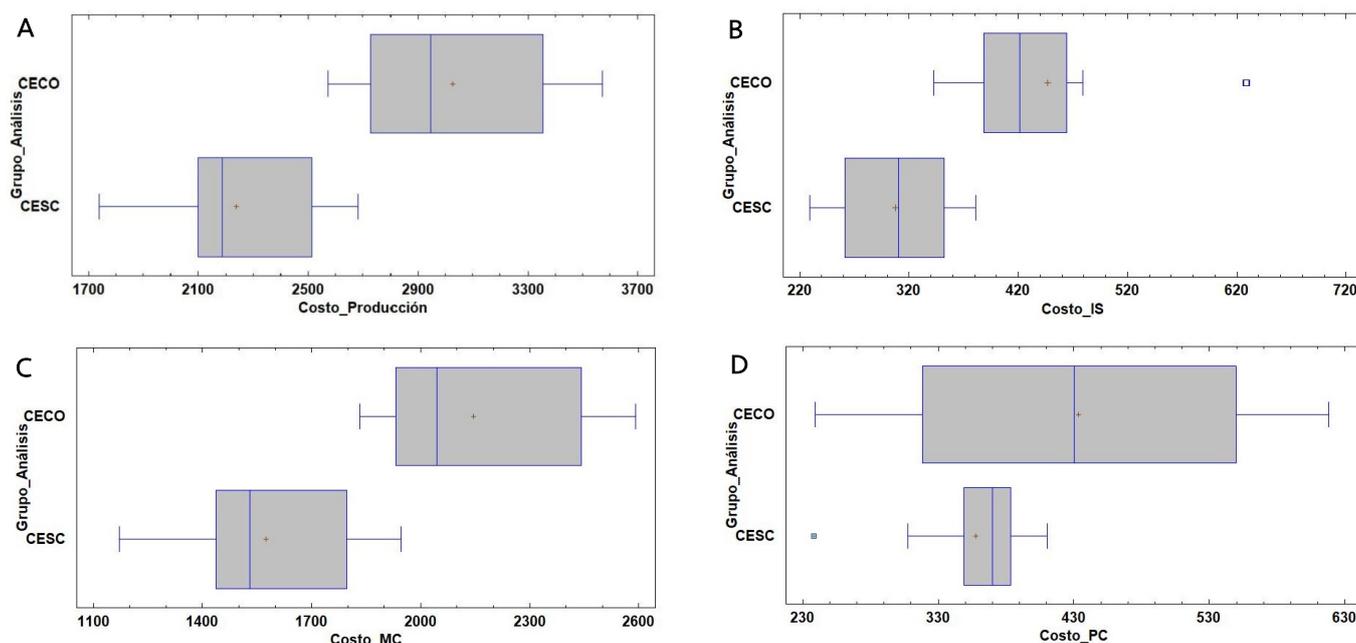


Figura 1. Diferencias de medias entre los grupos de análisis CECO y CESC, tanto para los costos de producción totales por hectárea (A) como para las tres agrupaciones de costos de producción: (i) costos de instalación y siembra (IS) (B), (ii) costos de cultivo de mantenimiento y cosecha (MC) (C), y (iii) costos de poscosecha (PC) (D). Valor del eje x en USD.

el costo de producción, se encontró que los «costos de instalación y siembra» con $p = 0,0002$ ($k = 13,888$) y los «costos de cultivo de mantenimiento y cosecha» con $p = 0,00037$ ($k = 12,698$); en ambas agrupaciones de costos el grupo de análisis CECO fue significativamente mayor que el grupo de análisis CESC. Sin embargo, en cuanto a los «costos de poscosecha» con $p = 0,31410$ ($k = 1,0134$), no hubo diferencia significativa entre ambos grupos de análisis (figura 1).

Ahora bien, al analizar los costos de producción promedio de los grupos de análisis CECO y CESC, se encontró que en ambos grupos de análisis la distribución proporcional de las agrupaciones de costos respecto al costo de producción total son similares. Los «costos de instalación y siembra» representan el 15 %, los «costos de poscosecha» representan el 15 %, y el 70 % se concentra en los «costos de cultivo de mantenimiento y cosecha». A continuación, para un mejor cotejo se presenta un comparativo de las agrupaciones de costos (tabla 1).

Como complemento a lo mostrado en la tabla 1, a fin de encontrar información más precisa que sirva para la toma de decisiones de los agricultores o inversionistas, en este estudio se realizó una comparación individual de las variables de costo en cada agrupación de costos, a fin de identificar las que hacían la mayor diferencia. En cuanto a los «costos de instalación y siembra» se encontró una importante diferencia en la compra de «insumos para la nutrición del cafetal»: el grupo CECO gasta USD 229,98 (S/ 798,05), que representan el 7,72 % de su costo de producción, mientras que el grupo CESC gasta solo USD 102,14 (S/ 354,43), que representan el 4,66 % de su

Tabla 1. Comparativo de costos promedio según grupo de análisis y agrupación de costo (para una hectárea de cafetal)

Grupo de análisis	Costos de instalación y siembra (USD)	Costos de cultivo de mantenimiento y cosecha (USD)	Costos de poscosecha (USD)	Costos de producción (total) (USD)
CECO	442,12 (S/ 1534,17)	2120,05 (S/ 7356,57)	416,88 (S/ 1446,57)	2979,05 (S/ 10 337,31)
CESC	303,52 (S/ 1053,20)	1539,53 (S/ 5342,18)	349,19 (S/ 1211,68)	2192,24 (S/ 7607,06)

costo de producción. Así también, dentro de los «costos de cultivo de mantenimiento y cosecha» se encontró que la principal diferencia de costo está en la compra de «materiales e insumos para cultivo de mantenimiento y cosecha». Así, el grupo CECO gasta un promedio de USD 664,33 (S/ 2305,24) y el grupo CESC gasta un promedio de USD 294,97 (S/ 1023,55). La mayor parte de estos costos corresponde a insumos para la nutrición del cultivo (89 % para el grupo CECO y 93 % para el grupo CESC).

Adicionalmente a lo antes indicado, respecto del análisis de los costos de producción se encontró que los costos de mano de obra (MOD) vinculados a los grupos de costos de cultivo de mantenimiento y cosecha, así como de los costos de poscosecha, para el grupo CECO es de USD 1449,82 (S/ 5030,87), que representan el 49 % de su costo de producción, y para el grupo CESC es de USD 1344,72 (S/ 4666,17), que representan el 61 % de su costo de producción.



Del análisis de rentabilidad

En cuanto a calidad de su producción, la cual está estrechamente vinculada a los precios, se encontró que el grupo CECO tuvo un 82 % de su producción en café especial, 15 % en café limpio, 2 % en café de tercera y 1 % en café de descarte. Por su parte, el grupo CESC tuvo 57 % de su producción en café especial, 38 % en café limpio, 5 % en café de tercera y 1 % en café de descarte. Las diferencias en cuanto a la proporción de café especial pueden estar vinculadas a que, según información colectada en campo, los productores con certificación orgánica (CECO) ya vienen por un proceso de varios años para producir cafés especiales, mientras que los productores del grupo CESC generalmente son agricultores nuevos en la producción de cafés especiales y que están en mejora gradual.

Como un indicador previo a los indicadores de rentabilidad se determinó el punto de equilibrio en número de unidades producidas (kg) y en ventas (USD). Los datos base determinados para el grupo CECO determinaron que los costos y gastos fijos totales fueron de USD 796,16 (S/ 2762,68), el precio de venta promedio por kilogramo fue de USD 2,64 (S/ 9,15), los costos y gastos variables por kilogramo fueron de USD 1,56 (S/ 5,40). Por su parte, para el grupo CESC los costos y gastos fijos totales fueron de USD 486,68 (S/ 1688,77), el precio de venta promedio por kilogramo fue de USD 2,57 (S/ 8,92), y los costos y gastos variables por kilogramo fueron de USD 1,27 (S/ 4,42). Como detalle adicional, se encontró que los precios promedio de venta en USD, según calidad, de café especial, café limpio, café de tercera y café de descarte, fueron para el grupo CECO de 2,84, 1,88, 1,10 y 0,65, respectivamente, y para el grupo CESC fueron de 3,12, de 1,88, de 1,76, y de 0,52, respectivamente.

Asimismo, para determinar los indicadores de rentabilidad indicados en la metodología se establecieron los datos base, que son los siguientes:

Para el grupo CECO:

- a. La utilidad bruta fue de USD 901,19 (S/ 3127,13)
- b. La utilidad operativa fue de USD 809,13 (S/ 2807,68)
- c. La utilidad neta fue de USD 728,22 (S/ 2526,91)
- d. Ventas (ingresos) netos de USD 3880,24 (S/ 13 464,44)

Por su parte, para el grupo CESC:

- a. La utilidad bruta fue de USD 1551,76 (S/ 5384,60)
- b. La utilidad operativa fue de USD 1402,87 (S/ 4867,95)
- c. La utilidad neta fue de USD 1262,58 (S/ 4381,15)
- d. Ventas (ingresos) netos de USD 3744,00 (S/ 12 991,67)

Teniendo en cuenta la determinación de los datos antes indicados se obtuvo el punto de equilibrio y los indicadores de rentabilidad según los resultados que se muestran en la tabla 2.

De acuerdo con los resultados de la tabla 1 y los datos antes presentados, el grupo CESC resultó más rentable que el grupo CECO en todos los indicadores, considerando que el promedio de producción en quintales (Qq) por hectárea es muy similar entre ambos grupos, que el precio promedio de venta del café del grupo CECO es alrededor de USD 15 superior al precio de venta promedio del café del grupo CESC y que el grupo CECO tuvo un 25 % más de su producción en café especial (mayor precio de mercado) que el grupo CESC.

Finalmente, en el análisis de sensibilidad, tras analizar la variación de la utilidad neta respecto de una variación o afectación en el precio de venta promedio del lote de café especial, y aplicar la fórmula propuesta en la metodología, se determinó la curva de comportamiento para los dos grupos de análisis según lo que se muestra en la figura 2.

Cabe precisar que el precio de venta promedio por kilogramo del café especial mayor 83 puntos en taza para este estudio se determinó en USD 2,84 (S/ 9,85) para el grupo CECO y USD 3,12 (S/ 10,81) para el grupo CESC. Así, de lo presentado en la figura 2 se puede entender que el grupo de análisis CECO es el más sensible a una

Tabla 2. Punto de equilibrio e indicadores de rentabilidad por cada grupo de análisis por hectárea de cafetal

Indicador	Grupo CECO	Grupo CESC
Punto de equilibrio en unidades (P. E. U.)	737,47 kg	735,36 kg
Punto de equilibrio en ventas (P. E. V.)	USD 1943,48 (S/ 6743,87)	USD 964,32 (S/ 3346,18)
Rentabilidad de las ventas	0,19	0,34
Margen de utilidad (bruta)	0,23	0,41
Margen operacional	0,21	0,37
Ratio beneficio/costo	1,30	1,71

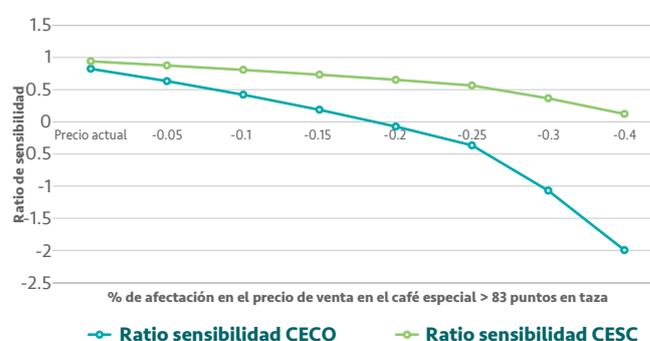


Figura 2. Curva de comportamiento del ratio de sensibilidad por el efecto en la reducción del precio de venta promedio del lote de café especial.

reducción de precios en el lote de café especial, para una rentabilidad neta positiva, ya que soporta solo hasta un 15 % de reducción en el precio de venta de este lote de café, mientras que el grupo CESC es el menos sensible, pues en el mismo caso soporta una reducción del precio de hasta un 40 %.

Discusión

Sobre los costos de producción

Los resultados mostrados muestran que las fincas cafetaleras del grupo de análisis CECO tienen un mayor costo de producción que las fincas del grupo CESC (convencional), lo que confirma nuestra hipótesis 1. Esto, a su vez, guarda relación con otros estudios realizados en Nicaragua, Perú, Nepal (Beuchelt y Zeller, 2011; Laura, 2013; Poudel *et al.*, 2015), aun cuando los trabajos citados hacen un análisis general de fincas en sistema orgánico y convencional y no analizan exclusivamente a fincas que producen «café especiales». De lo encontrado y mostrado en los resultados del presente estudio, la principal diferencia en los costos se vincula a la compra de insumos para nutrición del cafetal (abonos orgánicos o fertilizantes), en los que los cafetaleros orgánicos gastan hasta dos veces más que los cafetaleros convencionales que también producen cafés especiales. Este elevado costo en la compra de insumos para la nutrición del café en las fincas orgánicas puede estar vinculado a la compra de productos orgánicos. Tal es el caso del guano de islas como fuente principal de nitrógeno, según lo declarado por los agricultores, cuyo costo en ocasiones puede estar cercano al costo de la urea, usada como fuente nitrogenada para la producción convencional. El guano de isla es un producto apto para producción orgánica, que es promovido y apoyado por las políticas peruanas en los planes de fertilización de cafetales orgánicos (Minagri, 2013). Sin embargo, la concentración de nitrógeno del guano de isla es de 10 %-12 %, mientras que en la urea es de 46 %; es decir, se necesitarían cuatro kilogramos de guano de isla para igualar a un kilogramo de urea. Al respecto, en fincas cafetaleras en Nepal se encontró que el gasto en la compra de fertilizantes para las fincas orgánicas fue tres veces mayor que para las convencionales (Poudel *et al.*, 2015).

Por tanto, los costos vinculados a la nutrición del cafetal (fertilización) es la principal causa que eleva los costos de manera significativa en la producción orgánica de cafés especiales, ante lo cual se hace necesario la investigación y el desarrollo de tecnologías que busquen optimizar la fertilización orgánica para reducir sus costos de producción, como ocurre en la elaboración y el uso de abonos orgánicos, biol, biofertilizantes, biocontroladores, entre otras tecnologías (Núñez, Santillana y Zúñiga, 2005; Garavito y Gomero, 2020). Así también, los resultados de este estudio evidencian que la caficultura en la zona de análisis es muy dependiente de la mano de obra, lo cual puede afectar incluso la rentabilidad cuando se tienen

dificultades de oferta de mano de obra en épocas de cosechas. De acuerdo con lo indicado por los productores, el café cerezo debe ser colectado de la planta en una ventana corta de tiempo, luego de la cual la cereza se seca y cae. Ello necesita ser investigado a mayor detalle.

Sobre la rentabilidad

En todos los indicadores de rentabilidad analizados y mostrados en los resultados de este estudio (punto de equilibrio, rentabilidad de las ventas, margen de utilidad, margen operacional, ratio beneficio/costo) se encontró que el grupo de análisis CECO es menos rentable que el grupo de análisis CESC, lo que refuta lo planteado en nuestra hipótesis 2. Esto, a su vez, tiene su razón en los altos costos de producción de los productores orgánicos entrevistados, a pesar de que el grupo CECO tuvo mayor proporción de su producción en el lote especial, que corresponde al lote de café con el mayor precio de venta en el mercado (local, nacional o internacional), ya que, según lo encontrado en este estudio, el precio de ventas de estos cafés en el mercado local alcanza precios de 50 % más que un café limpio (70 a menos de 83 puntos en taza). Esto guarda relación con un estudio realizado en Nepal, donde se encontró que las fincas convencionales tenían mejores márgenes de ganancia que las orgánicas (Poudel *et al.*, 2015). Otro estudio realizado en Nicaragua muestra que las familias con fincas orgánicas certificadas, a pesar de tener precios de venta mayores que los cafés convencionales, tienen a sus productores por debajo de la línea de pobreza, puesto que su rentabilidad es baja. Incluso se encontró que estos productores en el tiempo se han vuelto más pobres que los productores convencionales de la misma zona (Beuchelt y Zeller, 2011). Además, luego del análisis de sensibilidad para la utilidad neta, se determinó que el grupo CECO es altamente sensible a la baja de los precios del café especial, ya que su proporción estaría en sus umbrales máximos en cafés de alta calidad (82 % de su producción es café especial), mientras que el grupo CESC podría aún aumentar sus utilidades, debido a que tienen una brecha por incrementar en cuanto al lote de café especial (actualmente solo un 57 % de su producción se basa en este tipo de café).

Los cafetaleros entrevistados pertenecen a organizaciones de productores (asociaciones o cooperativas); es decir, a diferencia de los no organizados, reciben capacitación y asistencia técnica por parte de sus organizaciones o proyectos gestionados por estas, lo cual facilita la implementación de tecnologías como la fertilización, el manejo poscosecha, entre otras. Esto puede deberse el aparente elevado promedio de producción por hectárea muy similares para ambos grupos, alrededor de 1464 kg/ha (26,5 Qq/ha), lo cual puede ser controvertido con otros resultados donde la productividad de fincas cafetaleras orgánicas es menor a la productividad de las fincas cafetaleras convencionales (Beuchelt y Zeller, 2011). De otro lado, el promedio indica



que la productividad por hectárea en esta zona cafetalera ha ido mejorando con el tiempo. Así, un estudio de 2010 que entrevistó a agricultores organizados en las provincias cafetaleras de Jaén y San Ignacio (ambas en la región Cajamarca, Perú) registró productividades promedio de 18,2 Qq/ha, 19,6 Qq/ha y 24,3 Qq/ha para 2009, 2010 y 2011, respectivamente (Dilas-Jiménez, 2013). Esto también puede estar vinculado a que la provincia de Jaén ha tenido un notable avance en cuanto a proyectos de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i), al ser la segunda provincia en el Perú, después de la provincia de Chanchamayo (Junín), en captar la mayor cantidad de financiamiento en proyectos de I+D+i para el sector cafetalero en los últimos años (Dilas-Jiménez y Cernaqué Miranda, 2017).

De otro lado, si bien el cultivo de cafés con certificación orgánica, a pesar de su especialización en la producción de cafés especiales de alta calidad en taza, no resultó ser más rentable que los cafés especiales sin certificación. Además, al ser altamente dependiente de la volatilidad de los precios de mercado y de la proporción de su producción en el lote de café especial mayor a 83 puntos en taza, este sistema productivo no solo debe ser visto desde el punto de vista económico, sino de otros beneficios que tiene, bajo un enfoque de sustentabilidad de la agricultura (Laura, 2013). Estudios realizados confirman los efectos positivos en el suelo tanto a nivel de almacenamiento de materia orgánica y de macronutrientes, el almacenamiento de carbono, como a nivel de reducción de efectos negativos en la salud de las personas, entre otros beneficios ambientales y sociales (David *et al.*, 2005; Oelofse *et al.*, 2010; Tully, Lawrence y Wood, 2013; Trinh *et al.*, 2020). Asimismo, favorece la diversidad vegetal en la finca y fácilmente puede implementarse bajo sistemas agroforestales (Haggar *et al.*, 2015; Schnabel *et al.*, 2018; Dilas-Jiménez and Mugruza-Vassallo, 2020). En este sentido, el cultivo de café orgánico en el Perú debe ser analizado a mayor detalle (Dilas-Jiménez y Mugruza-Vassallo, 2020) y apoyado con políticas públicas de largo plazo, dado que este país es el segundo exportador mundial de café orgánico después de México (Minagri, 2020). De este modo, la certificación orgánica no limita que los pequeños agricultores obtengan mejor rentabilidad de sus cultivos, al estar restringidos del uso de productos de origen sintético, de acuerdo con lo vertido al respecto por Barham y Weber (2012) en evaluaciones de la sostenibilidad de la certificación del café en México y el Perú.

En concordancia con los resultados, la calidad en taza y la eficiencia en los costos de producción son los factores

más importantes para asegurar la sostenibilidad en el mediano y largo plazo de los cafetales. A su vez, pueden promoverse otros sistemas de certificación alternativos a la certificación orgánica, como el de Rainforest Alliance, que fijan criterios adecuados para el cuidado de la naturaleza y la sostenibilidad ambiental y social (Barham y Weber, 2012).

Conclusiones

La rentabilidad de las fincas que producen cafés especiales con certificación orgánica (CECO) es significativamente menor que la rentabilidad de las fincas que producen cafés especiales sin certificación (CESC), lo cual está estrechamente vinculado a los altos costos de producción del café orgánico, puntualmente los costos vinculados a la nutrición del cafetal (fertilización), y, por tanto, se hace necesario el desarrollo de tecnologías que optimicen estos costos.

Adicionalmente, se encontró que el café especial con certificación orgánica es altamente susceptible al cambio de precios de mercado, lo cual complica aún más su rentabilidad en el mediano y largo plazo. Por ese motivo, se requiere que las políticas de Estado no solo promuevan los cultivos orgánicos, sino que se provea de tecnologías, servicios tecnológicos u otras estrategias que den el soporte para dar la viabilidad, dada su importancia en la sostenibilidad ambiental y social.

Contribución de autoría

JD-J se encargó del diseño inicial del estudio, la asesoría técnica y de la preparación del artículo. DZ-R se encargó de la ejecución experimental del proyecto, así como del registro y sistematización de datos. MA-A se encargó de la asesoría técnica y supervisión en el desarrollo de la fase de campo. DA-T se encargó de la búsqueda de revisión bibliográfica, la introducción y aportes en el análisis de resultados. CAM-V realizó aportes en el cálculo estadístico, población y muestra (para el diseño), revisó el manuscrito y adicionó bibliografía. Todos los autores aprobaron la versión final del texto.

Fuente de financiamiento

Este trabajo fue autofinanciado.

Potenciales conflictos de interés

Los autores declaran que no existe ningún conflicto de interés.

Referencias bibliográficas

- Arcila P., J. et al. (2007).** *Sistemas de producción de café en Colombia*. Chinchiná: Federación Nacional de Cafeteros de Colombia y Cenicafe. Disponible en: https://www.cenicafe.org/es/publicaciones/sistemas_de_produccion.pdf
- Barham, B. L. y Weber, J. G. (2012).** «The economic sustainability of certified coffee: Recent evidence from Mexico and Peru». *World Development*, 40(6), pp. 1269-1279. DOI: 10.1016/j.worlddev.2011.11.005.
- Bertrand, B. et al. (2012).** «Climatic factors directly impact the volatile organic compound fingerprint in green Arabica coffee bean as well as coffee beverage quality». *Food Chemistry*, 135(4), pp. 2575-2583. DOI: 10.1016/j.foodchem.2012.06.060.
- Beuchelt, T. D. y Zeller, M. (2011).** «Profits and poverty: Certification's troubled link for Nicaragua's organic and fairtrade coffee producers». *Ecological Economics*, 70(7), pp. 1316-1324. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2011.01.005.
- Cochran, W. G. y William, G. (1977).** *Sampling techniques*. Nueva York: John Wiley & Sons.
- Dagogo, D. W. (2014).** «Degree of operating leverage, contribution margin and the risk-return profile of emerging companies: Evidence from Nigeria». *International Journal of Economics and Finance*, 6(12). DOI: 10.5539/ijef.v6n12p148.
- Daniel, W. (1999).** *Bioestadistics: A foundation for analysis in the health sciences*. Nueva York: John Wiley & Sons.
- David, P. et al. (2005).** «Environmental, energetic, and economic comparisons of organic and conventional farming systems». *BioScience*, 55(7), pp. 573-582. Disponible en: [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2005\)055\[0573:EEAECO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2005)055[0573:EEAECO]2.0.CO;2)
- De Souza, H. N., De Graaff, J. y Pulleman, M. M. (2012).** «Strategies and economics of farming systems with coffee in the Atlantic Rainforest Biome». *Agroforestry Systems*, 84(2), pp. 227-242. DOI: 10.1007/s10457-011-9452-x.
- Díaz, C. y Meike, C. (2017).** *Línea de base del café en el Perú*. Lima: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Disponible en: https://www.pe.undp.org/content/peru/es/home/library/environment_energy/linea-de-base-del-sector-cafe-en-el-peru.html
- Dilas-Jiménez, J. O. (2013).** *Identificación de oportunidades de innovación tecnológicas en la producción del café en la región Cajamarca* (tesis de maestría). Universidad Peruana Cayetano Heredia, Lima. Disponible en: <http://repositorio.upch.edu.pe/handle/upch/1315>
- Dilas-Jiménez, J. O. y Mugruza-Vassallo, C. (2020).** «Instalación de fincas cafetaleras en sistema agroforestal para recuperación y sostenibilidad de suelos degradados de selva alta». *Revista de Investigación en Agroproducción Sustentable*, 4(1). Disponible en: <http://revistas.untrm.edu.pe/index.php/INDESDOS/article/view/534>
- Dilas-Jiménez, J. O. y Cernaqué Miranda, O. C. (2017).** *El sector cafetalero peruano. Un enfoque a la CTI para su competitividad*. Huancayo: Universidad Continental.
- Domingo, J. (2001).** «Ratios para el análisis de rentabilidad de las cooperativas agrarias andaluzas». *CIRIEC-España. Revista de economía pública, social y cooperativa*, (38), pp. 171-186.
- Donfrancesco, D. et al. (2019).** «Similarities and differences in sensory properties of high quality Arabica coffee in a small region of Colombia». *Food Research International*, 116, pp. 645-651. DOI: 10.1016/j.foodres.2018.08.090.
- Eaton, J. W. et al. (2020).** *GNU Octave version 5.1.0 manual: a high-level interactive language for numerical*. Disponible en: https://octave.org/doc/v5.1.0/?fbclid=IwAR2cX_HvW52C8B86MdB6bG39Gd81QwrKwSEVrxS-EBNa-1MAVm8xjlfQ4g
- Friberg, R. y Sanctuary, M. (2018).** «Market stealing and market expansion: an examination of product introductions in the organic coffee market». *Environmental Economics and Policy Studies*, 20(2), pp. 287-303. DOI: 10.1007/s10018-017-0194-5.
- Garavito, O. y Gomero, L. (2020).** «Relación entre la producción de biogás y biol a partir de restos de trucha y estiércol vacuno». *South Sustainability*, 1, pp. 1-8. DOI: 10.21142/ss-0101-2020-008.
- Giovannucci, D., Byers, A. y Liu, P. (2008).** «Adding value: Certified coffee trade in North America». *Munich Personal RePEc Archive*, pp. 33-49. Disponible en: <http://mpra.ub.uni-muenchen.de/17174/>
- Haggard, J. et al. (2015).** «Tree diversity on sustainably certified and conventional coffee farms in Central America». *Biodiversity and Conservation*, 24(5), pp. 1175-1194. DOI: 10.1007/s10531-014-0851-y
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) (2014).** *Características socioeconómicas del productor agropecuario en el Perú. IV Censo Nacional Agropecuario 2012*. Lima: INEI. Disponible en: https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1177/libro.pdf.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) (2020).** *IV Censo Nacional Agropecuario 2012. Sistema de consulta de resultados censales. Cuadros estadísticos*. Lima: INEI. Disponible en: <http://censos.inei.gov.pe/cenagro/tabulados/>
- Juárez, G. D. y Akaki, P. P. (2013).** «Evaluación de la conversión a café orgánico usando la metodología de opciones reales». *Contaduría y Administración*, 58(1), pp. 87-115. DOI: 10.1016/s0186-1042(13)71199-9.
- Julca-Otiniano, A. et al. (2018).** «Behavior of three cultivars of coffee (Catimor, Colombia and Costa Rica 95) in the valley of el Perené, Junín, Perú». *Chilean Journal of Agricultural and Animal Sciences*, 34(3), pp. 205-215. DOI: 10.4067/S0719-38902018005000504.
- Laura S., A. B. (2013).** «Evaluación de la sustentabilidad de la producción orgánica el café a través de la medición de eficiencia económica con variables ambientales». *Natura@economía*, 1(2), p. 91. DOI: 10.21704/ne.v1i2.1424.
- Medina, F. y Galván, M. (2007).** *Imputación de datos: teoría y práctica. Estudios estadísticos y prospectivos*. Santiago de Chile: Cepal. Disponible en: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/4755/S0700590_es.pdf
- Ministerio de Agricultura y Riego (Minagri) (2013).** «Resolución Ministerial 0293-2013-MINAGRI, que aprueba el Plan Nacional de Acción de Reducción de la Incidencia y Severidad de la «Roya Amarilla del Cafeto» *Hemileia vastatrix*. Plan Nacional Contra la Roya Amarilla». Lima, Perú. Disponible en: https://www.peru.gob.pe/normas/docs/RM_0293_2013_MINAGRI.pdf
- Ministerio de Agricultura y Riego (Minagri) (2020).** *Situación actual del café en el país*. Lima, Perú. Disponible en: <http://minagri.gob.pe/portal/485-feria-scaa/10775-el-cafe-peruano>
- Ministerio de Comercio Exterior y Turismo (Mincetur) (2017).** *Reporte regional de comercio. Cajamarca. Junio, 2017*. Disponible en: https://www.mincetur.gob.pe/wp-content/uploads/documentos/comercio_exterior/estadisticas_y_publicaciones/estadisticas_reporte_regional/RRC_Cajamarca_2017.pdf
- Núñez, M., Santillana, N. y Zúñiga, D. (2005).** «Evaluación de cuatro cepas de *Rhizobium* en *Vicia faba* L. var. rojo Mantaro en condiciones de campo». *Naturaleza y Desarrollo*, 3(2), pp. 41-47.
- Oelofse, M. et al. (2010).** «Certified organic agriculture in China and Brazil: Market accessibility and outcomes following adoption». *Ecological Economics*, 69(9), pp. 1785-1793. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2010.04.016.
- Osie, M. et al. (2020).** «Trade-offs between benefits and costs of forest proximity: farmers' practices and strategies regarding tree-crop integration and ecosystem disservices». *Ecology and Society*, 25(4). DOI: <https://doi.org/10.5751/ES-12100-250436>.



- Penttinen, M., Rummukainen, A. y Mikkola, J. (2011).** «Profitability, liquidity and solvency of wood harvesting contractors in Finland». *Small-scale Forestry*, 10(2), pp. 211-229. DOI: [10.1007/s11842-010-9143-x](https://doi.org/10.1007/s11842-010-9143-x).
- Poudel, K. L. et al. (2015).** «Comparing technical efficiency of organic and conventional coffee farms in rural hill region of Nepal using data envelopment analysis (DEA) approach». *Organic Agriculture*, 5(4), pp. 263-275. DOI: [10.1007/s13165-015-0102-x](https://doi.org/10.1007/s13165-015-0102-x).
- Rashtbari, A. et al. (2019).** «Evaluation of the prevalence of generalized anxiety disorder and its association with worry in students of Zanjan University of Medical Sciences article info abstract». *Journal of Medical Education Development*, 12(36), pp. 25-30. Disponible en: <https://beheshti.zums.ac.ir/edujournal/article-1-1224-en.pdf>
- Schnabel, F. et al. (2018).** «Shade trees: a determinant to the relative success of organic versus conventional coffee production». *Agroforestry Systems*, 92(6), pp. 1535-1549. DOI: [10.1007/s10457-017-0100-y](https://doi.org/10.1007/s10457-017-0100-y).
- Trinh, L. T. K. et al. (2020).** «Comparative life cycle assessment for conventional and organic coffee cultivation in Vietnam». *International Journal of Environmental Science and Technology*, 17(3), pp. 1307-1324. DOI: [10.1007/s13762-019-02539-5](https://doi.org/10.1007/s13762-019-02539-5).
- Tully, K. L., Lawrence, D. y Wood, S. A. (2013).** «Organically managed coffee agroforests have larger soil phosphorus but smaller soil nitrogen pools than conventionally managed agroforests». *Biogeochemistry*, 115(1-3), pp. 385-397. DOI: [10.1007/s10533-013-9842-4](https://doi.org/10.1007/s10533-013-9842-4).
- Vellema, W. et al. (2015).** «The effect of specialty coffee certification on household livelihood strategies and specialisation». *Food Policy*, 57, pp. 13-25. DOI: [10.1016/j.foodpol.2015.07.003](https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2015.07.003).
- Więcek, D. y Więcek, D. (2018).** «Production cost of machine elements estimated in the design phase». En Burduk, A. y Mazurkiewicz, D. (Eds.), *Intelligent systems in production engineering and maintenance- ISPEM 2017* (pp. 380-391). DOI: [10.1007/978-3-319-64465-3_37](https://doi.org/10.1007/978-3-319-64465-3_37).
- Yuan, Y. et al. (2017).** «Economic profitability of tilapia farming in China». *Aquaculture International*, 25(3), pp. 1253-1264. DOI: [10.1007/s10499-017-0111-8](https://doi.org/10.1007/s10499-017-0111-8).