UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

División de Ciencias Económico-Administrativas

Maestría en Ciencias en Economía Agrícola y de los Recursos Naturales

FACTORES PRODUCTIVOS Y AGROECOLÓGICOS ASOCIADOS AL INGRESO DE PRODUCTORES CAFETALEROS EN HUITZILAN DE SERDÁN, PUEBLA

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA Y DE LOS RECURSOS NATURALES

PRESENTA:

CARLOS FRANCISCO LÓPEZ ROJAS

BAJO LA SUPERVISIÓN DE

DR. ALBERTO GALLEGOS DAVID.

Chapingo, Texcoco, Méx., noviembre de 2026

FACTORES PRODUCTIVOS Y AGROECOLÓGICOS ASOCIADOS AL INGRESO DE PRODUCTORES CAFETALEROS EN HUITZILAN DE SERDÁN, PUEBLA

Tesis realizada por **Carlos Francisco López Rojas** bajo la supervisión del Comité Asesor indicado, aprobado por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA Y DE LOS RECURSOS NATURALES

DIRECTOR: _____
Dr. Alberto Gallegos David

ASEOR: _____
Dr. Francisco Pérez Soto

ASESOR: _____
Dra. Diana América Reyna Izaguirre

ASESOR: _____
Dr. Andrés Aurelio Santiago López

CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS iii
DEDICATORIA iv
AGRADECIMIENTOS v
RESUMEN GENERAL vii
GENERAL ABSTRACT viii
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN GENERAL 8
1.1 Planteamiento del problema 9
1.2 Antecedentes 11
1.3 Justificación 12
1.4 Hipótesis 13
1.5 Objetivos 14
1.5.1 Objetivo general 14
1.5.2 Objetivos específicos 14
1.6 Estructura del documento 14
CAPÍTULO 2. REVISIÓN DE LITERATURA 16
2.1 Pequeña producción cafetalera y economía de la producción 16
2.2 Ingreso bruto por venta de café y desempeño económico de la unidad productiva 17
2.3 Factores estructurales de la unidad cafetalera. 18
2.4 Factores agroecológicos 20
2.5 Composición varietal del cafetal 21
2.6 Sanidad del cafetal 23
2.7 Renovación del cafetal: transición productiva y horizonte temporal 24
2.8 Capacitación, asistencia técnica y gasto realizado 26
2.9 Enfoques empíricos para analizar resultados cafetaleros 27
2.10 Literatura citada 29

CAPÍTULO 3. FACTORES PRODUCTIVOS Y AGROECOLÓGICOS ASOCIADOS AL INGRESO DE PRODUCTORES CAFETALEROS EN HUITZILAN DE SERDÁN, PUEBLA 32
3.1 Resumen 32
3.2 Abstract 33
3.3 Introducción 34
3.4 Metodología 37
3.5 Resultados 41
Análisis estadístico 41
3.6 Discusión de resultados 43
3.7 Conclusiones 49
3.8 Referencias 50
CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES GENERALES 53
CAPÍTULO 5. LITERATURA CITADA 57

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Variables incluidas en el modelo 41

Cuadro 2. Estimación del modelo de Mínimos Cuadrados Ordinarios 42

Cuadro 3. Estadísticos de ajuste y diagnóstico del modelo 42

DEDICATORIA

A mis padres, por ser el lugar al que siempre he podido volver. A mi mamá, de manera especial, por permanecer a mi lado en una de las etapas más difíciles de mi vida, por su amor, paciencia y apoyo incondicional, y por darme fortaleza cuando parecía complicado encontrar nuevamente el rumbo. A mi papá, por todo lo que su presencia, trabajo y experiencia han aportado a mi formación. Este logro también lleva una parte de ustedes.

A mis hermanos, porque cada uno, desde su propia forma de estar presente, ha formado parte de mi vida. A Erick, especialmente, por el apoyo que me brindó durante estos últimos años, por tenderme la mano en momentos difíciles y por acompañarme cuando más lo necesité. Más allá de nuestras diferencias, valoro profundamente lo que has hecho por mí y lo que hemos compartido como hermanos.

A Andrés, por su apoyo, por las conversaciones, por compartir conocimientos y experiencias, para encontrar dirección. Tu acompañamiento forma parte importante de lo que significó para mí transitar esta maestría y llegar hasta este momento.

Finalmente, dedico este trabajo a la persona que fui cuando comenzó este proceso y a la que logró llegar hasta aquí. Esta maestría inició en un periodo complejo, marcado por la necesidad de comenzar de nuevo. Con el tiempo se convirtió también en un espacio para aprender, recuperar confianza, construir nuevas relaciones y reencontrar un propósito profesional. Concluir esta tesis representa, por ello, mucho más que terminar un grado académico: representa haber continuado caminando aun cuando el camino no era claro.

AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría de Ciencias, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI), por el apoyo otorgado mediante la beca de posgrado que hizo posible mi formación en la Maestría en Ciencias en Economía Agrícola y de los Recursos Naturales y el desarrollo de la presente investigación.

A la Universidad Autónoma Chapingo y a la División de Ciencias Económico-Administrativas, por brindarme la oportunidad de continuar mi formación académica y por los conocimientos, experiencias y herramientas adquiridos durante este proceso.

Mi reconocimiento y agradecimiento a la organización de productores cafetaleros de Huitzilan de Serdán que participó en la investigación.

Al Dr. Alberto Gallegos David, director de esta tesis, por asumir la conducción del trabajo en una etapa de transición y por sus observaciones y acompañamiento académico hasta la conclusión de la investigación.

Al Dr. Francisco Pérez Soto, a la Dra. Diana América Reyna Izaguirre y, de manera especial, al Dr. Andrés Aurelio Santiago López, integrantes de mi comité asesor, por el tiempo dedicado a la revisión de este trabajo, sus observaciones académicas y las aportaciones que contribuyeron a fortalecer la investigación desde distintas perspectivas.

A los profesores de la Maestría en Ciencias en Economía Agrícola y de los Recursos Naturales, y particularmente al Dr. Miguel Damián, por compartir sus conocimientos y experiencias.

DATOS BIOGRÁFICOS



Datos personales
Nombre: Carlos Francisco López Rojas
Lugar de nacimiento: San Cristóbal de las Casas, Chiapas
Fecha de nacimiento: 30 de septiembre de 1985
Profesión: Ingeniero Agroindustrial
Cédula profesional: 15779033

Formación académica
Preparatoria: Bachillerato Único, área de Ciencias Económico-Administrativas, Preparatoria Particular “Ofelia Narváez Rincón”, Chiapas, 2000–2003.
Licenciatura: Ingeniería Agroindustrial, Universidad Autónoma Chapingo, 2004–2009. Título profesional obtenido en 2024.
Maestría: Maestría en Ciencias en Economía Agrícola y de los Recursos Naturales, Universidad Autónoma Chapingo, 2024–2026.

Formación complementaria
Formación en inteligencia artificial generativa aplicada a la metodología de investigación, CIDAM, 2025.
Capacitación en sistemas de información estadística y geográfica, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2025.
Curso sobre modelos de experimentos de elección, CREDA-UPC-IRTA, 2026.
Formación complementaria en el uso profesional de ChatGPT y Claude como herramientas de apoyo a la investigación y al trabajo académico, 2026.

RESUMEN GENERAL

FACTORES PRODUCTIVOS Y AGROECOLÓGICOS ASOCIADOS AL INGRESO DE PRODUCTORES CAFETALEROS EN HUITZILAN DE SERDÁN, PUEBLA[1]

La pequeña producción cafetalera constituye una actividad económica relevante en Huitzilan de Serdán, Puebla, donde las unidades productivas difieren en recursos, condiciones agroecológicas y decisiones de manejo. Ante la necesidad de comprender cómo estas diferencias se asocian con un resultado económico definido, la investigación respondió a la pregunta sobre los factores productivos, agroecológicos y de manejo asociados con el ingreso bruto anual obtenido por la venta de café cereza. El objetivo fue analizar dichas asociaciones en pequeños productores cafetaleros del municipio. Se realizó un estudio cuantitativo, analítico y de corte transversal con información de 134 unidades de producción cafetalera levantada de octubre de 2024 a junio de 2025. Se estimó un modelo de Mínimos Cuadrados Ordinarios con especificación log-lineal, cuya variable dependiente fue el ingreso bruto anual por venta de café cereza. Las variables explicativas fueron altitud, superficie cultivada, número total de plantas de café reportadas dentro de la superficie cultivada, presencia de Garnica, presencia de Marsellesa, presencia reportada de ojo de gallo, estado actual de renovación y gasto en capacitación. La altitud, la superficie cultivada, el número total de plantas y la presencia de Garnica y Marsellesa presentaron asociaciones positivas y estadísticamente significativas con el ingreso. El estado contemporáneo de renovación del cafetal mostró una asociación negativa estadísticamente significativa. La presencia reportada de ojo de gallo y la realización de gasto en capacitación presentaron asociaciones negativas con evidencia estadística más débil. Estos resultados no identifican efectos causales ni permiten inferir que la renovación sea desfavorable en el largo plazo o que el gasto sea equivalente a capacitación efectiva. Se aporta evidencia económica a escala de pequeño productor y contribuye a reducir parcialmente un vacío empírico y de comparabilidad sobre el ingreso bruto por venta de café cereza. La heterogeneidad observada sugiere considerar conjuntamente las condiciones estructurales, agroecológicas y de manejo para fortalecer diagnósticos y estrategias diferenciadas de acompañamiento en el contexto estudiado. Palabras clave: pequeños productores cafetaleros; ingreso bruto cafetalero; economía de la producción; café cereza; factores agroecológicos; manejo del cafetal.

[1] Tesis de Maestría en Ciencias en Economía Agrícola y de los Recursos Naturales, Universidad Autónoma Chapingo.
Autor: CARLOS FRANCISCO LÓPEZ ROJAS.
Director: DR. ALBERTO GALLEGOS DAVID.

GENERAL ABSTRACT

PRODUCTIVE AND AGROECOLOGICAL FACTORS ASSOCIATED WITH THE INCOME OF COFFEE PRODUCERS IN HUITZILAN DE SERDÁN, PUEBLA[2]

Smallholder coffee production is an economically relevant activity in Huitzilan de Serdán, Puebla, where production units differ in resources, agroecological conditions, and management decisions. Given the need to understand how these differences are associated with a defined economic outcome, this research addressed the question of which production, agroecological, and management factors are associated with annual gross income from coffee cherry sales. Its objective was to analyse these associations among coffee smallholders in the municipality. A quantitative, analytical, cross-sectional study was conducted with information from 134 coffee production units collected from October 2024 to June 2025. An Ordinary Least Squares model with a log-linear specification was estimated, with annual gross income from coffee cherry sales as the dependent variable. The explanatory variables were altitude, cultivated area, the total number of coffee plants reported within the cultivated area, presence of Garnica cultivar / Garnica viriety, presence of Marsellesa, reported presence of ojo de gallo (Mycena citricolor) / American leaf spot, current renovation status, and expenditure on training. Altitude, cultivated area, the total number of coffee plants, and the presence of Garnica and Marsellesa showed positive and statistically significant associations with income. The current coffee plantation renovation status showed a negative and statistically significant association. The reported presence of ojo de gallo and expenditure on training showed negative associations with weaker statistical evidence. These findings do not identify causal effects and do not imply that renovation is unfavourable in the long term or that expenditure is equivalent to effective training. This study provides economic evidence at the smallholder scale and partially contributes to closing an empirical and comparability gap concerning gross income from coffee cherry sales. The observed heterogeneity suggests considering structural, agroecological, and management conditions jointly to strengthen differentiated diagnostics and support strategies in the study context.

Keywords: coffee smallholders; gross coffee income; production economics; coffee cherries; agroecological factors; coffee farm management.

[2] Master in Science Thesis in Agricultural and Natural Resources Economics, Universidad Autónoma Chapingo.

Author: CARLOS FRANCISCO LÓPEZ ROJAS

Advisor: DR. ALBERTO GALLEGOS DAVID

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN GENERAL

El café constituye una actividad agrícola de importancia económica y social en numerosos países productores y mantiene una estrecha relación con la pequeña producción rural. A escala mundial, millones de familias participan en su cultivo y comercialización, mientras que en América Latina una proporción importante de la producción proviene de pequeños productores que desarrollan esta actividad bajo condiciones productivas, ambientales y comerciales diversas. En México, la cafeticultura conserva una amplia presencia territorial y representa una fuente relevante de actividad económica e ingreso para numerosas unidades familiares de producción, particularmente en regiones montañosas del centro y sur del país.

Las condiciones en que se desarrolla la pequeña cafeticultura no son homogéneas. La superficie cultivada, la población de plantas, la altitud, la composición varietal, la condición fitosanitaria y las decisiones de manejo pueden diferir entre productores aun dentro de un mismo territorio. Estas diferencias pueden relacionarse no sólo con la producción física del cultivo, sino también con los resultados económicos obtenidos mediante su comercialización. Esta situación adquiere especial importancia en municipios cafetaleros como Huitzilan de Serdán, Puebla, donde el cultivo se desarrolla en un entorno de montaña y constituye una actividad estrechamente vinculada con las unidades familiares de pequeña producción.

La investigación aborda la cafeticultura desde una perspectiva económico-productiva y agroecológica y analiza los factores productivos, agroecológicos y de manejo asociados con el ingreso bruto anual obtenido por la venta de café cereza de los pequeños productores cafetaleros de Huitzilan de Serdán, Puebla. Esta delimitación permite diferenciar el resultado económico estudiado de conceptos como rendimiento, productividad, ingreso neto, utilidad o rentabilidad, y centra el análisis en el valor monetario obtenido por el productor mediante la comercialización de café cereza. De esta manera, la investigación busca comprender cómo distintas características de la unidad cafetalera se encuentran

asociadas con las diferencias de ingreso observadas entre productores que desarrollan una misma actividad dentro de un territorio común.

Para el análisis se utiliza información de 134 unidades de producción cafetalera, correspondiente al ciclo de referencia de octubre de 2024 a junio de 2025, y se estima un modelo de regresión log-lineal mediante mínimos cuadrados ordinarios. El modelo considera la altitud, la superficie cultivada, el número total de plantas de café, la presencia de las variedades Garnica y Marsellesa, la presencia reportada de ojo de gallo, la renovación del cafetal y el gasto en capacitación como características potencialmente asociadas con el ingreso bruto anual por venta de café cereza. La incorporación conjunta de estas variables permite analizar dimensiones estructurales de la unidad productiva, condiciones agroecológicas, composición varietal, situación fitosanitaria y decisiones de manejo dentro de una misma especificación empírica.

Esta aproximación no es atribuir efectos causales a las variables consideradas, sino identificar y cuantificar las asociaciones que presentan en el contexto estudiado; se busca aportar una lectura económica de la pequeña producción cafetalera que articule las características estructurales de las unidades de producción con sus condiciones agroecológicas y decisiones de manejo. Esta perspectiva permite avanzar más allá de una interpretación centrada exclusivamente en la producción o el rendimiento físico y proporciona una base empírica para comprender por qué los productores participan en una misma actividad y territorio pueden obtener resultados económicos diferentes. Precisar estas relaciones constituye, a su vez, un punto de partida para fortalecer el diagnóstico de la cafeticultura local, orientar nuevas preguntas de investigación y generar información útil para el diseño y la evaluación posterior de estrategias diferenciadas de acompañamiento a los pequeños productores.

1.1 Planteamiento del problema

La cafeticultura mexicana se sustenta en una amplia base de pequeña producción. El estudio sobre la cadena de valor del café en México identifica alrededor de 545 mil productores y una superficie media de 1.88 hectáreas

dedicada al cultivo, lo que confirma la relevancia de unidades con recursos y condiciones productivas heterogéneas (Committee on Sustainability Assessment [COSA], 2025). En Huitzilan de Serdán, el café cereza ocupó 1,775 hectáreas cosechadas y registró 7,277.50 toneladas al 31 de diciembre de 2024, por lo que el cultivo representa una actividad económica central en el municipio (H. Ayuntamiento de Huitzilan de Serdán, 2024).

Las unidades cafetaleras difieren en superficie, número de plantas, condiciones agroecológicas, variedades, sanidad y decisiones de manejo. Estas diferencias se vinculan con procesos de producción y comercialización, pero su relación con los ingresos depende del resultado económico definido y del contexto de la unidad productiva. El ingreso bruto anual por venta de café cereza interesa porque expresa el valor monetario de las ventas antes de descontar costos; por ello, no equivale a rendimiento, productividad, eficiencia técnica, utilidad, rentabilidad, margen ni ingreso total del hogar.

La literatura sobre café ha examinado tecnología, producción, productividad, eficiencia, rentabilidad, agroecología, variedades, sanidad, renovación y capacitación. Los estudios no utilizan una medida homogénea de desempeño y sólo una parte analiza resultados económicos. Permanece limitada la evidencia para estudiar a los pequeños productores, su ingreso bruto anual por venta de café cereza junto con factores productivos, agroecológicos y de manejo.

El estudio se desarrolla en el municipio de Huitzilan de Serdán, Puebla, localizado en la Sierra Norte del estado. La unidad de observación, es la unidad de producción cafetalera; el trabajo de campo incorporó a 134 productores dentro del marco de muestreo municipal. La cobertura corresponde a un muestreo en al ámbito municipal.

La investigación se sitúa en la economía de la producción de pequeños productores cafetaleros mediante una función de ingreso bruto por venta de café cereza, condicionada por factores productivos, agroecológicos y de manejo. Este enfoque permite examinar relaciones entre recursos y características de la unidad, condiciones ambientales agrícolas, decisiones de manejo y el resultado

económico. La economía agrícola, la agroecología, la fitosanidad, el rendimiento productivo, el uso eficiente de los recurso y la rentabilidad, aportan los conceptos y la evidencia para la relación entre ellos, pero no constituyen el objeto central. Este diseño transversal permite interpretar asociaciones condicionadas del ingreso asociada con las variables, sin extender las inferencias más allá de ese alcance.

1.2 Antecedentes

La cafeticultura ocupa un lugar relevante en la economía rural mexicana por su presencia territorial y por la participación de pequeñas unidades productivas. En Puebla, durante 2024 se registraron 225,663.84 toneladas de café cereza; Huitzilan de Serdán aportó 7,277.50 toneladas y un valor de producción de 44,416.84 miles de pesos, cifras que contextualizan la importancia municipal del cultivo sin confundirlas con el ingreso bruto de cada productor (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP], 2024; H. Ayuntamiento de Huitzilan de Serdán, 2024).

El conocimiento acumulado ha abordado la producción y el comercio del café desde distintas escalas y con resultados dependientes diversos. En Cuetzalan, Puebla, Benítez-García et al. (2015) realizaron una caracterización de la producción y la comercialización que incluyó tecnología, modalidades de venta, rendimiento e ingreso de finca. En Puebla y Oaxaca, Jaramillo-Villanueva et al. (2021) analizaron tecnología, rendimiento y relación beneficio-costo mediante encuesta, análisis de varianza y regresión múltiple; posteriormente, Jaramillo-Villanueva et al. (2022) estudiaron la percepción y la adaptación frente al cambio climático con un modelo logit. Estas investigaciones muestran cómo las decisiones productivas, los recursos disponibles y el ambiente se han examinado mediante indicadores físicos, económicos y de adaptación que no son equivalentes entre sí.

Otros autores han descrito productores y plantaciones, evaluado productividad y rentabilidad potencial, o comparado la economía de la producción cafetalera. Vázquez-López et al. (2022) utilizaron un cuestionario descriptivo para

caracterizar productores y plantaciones en Chiapas; Cruz Reyes (2017) examinó productividad y rentabilidad potencial bajo condiciones territoriales del trópico mexicano; y Leiva et al. (2024) compararon costos, ingresos y resultados contables de la producción cafetalera entre dos países centroamericanos. En Amatepec, Estado de México, Leguizamo-Sotelo et al. (2024) emplearon entrevistas y análisis descriptivo para examinar producción, ventas e insumos. En conjunto, estas líneas incluyen producción, productividad, eficiencia, ingreso, rentabilidad, agroecología, manejo y condiciones de las unidades cafetaleras, aunque con variables dependientes, escalas y procedimientos distintos.

La diversidad varietal, la sanidad, la renovación y la capacitación también han sido consideradas en estudios y registros sectoriales como dimensiones del manejo del cafetal. El ojo de gallo, asociado con Mycena citricolor, está sujeto a vigilancia fitosanitaria en México, incluido Puebla, lo que permite reconocer la relevancia de la condición sanitaria sin atribuir por sí sola una pérdida monetaria particular a cada unidad (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria [SENASICA], 2016).

1.3 Justificación

El estudio aporta evidencia empírica sobre un resultado económico definido: el ingreso bruto anual por venta de café cereza. Esta delimitación mejora la comprensión de los pequeños productores cafetaleros al distinguir el valor bruto de las ventas del rendimiento, la productividad, la eficiencia técnica, la rentabilidad, la utilidad y el ingreso del hogar. Al considerar en un mismo modelo factores productivos, agroecológicos y de manejo, ofrece evidencia territorial para Huitzilan de Serdán sin afirmar una originalidad absoluta ni extender las inferencias más allá de las unidades observadas.

Los pequeños productores cafetaleros, sus organizaciones, técnicos y prestadores de servicios, autoridades municipales y regionales, instituciones relacionadas con la cafeticultura, investigadores y diseñadores de programas de acompañamiento productivo pueden utilizar el conocimiento generado como un insumo para el análisis. La información puede contribuir a identificar factores

asociados con diferencias de ingreso entre unidades, mejorar diagnósticos productivos y orientar preguntas o prioridades de acompañamiento técnico. No resuelve por sí misma los problemas de ingreso ni permite derivar medidas definitivas para todos los productores.

La evidencia también puede apoyar los análisis productivos y servir de base para investigaciones posteriores con seguimientos temporales, mediciones más precisas de las variables de manejo, registros de costos u otros resultados económicos. Su utilidad radica en hacer explícitas las asociaciones observadas en el contexto de Huitzilan de Serdán y en mantener diferenciadas las posibles rutas de análisis, los mecanismos productivos y los resultados económicos que cada investigación mide.

1.4 Hipótesis

Se planteó que el ingreso bruto anual obtenido por la venta de café cereza de los pequeños productores cafetaleros de Huitzilan de Serdán se encuentra asociado con una combinación de factores productivos, agroecológicos y de manejo de la unidad de producción. En particular, se previó que una mayor superficie cultivada estuviera asociada positivamente con el ingreso, al representar una mayor escala productiva, mientras que la presencia reportada de ojo de gallo presentara una asociación negativa, debido a los mecanismos mediante los cuales esta enfermedad puede afectar el desempeño productivo del cafetal. Para la altitud, el número total de plantas, la presencia de las variedades Garnica y Marsellesa, la renovación del cafetal y el gasto en capacitación se planteó la existencia de asociaciones con el ingreso, aunque sin establecer previamente una dirección determinada.

A partir de estas consideraciones, se anticipó que el modelo econométrico permitiera identificar diferencias en la magnitud, dirección y significancia estadística de las asociaciones entre estos factores y el ingreso bruto anual por venta de café cereza.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Analizar los factores productivos, agroecológicos y de manejo asociados con el ingreso bruto anual obtenido por la venta de café cereza de los pequeños productores cafetaleros de Huitzilan de Serdán, Puebla, mediante la estimación de un modelo de regresión log-lineal por mínimos cuadrados ordinarios, con el propósito de identificar las variables que presentan asociaciones estadísticamente significativas y precisar la magnitud y dirección de dichas relaciones.

1.5.2 Objetivos específicos

a) Describir las características productivas, agroecológicas y de manejo correspondientes a las variables consideradas en el estudio de los pequeños productores cafetaleros de Huitzilan de Serdán, con el propósito de establecer el contexto empírico de las unidades de producción analizadas.

b) Estimar un modelo de regresión log-lineal por mínimos cuadrados ordinarios para analizar la asociación del ingreso bruto anual por venta de café cereza con la altitud, la superficie cultivada, el número total de plantas de café, la presencia de las variedades Garnica y Marsellesa, la presencia de ojo de gallo, la renovación del cafetal y el gasto en capacitación.

c) Cuantificar la magnitud, dirección y significancia estadística de las asociaciones estimadas entre los factores productivos, agroecológicos y de manejo y el ingreso bruto anual por venta de café cereza, considerando la naturaleza continua o dicotómica de las variables incluidas en el modelo.

d)Contrastar los resultados obtenidos con la literatura científica relacionada, a fin de precisar el alcance de los hallazgos para el contexto cafetalero de Huitzilan de Serdán.

1.6 Estructura del documento

La tesis se organiza en cuatro capítulos. El Capítulo I, Introducción General, presenta el planteamiento del problema, los antecedentes, la justificación, las

hipótesis, los objetivos, la estructura del documento y las referencias. El Capítulo II, Revisión de Literatura, desarrolla los fundamentos conceptuales y el estado del conocimiento, los factores productivos, agroecológicos, varietales, fitosanitarios y de manejo, los modelos empíricos relacionados y el vacío de investigación. El Capítulo III contiene el artículo científico concluido sobre los factores asociados con el ingreso bruto anual por venta de café cereza de los pequeños productores de Huitzilan de Serdán. El Capítulo IV presenta las Conclusiones Generales.

CAPÍTULO 2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Pequeña producción cafetalera y economía de la producción

La pequeña producción cafetalera puede entenderse como una unidad económica en la que se organizan recursos productivos, trabajo, decisiones de manejo y relaciones de comercialización para obtener resultados físicos y económicos. Esta perspectiva no asimila la pequeña escala a una condición homogénea ni a pobreza: las unidades difieren en su dotación de tierra, plantas, tecnologías, conocimiento, arreglos agroforestales y articulación con los mercados. En los sistemas cafetaleros, además, las decisiones sobre especies, renovación y manejo del dosel pueden responder simultáneamente a objetivos productivos, ecológicos y de medios de vida, por lo que la heterogeneidad debe incorporarse al análisis en lugar de tratarse como una desviación secundaria (Siles et al., 2022).

La evidencia mexicana muestra esa diversidad de configuraciones. En Cuetzalan, la caracterización de las unidades cafetaleras vinculó tecnología, modalidades de venta, rendimiento e ingreso de finca, sin aislar un efecto marginal de la superficie sobre las ventas. En otros contextos de pequeña producción, el tamaño de la unidad, el uso tecnológico y el capital humano se relacionan con rendimiento y relación beneficio-costo; asimismo, las tipologías de cafeticultura reúnen combinaciones de superficie, densidad, rendimiento, ingreso y rasgos socioproductivos. Estos resultados son útiles para reconocer que la estructura y las prácticas se combinan de manera heterogénea, pero no permiten convertir un indicador aislado en determinante universal de un resultado económico (Benítez-García et al., 2015; Jaramillo-Villanueva et al., 2021; Leguizamo-Sotelo et al., 2023).

La economía de la producción proporciona un marco para ordenar esas combinaciones sin confundir sus resultados. La productividad, los costos, los precios, la inversión y el arreglo productivo pueden participar simultáneamente en la formación de distintos resultados económicos, como ingreso bruto, flujo neto o valor presente neto. Los estudios que comparan sistemas de sombra e

intensificación, así como aquellos que siguen los cambios contables de fincas cafetaleras entre años y países, muestran precisamente que dichos resultados son sensibles a combinaciones de productividad, precios, costos e inversión. Por ello, su principal aporte en este apartado es conceptual y comparativo: advierten que los indicadores económicos no son intercambiables y que su interpretación exige identificar con precisión qué resultado se está midiendo (Lalani et al., 2024; Leiva et al., 2024).

Desde esta perspectiva, la unidad cafetalera pequeña debe analizarse como una organización productiva diversa, situada y sujeta a restricciones y decisiones propias. El paso siguiente consiste en precisar el resultado económico específico que interesa a esta tesis. Sólo después de distinguirlo de otras medidas físicas y económicas es posible examinar los factores productivos, agroecológicos y de manejo que se asocian con él.

2.2 Ingreso bruto por venta de café y desempeño económico de la unidad productiva

El resultado económico central de esta tesis es el ingreso bruto anual por venta de café cereza. Se refiere al valor monetario de las ventas de cereza realizadas durante el año, antes de descontar costos de producción, trabajo, financiamiento, renovación o gasto en capacitación. Conceptualmente, este ingreso se vincula con la cantidad efectivamente comercializada y con el precio recibido por ella. La producción física puede constituir una condición necesaria para contar con producto vendible, pero no equivale por sí sola al valor de las ventas: el destino comercial, la proporción vendida y las condiciones de precio también delimitan el resultado económico observado.

Esta definición exige separar medidas que suelen aparecer juntas en la literatura cafetalera. El ingreso neto descuenta erogaciones; la utilidad y la rentabilidad comparan beneficios con costos o inversión; el margen expresa una relación contable particular; y el ingreso total del hogar agrega fuentes que pueden no proceder del café. De forma análoga, rendimiento y productividad expresan resultados físicos, por planta o por superficie, no el valor anual de las ventas. La

distinción también es necesaria cuando se revisan estudios de finca: el ingreso de finca reportado en Cuetzalan y el ingreso bruto de ejercicios contables centroamericanos, y las ganancias de café de hogares nepaleses son resultados económicamente informativos, pero no son equivalentes al ingreso bruto anual por venta de café cereza de un productor de Huitzilan (Benítez-García et al., 2015; Banjade & Atreya, 2021; Leiva et al., 2024).

Los cambios en precios, costos y productividad pueden modificar el desempeño contable de las fincas, mientras que las decisiones de procesamiento y comercialización pueden alterar los ingresos y las ganancias asociados al café. En Uganda, por ejemplo, el procesamiento parcial de cereza a pergamino se asoció con menores ingresos y ganancias de café dentro del contexto examinado. Esta evidencia ilustra que la forma de comercializar el producto puede modificar el valor económico obtenido, pero no autoriza trasladar su magnitud o su signo al mercado de café cereza de Huitzilan. Los análisis de rentabilidad o flujo neto son útiles para comprender restricciones e incentivos, sin sustituir una medición del ingreso bruto (Arslan, 2024; Lalani et al., 2024; Leiva et al., 2024). El ingreso bruto por venta de café cereza es una medida económica acotada que conserva el valor de ventas como resultado de interés, sin confundirse con el rendimiento, la rentabilidad ni el ingreso del hogar. Esta delimitación permite formular la pregunta empírica de la tesis en términos de asociaciones: qué factores productivos, agroecológicos y de manejo se relacionan con ese ingreso dentro de las unidades cafetaleras estudiadas.

2.3 Factores estructurales de la unidad cafetalera.

La estructura física de la unidad cafetalera comprende, entre otros elementos, la superficie cultivada y el número total de plantas que participan en la producción. La superficie expresa la escala territorial sobre la que se combinan plantas, trabajo, tecnologías y prácticas, pero no determina por sí sola el ingreso bruto. Esta forma parte de la diferenciación de productores y de las tipologías productivas, junto con tecnología, rendimiento, ingreso y rentabilidad. Tales asociaciones muestran que la escala organiza capacidades y restricciones, pero

no estiman un efecto marginal aislado de la superficie sobre las ventas anuales de café cereza (Benítez-García et al., 2015; Jaramillo-Villanueva et al., 2021; Leguizamo-Sotelo et al., 2023).

La segunda dimensión es el número total de plantas de café reportadas por el productor dentro de la superficie cultivada. En la especificación de Huitzilan, l_DensidadPlanta no es una medida agronómica calculada por unidad de superficie ni un indicador de espaciamiento. Como el modelo incorpora simultáneamente la superficie cultivada y el número total de plantas, su lectura conceptual es condicional: al comparar unidades con la misma superficie, un número mayor de plantas puede indicar una mayor intensidad relativa de población dentro de esa área. Esta interpretación no transforma la variable observada en una medida directa de competencia, interceptación de luz o rendimiento por hectárea.

La literatura que trabaja con población por hectárea, espaciamiento y tallos puede utilizarse para explicar mecanismos productivos, pero no como si midiera el conteo total. Los ensayos muestran que los resultados dependen del cultivar, el espaciamiento y el horizonte de observación. En café arábica, las consecuencias económicas por hectárea de reducir el espaciamiento variaron según el cultivar; en otro ensayo de largo plazo, una mayor población por superficie elevó el rendimiento inicial, pero el efecto disminuyó posteriormente. *Coffea canephora* una población mayor redujo el rendimiento individual y elevó el rendimiento total por área. Estas relaciones condicionadas impiden sostener una regla lineal según la cual más plantas siempre producen mejores resultados (Espindula et al., 2021; Pereira et al., 2022; Toledo & Barros, 1999).

Los resultados no significativos y las diferencias de medición también deben conservarse. En un ensayo con la variedad Castillo, algunos contrastes entre población por superficie y número de tallos no mostraron diferencias significativas; por tanto, la literatura no respalda una asociación uniforme entre población por superficie y desempeño. La evidencia más próxima al conteo total proviene de Tanzania, donde el número de cafetos se asoció de forma bivariada con categorías de ingreso del hogar. Este resultado no controla simultáneamente

la superficie ni mide el ingreso bruto anual por venta de café cereza. Su utilidad es económica relacionada, no evidencia directa para la variable dependiente de esta tesis (Rendón Sáenz, 2021; Tulyanje et al., 2025).

La superficie cultivada y número total de plantas deben mantenerse como dimensiones distintas de la estructura de la unidad cafetalera. La primera delimita la escala física y la segunda describe el componente arbóreo en producción; ambas permiten plantear una capacidad productiva potencial condicionada por el ambiente, la sanidad y el manejo. El vínculo final con el ingreso bruto exige además que esa capacidad se traduzca en volumen comercializable y valor de ventas. Esta es la conexión conceptual que permite pasar, en los apartados posteriores, de la estructura física hacia las condiciones agroecológicas y de manejo de la cafeticultura.

2.4 Factores agroecológicos

Los factores agroecológicos constituyen condiciones del entorno en las que se desarrolla el cafetal. La altitud no opera de forma aislada: expresa gradientes de temperatura, humedad, radiación y otros rasgos ambientales que se combinan con el manejo y con las características del material vegetal. La fisiología del café muestra que esas condiciones pueden modificar el crecimiento, la fenología y la producción, por lo que la altitud es útil para comprender heterogeneidad productiva, pero no equivale por sí misma a un resultado económico (DaMatta et al., 2007).

La relación entre ambiente y desempeño tampoco es uniforme entre cultivares. En un ensayo sobre Marsellesa realizado por encima de 1,400 msnm, la producción inicial, la respuesta sanitaria y la calidad se evaluaron bajo condiciones de altitud y cultivo específicas; el estudio no midió ingreso. De manera concordante, la evaluación multiambiental de cultivares e híbridos en Nicaragua documenta interacción genotipo-ambiente en rendimiento y calidad. Esto permiten sostener un mecanismo condicionado de adaptación y desempeño agronómico, no un efecto general de la altitud sobre el valor de las ventas (Dilas-Jiménez et al., 2022; Marie et al., 2020).

En Nepal, una regresión de hogares cafetaleros relacionó la elevación con ganancias de café, una medida distinta del ingreso bruto anual por venta de café cereza. En Etiopía, un estudio de fincas pequeñas documentó cambios en los ingresos de café durante un choque climático y mostró que los patrones se vinculaban con elevación, dosel y paisaje. Ambos trabajos analizan contextos, productos y resultados económicos diferentes; por ello, son evidencia económica relacionada y no estimaciones trasladables al caso de esta tesis (Banjade & Atreya, 2021; Morel et al., 2019).

La altitud constituye una condición agroecológica relevante para analizar diferencias entre unidades cafetaleras. Puede vincularse indirectamente con el ingreso bruto si las condiciones ambientales modifican el volumen comercializable, la calidad que recibe reconocimiento en el mercado o la exposición a riesgos productivos. La bibliografía citada no permite afirmar que una mayor altitud incremente siempre el ingreso, ni que exista un signo universal para esa relación.

2.5 Composición varietal del cafetal

La composición varietal del cafetal representa un atributo biológico y productivo que puede modificar la respuesta de la unidad frente al ambiente, la sanidad y el manejo. Su relevancia no proviene de una equivalencia automática entre variedad e ingreso, sino de que los cultivares pueden diferir en producción, calidad, tolerancia y estabilidad bajo condiciones específicas. Por ello, Garnica y Marsellesa deben analizarse como características varietales observadas y no como sustitutos de rendimiento, precio o rentabilidad.

Para Garnica, la evidencia disponible procede principalmente de estudios productivos y de calidad. En Veracruz, se evaluaron veinte cultivares durante varios ciclos y se midieron producción de café cereza por planta, rendimiento industrial y calidad sensorial. Garnica formó parte de la comparación, pero su desempeño no fue uniformemente superior y otros cultivares alcanzaron valores mayores en algunos indicadores. Este resultado respalda la idea de desempeño varietal condicionado, sin medir ingresos ni el valor de ventas de los productores

(López-García et al., 2016). La evidencia sanitaria y poscosecha añade precisiones, pero no sustituye una medición económica. En plantas jóvenes de Puebla, la comparación entre Garnica y Typica no encontró diferencias globales de roya, aunque se observó una diferencia localizada. Por otra parte, el análisis de cuatro procesos poscosecha aplicado a fruto Garnica de Veracruz mostró cambios en atributos sensoriales y aceptación de la bebida. Este último resultado describe un mecanismo contextual de poscosecha: no compara Garnica con otras variedades ni estima precio recibido o ingreso por venta de café cereza (Fajardo-Franco et al., 2020; Partida-Sedas et al., 2019).

Para Marsellesa, en el ensayo realizado en Perú, mostró una producción inicial similar a la de los cultivares comparados y ausencia de incidencia de roya bajo las condiciones del experimento, aunque los cultivares fueron susceptibles a *Cercospora*. El resultado combina ambiente, etapa productiva y material vegetal, por lo que no permite traducir resistencia o producción inicial en una ventaja económica general (Dilas-Jiménez et al., 2022). Las comparaciones regionales confirman que el comportamiento de Marsellesa depende del contraste considerado. Los ensayos multiambientales documentan interacción genotipo-ambiente para rendimiento y calidad; en dos cosechas comerciales, Starmaya superó a Marsellesa en rendimiento. En Puebla, una encuesta registró adopción de Marsellesa y percepciones de productores sobre rendimiento y resistencia, pero esas percepciones no estiman efectos causales sobre producción o ingresos. Los ensayos de vivero con Garnica y Marsellesa son útiles para observar respuestas tempranas a micorrizas y radiación, no para inferir comportamiento económico de plantas adultas (Marie et al., 2020; Georget et al., 2019; Juárez-Sánchez et al., 2024; Aguilar-Luna et al., 2025).

La composición varietal es una característica productiva relevante dentro de las variables explicativas de la tesis. La literatura permite fundamentar mecanismos de adaptación, productividad, calidad y sanidad, y también conservar resultados condicionados o no uniformes. Marsellesa debe mantenerse como la variedad identificada en las fuentes, sin tratarla como sinónimo automático de un grupo

varietal. La evidencia comparable con el ingreso bruto por venta de café cereza sigue siendo limitada para Garnica y Marsellesa.

2.6 Sanidad del cafetal

La sanidad vegetal forma parte de las condiciones que afectan el desempeño del cafetal. En particular, el ojo de gallo se asocia con *Mycena citricolor* y debe entenderse como un fenómeno fitosanitario cuya expresión puede variar en espacio y tiempo. La variable Ojo de Gallo corresponde a la presencia reportada por el productor. No representa incidencia cuantificada, severidad, porcentaje de daño ni una pérdida económica medida; esta distinción delimita el alcance de la evidencia que puede utilizarse (Pino-Miranda et al., 2022; Juárez-Sánchez et al., 2024).

Los estudios epidemiológicos permiten explicar mecanismos sin convertirlos en estimaciones de ingreso. En cafetales del Estado de México, la enfermedad presentó una distribución espacial y temporal agregada, y la literatura fitosanitaria la vincula con defoliación y posibles efectos sobre el rendimiento. En Costa Rica, los ensayos sobre hojarasca e inóculo mostraron que el inóculo primario afectó la incidencia de manera condicionada por tratamiento y año, mientras que la hojarasca no presentó un efecto significativo consistente. La investigación bibliográfica no respalda un mecanismo único ni una pérdida uniforme entre cafetales (Pino-Miranda et al., 2022; Granados-Montero et al., 2020).

La investigación sobre manejo aporta un segundo nivel de evidencia. Los ensayos con endófitos de *Rubiaceae* identificaron hongos antagonistas con potencial para el control de *M. citricolor* en pruebas biológicas. Este hallazgo es pertinente para comprender alternativas de manejo sanitario, pero no mide producción comercializable, pérdidas de rendimiento ni beneficios económicos. Su alcance se limita, por tanto, a un mecanismo de control potencial (Escudero-Leyva et al., 2023).

En el ámbito productivo mexicano, una caracterización de cafetales registró ingresos anuales en rangos y condiciones de sanidad dentro de un conjunto más amplio de características, sin estimar el efecto aislado de una enfermedad sobre

el ingreso. En la investigación se documenta reportes de ojo de gallo, pero no cuantifica incidencia, severidad o pérdida. Existe evidencia fitosanitaria y productiva para explicar por qué la sanidad puede condicionar el follaje y el volumen potencialmente comercializable; la evidencia sobre pérdidas en ingreso bruto anual por venta de café cereza permanece limitada (Leguizamo-Sotelo et al., 2024; Juárez-Sánchez et al., 2024).

El ojo de gallo puede justificarse, como una condición sanitaria incluida entre las variables explicativas de la tesis, como una vía de relación indirecta hacia la producción comercializable. No se corresponde a un efecto económico concreto a partir de una variable únicamente de presencia reportada. Se deberá mantener separados el registro de presencia, los procesos de incidencia o severidad examinados en otros estudios y la inferencia aún pendiente sobre ingresos.

2.7 Renovación del cafetal: transición productiva y horizonte temporal

La renovación del cafetal es una decisión de manejo que puede involucrar reemplazo de plantas, rehabilitación de una plantación envejecida, reconfiguración del sistema o una combinación de esas acciones. Su análisis exige distinguir el estado contemporáneo de transición de sus posibles consecuencias productivas y económicas en horizontes posteriores. En esta tesis, Renovacion = 1 únicamente identifica que el cafetal se encuentra actualmente en proceso de renovación; por ello, no mide la intensidad del proceso, su calidad técnica, su adopción permanente ni su retorno económico de largo plazo.

La delimitación conceptual también requiere separar la renovación de prácticas que no equivalen a ella. El experimento de Gokavi et al. (2021) evaluó sistemas de plantación y poda cíclica modificada en café arábica; tales intervenciones pueden afectar el crecimiento, el rendimiento, el uso de trabajo y los indicadores económicos, pero en el caso de la poda no debe presentarse como reposición de plantas ni como recuperación integral de una plantación. Esta diferencia evita trasladar evidencia de manejo a una variable que registra un proceso contemporáneo de renovación.

Las caracterizaciones de unidades cafetaleras mexicanas permiten ubicar la renovación entre las decisiones de manejo observadas, aunque no estiman su efecto aislado sobre un resultado económico. Vázquez-López et al. (2022), Leguizamo-Sotelo et al. (2024) y Juárez-Sánchez et al. (2024) describen, en contextos de Chiapas, Estado de México y Puebla, respectivamente, prácticas de renovación o cambios de plantación junto con otras características productivas y de apoyo técnico. Esta evidencia es útil para reconocer la presencia y heterogeneidad del proceso, no para atribuirle un efecto directo sobre el ingreso por venta de café cereza.

La evidencia económica disponible refuerza la importancia del horizonte temporal. Ntamwira et al. (2026) compararon paquetes integrados de manejo para sistemas cafetaleros degradados y analizaron costos, rendimientos, ingresos y flujo neto de efectivo durante la recuperación; sus resultados muestran que las inversiones iniciales y la combinación concreta de prácticas importan para la trayectoria económica. Díaz-Gutiérrez (2019) evaluó escenarios financieros de renovación mediante flujos de caja, valor presente neto y tasa interna de retorno. Ambos estudios examinan procesos, paquetes o escenarios con una temporalidad explícita, no una variable binaria contemporánea equivalente a Renovación.

La incorporación de la variable Renovación en la especificación de Huitzilan puede justificarse como una condición de transición de la unidad productiva. La literatura permite sostener que, durante dicha transición, la disponibilidad de plantas en edad productiva, los requerimientos de inversión y el calendario de recuperación pueden diferir entre cafetales. No se puede inferir que la renovación sea rentable o desfavorable en el largo plazo a partir de una observación transversal de su estado actual.

Persiste un vacío empírico específico: no se identificó, un estudio directamente comparable que estime la relación entre una dummy de cafetal actualmente en renovación y el ingreso bruto anual por venta de café cereza. La evidencia productiva y financiera sirve para precisar mecanismos y horizontes, pero no

elimina esa falta de comparabilidad. Por tanto, cualquier interpretación posterior debe conservar el carácter asociativo y contemporáneo de la variable.

2.8 Capacitación, asistencia técnica y gasto realizado

La capacitación, la asistencia técnica, la extensión, la transferencia tecnológica, la adopción y el aprendizaje son conceptos relacionados, pero no equivalentes. La capacitación puede referirse a contenidos o actividades formativas; la asistencia y la extensión describen modalidades de acompañamiento; la adopción alude al uso efectivo de prácticas; y el capital humano o el aprendizaje remiten a capacidades acumuladas. En contraste, Gasto_Capacitación = 1 en esta tesis únicamente indica que el productor realizó un gasto en capacitación. No identifica la calidad de la formación recibida, la intensidad del acompañamiento, la adopción de tecnologías ni el nivel de conocimiento del productor. La literatura mexicana ofrece evidencia contextual sobre tecnología y acompañamiento, aunque sus variables dependientes son distintas del ingreso bruto anual por café cereza. Benítez-García et al. (2015) caracterizaron producción y comercio de café en Cuetzalan, Puebla. Jaramillo-Villanueva et al. (2021) analizaron tecnología, rendimiento y rentabilidad mediante encuesta, comparaciones y regresión múltiple; sus resultados se refieren a rendimiento físico y a una medida de beneficio-costo. Estas contribuciones permiten discutir mecanismos asociados con el uso de tecnología y la gestión productiva, pero no convierten el gasto individual en capacitación en un indicador de rentabilidad o del ingreso bruto.

El alcance de la asistencia técnica también debe conservarse con precisión. Jaramillo-Villanueva et al. (2022) examinaron percepción y adaptación frente al cambio climático mediante un modelo logit, de modo que la asistencia técnica se vincula con respuestas de percepción o adaptación y no con ventas de café. Las caracterizaciones de Vázquez-López et al. (2022), Leguizamo-Sotelo et al. (2024) y Juárez-Sánchez et al. (2024) registran capacitación, información técnica o rasgos de manejo dentro de conjuntos descriptivos. Estas evidencias documentan que el acompañamiento se inserta en decisiones de producción, sin

estimar el efecto del gasto declarado en capacitación sobre el ingreso por café cereza.

Los estudios internacionales muestran por qué conviene distinguir gasto, capacitación recibida y adopción. Günther et al. (2025) evaluaron en Uganda un enfoque secuenciado de formación y la adopción de un paquete de prácticas, mediante métodos de ponderación y comparación de resultados de rendimiento e ingresos. Banjade y Atreya (2021), con una encuesta transversal y MCO en Nepal, estudiaron determinantes de ingresos cafetaleros e incluyeron variables de formación entre sus covariables. Ambos trabajos aportan evidencia relacionada con resultados económicos, pero no observan el mismo desenlace por ingreso bruto anual por venta de café cereza, ni la misma variable explicativa de gasto realizado por el productor.

La relación entre prácticas promovidas y desempeño tampoco es automática. Carbajo-Alvarez et al. (2025) evaluaron adopción de prácticas sostenibles en Perú con emparejamiento, frontera estocástica y metafrontera; al controlar factores no observados, no encontraron una diferencia estadísticamente significativa en producción, aunque sí documentaron diferencias de eficiencia y tecnología. Este resultado condiciona cualquier lectura lineal de la capacitación: aun cuando el acompañamiento pueda facilitar la adopción, sus resultados dependen de las prácticas, los recursos, el contexto y el resultado económico o productivo que se mida.

El Gasto de Capacitación debe conservarse como un proxy de gasto realizado y no como medida directa de capacitación efectiva, asistencia técnica, adopción o capital humano.

2.9 Enfoques empíricos para analizar resultados cafetaleros

La evidencia empírica sobre café utiliza resultados dependientes y unidades de análisis heterogéneos; por ello, la comparación exige identificar qué se estima antes de contrastar hallazgos. Una función de producción física puede analizar rendimiento, producción o productividad; una frontera de eficiencia estudia la distancia respecto de una tecnología; los estudios financieros pueden modelar

flujos de caja, valor presente neto o rentabilidad; y las aproximaciones de ingreso pueden observar ventas, ingresos cafetaleros o bienestar. Estas salidas no son intercambiables, aun cuando compartan variables explicativas agrícolas.

Los enfoques de producción y eficiencia ilustran esta distinción. Jaramillo-Villanueva et al. (2021) combinaron encuesta, análisis comparativo y regresión para estudiar tecnología, rendimiento y una relación beneficio-costo. Carbajo-Alvarez et al. (2025) emplearon emparejamiento, frontera estocástica y metafrontera para analizar producción y eficiencia técnica de pequeños productores. Ambos trabajos son pertinentes para mecanismos productivos, pero sus variables dependientes no son el ingreso bruto anual por venta de café cereza y, por tanto, su comparabilidad con la tesis es indirecta.

Otra familia de estudios se concentra en percepción, adopción o decisiones de manejo. Jaramillo-Villanueva et al. (2022) utilizaron un modelo logit para explicar respuestas de percepción y adaptación al cambio climático. Günther et al. (2025) evaluaron la adopción de un paquete de prácticas y sus resultados con métodos de ponderación. Estas estrategias permiten tratar la selección y la adopción como objetos centrales, pero no estiman una función reducida del ingreso bruto de productores de café cereza.

Los estudios económicos también difieren según la medida utilizada. Lalani et al. (2024) construyeron un modelo estocástico de flujos de caja y valor presente neto para valorar escenarios de sombra e intensificación. Leiva et al. (2024) compararon costos e ingresos de producción cafetalera en dos países y periodos. Díaz-Gutiérrez (2019) evaluó la renovación con indicadores financieros y simulación. Tales aproximaciones son valiosas para distinguir ingresos, costos, flujo de efectivo, beneficio y valor de largo plazo, pero no deben reducirse a la misma noción de ingreso bruto anual por venta de café cereza.

Los modelos de ingreso de hogares o de venta de café constituyen una referencia económicamente más cercana, aunque mantienen diferencias de contexto y medición. Banjade y Atreya (2021) aplicaron MCO a determinantes de ingresos cafetaleros en hogares de Nepal. Arslan (2024) empleó datos de panel y efectos fijos para examinar la asociación entre procesamiento poscosecha e ingreso

cafetalero en Uganda. Ambos estudios estiman resultados económicos, pero sus unidades de observación, cadenas de valor y definiciones de ingreso no son equivalentes al ingreso bruto anual derivado de la venta de café cereza en Huitzilan.

La tesis se ubica en una función log-lineal de ingreso bruto anual por venta de café cereza, condicionada por factores productivos, agroecológicos y de manejo. Su propósito es identificar asociaciones en datos transversales de pequeños productores, no estimar una función de producción física, una frontera de eficiencia, un flujo financiero intertemporal ni una relación causal. Tampoco debe presentarse como una Cobb–Douglas estructural sin una base formal que lo sustente. Esta delimitación permite utilizar la literatura para justificar mecanismos y valorar comparabilidad, sin confundir los resultados dependientes ni extrapolar interpretaciones más allá del alcance asociativo de la especificación.

2.10 Literatura citada

Aguilar-Luna, J. M., Hernández-Vargas, L., & Hernández-Ángel, R. (2025). Root biostimulation and solar irradiation in Coffea arabica L. nursery plants. Agronomía Mesoamericana, 36, Article 59975. https://doi.org/10.15517/am.2024.59975

Arslan, A. (2024). Paying more to make less: Value degrading in the coffee value chain in eastern Uganda. American Journal of Agricultural Economics, 106(1), 96–117. https://doi.org/10.1111/ajae.12389

Banjade, N., & Atreya, K. (2021). Coffee income and its determinants: A case of Deusa village, Nepal. Archives of Agriculture and Environmental Science, 6(2), 240–248. https://doi.org/10.26832/24566632.2021.0602017

Benítez-García, E., Jaramillo-Villanueva, J. L., Escobedo-Garrido, S., & Mora-Flores, S. (2015). Caracterización de la producción y del comercio de café en el municipio de Cuetzalan, Puebla. Agricultura, Sociedad y Desarrollo, 12(2), 181–198. https://doi.org/10.22231/asyd.v12i2.147

Carbajo-Alvarez, G., Rosero, G., & Brümmer, B. (2025). Do sustainable agricultural practices boost production and technical efficiency? A case study of coffee smallholders in Peru. Agribusiness, 41(4), 936–954. https://doi.org/10.1002/agr.22005

DaMatta, F. M., Ronchi, C. P., Maestri, M., & Barros, R. S. (2007). Ecophysiology of coffee growth and production. Brazilian Journal of Plant Physiology, 19(4), 485–510. https://doi.org/10.1590/S1677-04202007000400014

Díaz-Gutiérrez, C. (2019). Financial profitability in the renewal of coffee plantations, in Los Santos, Costa Rica. Tecnología en Marcha, 32(1), 179–192. https://doi.org/10.8845/tm.v32.i1.4127

Dilas-Jiménez, O., Zelada-Valqui, J., Carrasco-Barturén, W., & Mugruza-Vassallo, C. (2022). Phenotypic performance evaluation of the coffee variety Marsellesa® over 1400 meters a.s.l. as an alternative for coffee growing. Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 23(3), e2344. https://doi.org/10.21930/rcta.vol23_num3_art:2344

Escudero-Leyva, E., Granados-Montero, M. del M., Orozco-Ortiz, C., Araya-Valverde, E., Alvarado-Picado, E., Chaves-Fallas, J. M., Aldrich-Wolfe, L., & Chaverri, P. (2023). The endophytobiome of wild Rubiaceae as a source of antagonistic fungi against the American leaf spot of coffee (Mycena citricolor). Journal of Applied Microbiology, 134(5), lxad090. https://doi.org/10.1093/jambio/lxad090

Espindula, M. C., Tavella, L. B., Schmidt, R., Rocha, R. B., Dias, J. R. M., Bravin, M. P., & Partelli, F. L. (2021). Yield of robusta coffee in different spatial arrangements. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 56, e02516. https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2021.v56.02516

Fajardo-Franco, M. L., Aguilar-Tlatelpa, M., & Guzmán-Plazola, R. A. (2020). Biofungicides evaluation in two coffee cultivars for Hemileia vastatrix control. Revista Mexicana de Fitopatología, 38(2), 293–306. https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.2001-1

Georget, F., Marie, L., Alpizar, E., Courtel, P., Bordeaux, M., Hidalgo, J. M., Marraccini, P., Breitler, J.-C., Déchamp, E., Ponçon, C., Etienne, H., & Bertrand, B. (2019). Starmaya: The first Arabica F1 coffee hybrid produced using genetic male sterility. Frontiers in Plant Science, 10, 1344. https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01344

Gokavi, N., Mote, K., Jayakumar, M., Raghuramulu, Y., & Surendran, U. (2021). The effect of modified pruning and planting systems on growth, yield, labour use efficiency and economics of Arabica coffee. Scientia Horticulturae, 276, 109764. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109764

Granados-Montero, M., Avelino, J., Arauz-Cavallini, F., Castro-Tanzi, S., & Ureña, N. (2020). Hojarasca e inóculo de Mycena citricolor sobre la epidemia de ojo de gallo. Agronomía Mesoamericana, 31(1), 77–94. https://doi.org/10.15517/am.v31i1.36614

Günther, M. K., Bosch, C., Ewel, H., Nawrotzki, R., & Kato, E. (2025). Step by step to higher yields? Adoption and impacts of a sequenced training approach for climate-smart coffee production in Uganda. International Journal of Agricultural Sustainability, 23(1), 2545042. https://doi.org/10.1080/14735903.2025.2545042

Jaramillo-Villanueva, J. L., Guerrero-Carrera, J., Vargas-López, S., & Bustamante-González, A. (2021). Use of agricultural technology, yields and economic profitability of small-scale producers (Coffea arabica L.). Agro Productividad, 14(11), 99–106. https://doi.org/10.32854/agrop.v14i11.1995

Jaramillo-Villanueva, J. L., Guerrero-Carrera, J., Vargas-López, S., & Bustamante-González, A. (2022). Percepción y adaptación de productores de café al cambio climático en Puebla y Oaxaca, México. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios, 9(1), e3170. https://doi.org/10.19136/era.a9n1.3170

Juárez-Sánchez, J. P., Apodaca, C., Ramírez-Valverde, B., Méndez, J., & Díaz, R. (2024). Transformación del paisaje cafetalero ante la política agrícola y variabilidad climática en espacios indígenas de Puebla. Revista de Geografía Norte Grande, 88, 1–19. https://doi.org/10.4067/S0718-34022024000200111

Lalani, B., Lanza, G., Leiva, B., Mercado, L., & Haggar, J. (2024). Shade versus intensification: Trade-off or synergy for profitability in coffee agroforestry systems? Agricultural Systems, 214, Article 103814. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2023.103814

Leguizamo-Sotelo, G., Ramírez-Dávila, J. F., Salgado-Siclán, M. L., Partida-Sedas, J. G., & Rubí-Arriaga, M. (2023). Tipificación de la cafeticultura en Temascaltepec, Estado de México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 14(6), e3299. https://doi.org/10.29312/remexca.v14i6.3299

Leguizamo-Sotelo, G., Salgado-Siclán, M. L., & Rubí-Arriaga, M. (2024). Análisis de la producción de café (Coffea arabica L.), en Amatepec, Estado de México. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios, 11(1), e3840. https://doi.org/10.19136/era.a11n1.3840

Leiva, B., Vargas, A., Casanoves, F., & Haggar, J. (2024). Changes in the economics of coffee production between 2008 and 2019: A tale of two Central American countries. Frontiers in Sustainable Food Systems, 8, 1376051. https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1376051

López-García, F. J., Escamilla-Prado, E., Zamarripa-Colmenero, A., & Cruz-Castillo, J. G. (2016). Producción y calidad en variedades de café (Coffea arabica L.) en Veracruz, México. Revista Fitotecnia Mexicana, 39(3), 297–304. https://doi.org/10.35196/rfm.2016.3.297-304

Marie, L., Abdallah, C., Campa, C., Courtel, P., Bordeaux, M., Navarini, L., Lonzarich, V., Bosselmann, A. S., Turreira-García, N., Alpizar, E., Georget, F., Breitler, J.-C., Etienne, H., & Bertrand, B. (2020). G × E interactions on yield and quality in Coffea arabica: New F1 hybrids outperform American cultivars. Euphytica, 216, Article 78. https://doi.org/10.1007/s10681-020-02608-8

Morel, A. C., Hirons, M., Demissie, S., Gonfa, T., Mehrabi, Z., Long, P. R., Rifai, S., Woldemariam Gole, T., Mason, J., McDermott, C. L., Boyd, E., Robinson, E. J. Z., Malhi, Y., & Norris, K. (2019). The structures underpinning vulnerability: Examining landscape-society interactions in a smallholder coffee agroforestry system. Environmental Research Letters, 14(7), 075006. https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab2280

Ntamwira, J., Ocimati, W., Shabani, G., Safari, N. K., Kearsley, E., & Blomme, G. (2026). Integrated management packages accelerate agroecological recovery and improve the economic viability of degraded coffee systems. Frontiers in Agronomy, 8, 1824812. https://doi.org/10.3389/fagro.2026.1824812

Partida-Sedas, J. G., Muñoz Ferreiro, M. N., Vázquez-Odériz, M. L., Romero-Rodríguez, M. Á., & Pérez-Portilla, E. (2019). Influence of the postharvest processing of the “Garnica” coffee variety on the sensory characteristics and overall acceptance of the beverage. Journal of Sensory Studies, 34(4), e12502. https://doi.org/10.1111/joss.12502

Pereira, C. T. M., Sera, G. H., Sera, T., Shigueoka, L. H., Carducci, F. C., Dias da Silva, J. B. G., & Telles, T. S. (2022). Arabica coffee yields and profitability improved by reducing the spacing within the rows. Agronomy Journal, 114, 1220–1228. https://doi.org/10.1002/agj2.20901

Pino-Miranda, E., Ramírez-Dávila, J. F., Serrato-Cuevas, R., Mejía-Carranza, J., & Tapia-Rodríguez, A. (2022). Spatial and temporal distribution of ojo de gallo (Mycena citricolor) in coffee plantations of the State of Mexico. Revista Mexicana de Fitopatología, 40(3), 433–446. https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.2204-2

Rendón Sáenz, J. R. (2021). Coffee production of the Castillo® variety at high planting densities with one and two stems per site. Cenicafé, 72(1), e72106. https://doi.org/10.38141/10778/72106

Siles, P., Cerdán, C. R., & Staver, C. (2022). Smallholder coffee in the global economy: A framework to explore transformation alternatives of traditional agroforestry for greater economic, ecological, and livelihood viability. Frontiers in Sustainable Food Systems, 6, Article 808207. https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.808207

Toledo, S. V. de, & Barros, I. de. (1999). Influence of plant density and pruning system on the yield of coffee. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 34(8), 1379–1384. https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab1999.v34.5365

Tulyanje, D. K., Francis, H. S., & Hauli, E. A. (2025). Effects of coffee production on household income among smallholder farmers in Mbinga District, Tanzania. Rural Planning Journal, 27(2), 10–24. https://doi.org/10.59557/rpj.25.2.2025.219

Vázquez-López, P., Espinoza-Arellano, J. J., González-Mancilla, A., & Guerrero-Ramos, L. Á. (2022). Características de productores y plantaciones de café en la zona norte de Chiapas. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, número especial 28, 101–112. https://doi.org/10.29312/remexca.v13i28.3266

CAPÍTULO 3. FACTORES PRODUCTIVOS Y AGROECOLÓGICOS ASOCIADOS AL INGRESO DE PRODUCTORES CAFETALEROS EN HUITZILAN DE SERDÁN, PUEBLA[3]

Carlos Francisco López-Rojas[1] (https://orcid.org/0009-0004-7524-0671)
Alberto Gallegos-David[1*] (https://orcid.org/0000-0001-8304-0013)
Francisco Pérez-Soto[1] (https://orcid.org/0000-0002-7982-420X)
Diana América Reyna-Izaguirre[1] (https://orcid.org/0000-0002-3555-5343)
Andrés Aurelio Santiago-López[1] (https://orcid.org/0000-0002-9620-2680)

[1]Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco km 38.5, Chapingo, Texcoco, Estado de México, C. P. 56230, México.

*Autor para correspondencia: agallegosd@chapingo.mx, tel. +52 1 55 5072 8965.

3.1 Resumen

Este estudio analiza los factores productivos, agroecológicos y de manejo asociados con el ingreso bruto anual por venta de café cereza de pequeños productores cafetaleros de Huitzilan de Serdán, Puebla. Se utilizaron datos de corte transversal de 134 unidades de producción cafetalera levantados de octubre de 2024 a junio de 2025. Se estimó un modelo de Mínimos Cuadrados Ordinarios con especificación log-lineal, cuya variable dependiente fue el logaritmo natural del ingreso bruto anual por venta de café cereza. La altitud, la superficie cultivada, el número total de plantas de café en producción y la presencia de las variedades Garnica y Marsellesa mostraron asociaciones positivas estadísticamente significativas con el ingreso. La renovación actual del

[3] **Artículo enviado a la revista:** Revista Chapingo Serie Agricultura Tropical

cafetal presentó una asociación negativa estadísticamente significativa, interpretada como un estado contemporáneo de transición y no como un retorno económico de largo plazo. La presencia reportada de ojo de gallo y el gasto en capacitación también se asociaron negativamente con el ingreso, pero con evidencia estadística marginal. Los resultados indican que el ingreso bruto anual se relaciona con un conjunto heterogéneo de características estructurales, agroecológicas, varietales, fitosanitarias y de manejo. Por su diseño transversal y asociativo, el estudio no identifica efectos causales ni permite generalizar sus resultados fuera del contexto analizado.

Palabras clave: pequeños productores cafetaleros; ingreso bruto cafetalero; economía de la producción; café cereza; factores agroecológicos; manejo del cafetal.

3.2 Abstract

This study analyzes the production, agroecological, and management factors associated with annual gross income from coffee-cherry sales among coffee smallholders in Huitzilan de Serdán, Puebla. Cross-sectional data from 134 coffee production units collected from October 2024 to June 2025 were used. An Ordinary Least Squares model with a log-linear specification was estimated, with the natural logarithm of annual gross income from coffee-cherry sales as its dependent variable. Altitude, cultivated area, the total number of coffee plants in production, and the presence of the Garnica and Marsellesa varieties showed statistically significant positive associations with income. Ongoing coffee farm renewal showed a statistically significant negative association, interpreted as a contemporaneous state of transition rather than a long-term economic return. The reported presence of ojo de gallo and expenditure on training were also negatively associated with income, although with marginal statistical evidence. The results indicate that annual gross income is related to a heterogeneous set of structural, agroecological, varietal, phytosanitary, and management characteristics. Given

its cross-sectional and associational design, the study does not identify causal effects or allow generalization of its results beyond the context analyzed.

Keywords: coffee smallholders; gross coffee income; production economics; coffee cherries; agroecological factors; coffee farm management.

3.3 Introducción

El café mantiene una relevancia a nivel global, por su peso en el comercio agrícola y por su estrecha relación con la pequeña producción. La International Coffee Organization (ICO, 2026) reporta alrededor de 12.5 millones de familias cafetaleras a escala global, mientras que la United Nations Conference on Trade and Development documenta que en América Latina el cultivo sostiene los medios de vida de aproximadamente 25 millones de personas, de las cuales 90% son pequeños productores, en un contexto afectado por deforestación, degradación del suelo, cambio climático y mayor incidencia de plagas (UNCTAD, 2024). Para México, el estudio Mexico's Coffee Value Chain identifica alrededor de 545 mil productores, más de 710 mil hectáreas cafetaleras, una superficie promedio dedicada al café de 1.88 ha y un ingreso neto cafetalero anual promedio de $45,962 MXN. El estudio también señala que el ingreso total promedio de los hogares no cubre sus necesidades básicas (Committee on Sustainability Assessment [COSA], 2025).

En estudios recientes sobre cafeticultura, el ingreso obtenido de la venta de café se ha utilizado como una variable económica relevante para caracterizar el desempeño de pequeñas unidades productivas, especialmente cuando se relaciona con la producción, los precios recibidos, el manejo agronómico y las condiciones socioeconómicas del productor. En México, diversos estudios de regiones cafetaleras han incorporado, según su objetivo, variables como ingresos por venta de café, ingresos por ciclo productivo, rentabilidad económica o ingresos derivados de café cereza, pergamino o transformado (García-Domínguez et al., 2021; Jaramillo-Villanueva et al., 2021, 2022; Leguizamo-Sotelo, Ramírez-Dávila, et al., 2023; Leguizamo-Sotelo, Salgado-Siclán, et al.,

2023; Leguizamo-Sotelo et al., 2024; Tablas González et al., 2021; Vázquez-López et al., 2022). En esta investigación, el ingreso cafetalero se define como el ingreso bruto anual obtenido por la venta de café cereza. Esta variable representa el valor monetario de la producción comercializada y se distingue de medidas de rentabilidad, ingreso neto del hogar e ingreso digno, que incorporan componentes adicionales (COSA, 2025; Fobelets et al., 2017; Jaramillo-Villanueva et al., 2021; Lalani et al., 2024; Leiva et al., 2024).

En México, la cafeticultura conserva una importancia estratégica por su presencia territorial, su vínculo con pequeños productores y su contribución al ingreso rural. Para el año comercial 2025/2026, la producción nacional de café verde se estimó en 4.080 millones de sacos de 60 kg, con una superficie cosechada de 660 mil hectáreas; respecto al ciclo 2024/2025, el crecimiento se asoció con mayor producción de café robusta y mejoras en el manejo del cultivo, más que con una expansión significativa de la superficie (United States Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service [USDA-FAS], 2026). En 2024, los estados con mayor participación en la producción nacional de café cereza fueron Chiapas, Veracruz y Puebla; este último registró 71,531.35 ha sembradas, 66,408.60 ha cosechadas, 225,663.84 t de producción, rendimiento de 3.40 t ha^{-1} y valor de producción de 1,515,275.44 miles de pesos (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP], 2024). Dentro de Puebla, Huitzilan de Serdán aportó 7,277.50 t de café cereza, con valor de producción de 44,416.84 miles de pesos, lo que evidencia la importancia económica del cultivo para el municipio (H. Ayuntamiento de Huitzilan de Serdán, 2024; SIAP, 2024). Además, se trata de un territorio con fuerte composición indígena: en 2020, 68.7% de la población de tres años y más hablaba al menos una lengua indígena, principalmente náhuatl (Secretaría de Economía, 2024).

Esta investigación busca generar evidencia a escala municipal sobre la relación entre el ingreso bruto anual por venta de café cereza y variables productivas, agroecológicas, varietales, fitosanitarias y de manejo (Benítez-García et al., 2015; Leguizamo-Sotelo et al., 2024). La literatura especializada muestra que el desempeño del cafeto está condicionado por atributos agroecológicos como la

altitud y el ambiente de crecimiento (DaMatta et al., 2007), por variables de la unidad productiva, como la superficie y las formas de organización (Benítez-García et al., 2015; Siles et al., 2022), por la selección varietal y sus implicaciones para producción y calidad (López-García et al., 2016), así como por el número total de plantas de café reportadas por el productor dentro de la superficie cultivada y su relación conceptual con la intensidad de población (Harvey et al., 2021), y por la sanidad del cultivo, especialmente ante enfermedades como el ojo de gallo (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria [SENASICA], 2016). En este sentido, analizar simultáneamente superficie, altitud, número total de plantas, variedades, enfermedad, renovación del cafetal y gasto en capacitación puede aportar elementos para orientar la asistencia técnica, la renovación varietal, el manejo fitosanitario y el fortalecimiento productivo en sistemas cafetaleros de pequeña escala (Harvey et al., 2021; Leguizamo-Sotelo et al., 2024; Siles et al., 2022).

Los estudios citados documentan distintas dimensiones de la producción, rentabilidad y caracterización de la cafeticultura en municipios de México (Benítez-García et al., 2015; Cruz Reyes, 2017; Leguizamo-Sotelo, Ramírez-Dávila, et al., 2023; Leguizamo-Sotelo, Salgado-Siclán, et al., 2023; Leguizamo-Sotelo et al., 2024). Esta necesidad de conocimiento resulta pertinente para Huitzilan de Serdán por la presencia de producción cafetalera y la composición indígena de su población (H. Ayuntamiento de Huitzilan de Serdán, 2024; Secretaría de Economía, 2024; SIAP, 2024). Huitzilan de Serdán constituye un territorio pertinente para estudiar estos procesos por su producción local de café cereza y su ubicación en una región cafetalera de montaña (H. Ayuntamiento de Huitzilan de Serdán, 2024; SIAP, 2024).

El objetivo de este artículo es analizar los factores productivos, agroecológicos y de manejo asociados al ingreso bruto anual por venta de café cereza de productores cafetaleros en Huitzilan de Serdán, Puebla. Para ello, se estima un modelo econométrico de Mínimos Cuadrados Ordinarios con especificación log-lineal, a partir de información de 134 unidades de producción cafetalera. La variable dependiente corresponde al logaritmo natural del ingreso bruto anual por

venta de café cereza, mientras que las variables explicativas incluyen altitud, superficie cultivada, número total de plantas de café reportadas por el productor dentro de la superficie cultivada, presencia de las variedades Garnica y Marsellesa, presencia de ojo de gallo, renovación del cafetal y gasto en capacitación. Con ello, se busca examinar qué factores se asocian con el ingreso bruto anual por venta de café cereza de pequeños productores cafetaleros en este municipio de Puebla.

3.4 Metodología

Área de estudio

La investigación se realizó en el municipio de Huitzilan de Serdán, Puebla, México, localizado en la parte norte del estado de Puebla. En 2020, el municipio registró una población total de 15,928 habitantes, de los cuales 50.8% fueron hombres y 49.2% mujeres (Secretaría de Economía, 2024). Asimismo, la población de tres años y más que habla al menos una lengua indígena fue de aproximadamente 10.9 mil personas, equivalente al 68.7% de la población municipal; las lenguas indígenas más habladas fueron náhuatl, totonaco y mixteco (Secretaría de Economía, 2024).

El área de estudio forma parte de la región cafetalera de la Sierra Norte de Puebla, caracterizada por condiciones agroecológicas favorables para el cultivo de café. En el estado de Puebla, el café arábica se cultiva principalmente en zonas montañosas de las sierras Norte, Nororiental y Negra, en altitudes que oscilan entre 700 y 1,800 msnm, bajo condiciones de clima templado y suelos fértiles (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural del Gobierno de Puebla, 2025). Estas características resultan relevantes para el análisis, debido a que la altitud, la ubicación agroecológica y las condiciones productivas del territorio pueden incidir en el desempeño económico de las unidades cafetaleras.

Diseño de la investigación

La investigación tuvo un enfoque cuantitativo, analítico y de corte transversal, orientado a examinar asociaciones entre el ingreso bruto anual obtenido por la venta de café cereza y un conjunto de variables productivas, agroecológicas y de manejo del cultivo. La información utilizada provino de encuestas aplicadas a productores cafetaleros del municipio de Huitzilan de Serdán, Puebla, de octubre de 2024 a junio de 2025. La base de datos final quedó integrada por 134 observaciones, cada una correspondiente a una unidad de producción cafetalera.

Tamaño de muestra:

La población objetivo estuvo constituida por 1,907 productores de café registrados en las comunidades incluidas en el marco de muestreo del municipio de Huitzilan de Serdán, Puebla. Su tamaño se evaluó mediante la fórmula para estimar proporciones en poblaciones finitas:

$$n = \frac{NZ_{\alpha/2}^2 pq}{e^2(N-1) + Z_{\alpha/2}^2 pq}$$

donde n representa el tamaño de la muestra; N, el tamaño de la población; Zα/2, el valor crítico de la distribución normal asociado con el nivel de confianza; p, la proporción esperada; q = 1 − p; y e, el margen máximo de error absoluto. Al considerar máxima variabilidad poblacional (p = q = 0.50), un nivel de confianza de 90 % (Zα/2 = 1.645) y la corrección por población finita.

La base de datos final quedó integrada por 134 observaciones, cada una correspondiente a una unidad de producción cafetalera.

El análisis se centró en identificar factores asociados al ingreso bruto anual por venta de café cereza, considerando variables relacionadas con la ubicación agroecológica de la unidad productiva, la escala de producción, el número total de plantas de café reportadas por el productor dentro de la superficie cultivada, el uso de variedades específicas, la presencia de problemas fitosanitarios, la renovación del cafetal y el gasto en capacitación.

Variables del modelo

La variable dependiente fue el logaritmo natural del ingreso bruto anual obtenido por la venta de café cereza (l_Ingreso). Esta transformación permitió reducir la dispersión de la variable monetaria y facilitar la interpretación porcentual de los coeficientes estimados.

Las variables explicativas incluidas en el modelo se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Variables incluidas en el modelo

Variable	Descripción	Tipo de variable
l_Altitudmsnm	Logaritmo natural de la altitud de la unidad de producción, medida en metros sobre el nivel del mar	Continua
l_Superficieha	Logaritmo natural de la superficie cultivada con café, medida en hectáreas	Continua
l_DensidadPlanta	Logaritmo natural del número total de plantas de café reportadas por el productor dentro de la superficie cultivada; no mide plantas por hectárea ni densidad agronómica calculada	Continua
VGarnica	Variable dicotómica que toma valor de 1 si el productor cultiva la variedad Garnica y 0 en caso contrario	Dummy
VMarsellesa	Variable dicotómica que toma valor de 1 si el productor cultiva la variedad Marsellesa y 0 en caso contrario	Dummy
OjodeGallo	Variable dicotómica que toma valor de 1 si se reporta presencia de ojo de gallo y 0 en caso contrario	Dummy
Renovacion	Variable dicotómica que toma valor de 1 si el cafetal se encuentra actualmente en proceso de renovación y 0 en caso contrario; representa un estado contemporáneo de transición	Dummy
Gasto_Capacita	Variable dicotómica que toma valor de 1 si el productor realizó gasto en capacitación y 0 en caso contrario; proxy de gasto realizado, no de capacitación recibida	Dummy

Fuente: Elaboración propia.

Especificación econométrica

Para estimar asociaciones entre el ingreso bruto anual por venta de café cereza y las variables explicativas, se utilizó un modelo de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) con especificación log-lineal. Esta especificación permitió interpretar los coeficientes de las variables continuas expresadas en logaritmos como elasticidades, mientras que las variables dicotómicas se interpretaron como diferencias porcentuales respecto al grupo de referencia.

El modelo econométrico general se especificó de la siguiente manera:

$$l_Ingreso_i = \beta_0 + \beta_1(l_Altitudmsnm_i) + \beta_2(l_Superficieha_i) + \beta_3(l_DensidadPlant_i) + \beta_4(VGarnica_i) + \beta_5(VMarsellesa_i) + \beta_6(OjodeGallo_i) + \beta_7(Renovacion_i) + \beta_8(Gasto_Capacita_i) + u_i$$

Donde:

l_Ingreso_i : representa el logaritmo natural del ingreso bruto anual obtenido por la venta de café cereza de la unidad productiva i.

β_0 : es el intercepto.

$\beta_1 ... \beta_8$: son los coeficientes asociados a cada variable explicativa.

u_i : representa el término de error del modelo.

Estimación del modelo y pruebas de diagnóstico

El modelo fue estimado mediante Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) utilizando el software Gretl. Para valorar la validez estadística de la especificación, se aplicaron pruebas de diagnóstico sobre linealidad funcional, heterocedasticidad, normalidad de los residuos y multicolinealidad. En particular, se utilizaron el contraste de no linealidad en logaritmos, la prueba de White, la prueba de normalidad de los residuos y el Factor de Inflación de la Varianza (VIF). Dado que la información corresponde a datos de corte transversal, los resultados se interpretaron como asociaciones estadísticas entre las variables explicativas y el ingreso bruto anual por venta de café cereza.

3.5 Resultados

Modelo: MCO, usando las observaciones 1-134

Variable dependiente: l_Ingreso

Cuadro 2. Estimación del modelo de Mínimos Cuadrados Ordinarios

	Coeficiente	Desv. Típica	Estadístico t	valor p	
const	0.322477	4.08618	0.07892	0.9372	
l_Altitudmsnm	1.19139	0.592862	2.010	0.0466	**
l_Superficieha	0.716692	0.123640	5.797	<0.0001	***
l_DensidadPlanta	0.243445	0.100318	2.427	0.0167	**
VGarnica	0.336111	0.141547	2.375	0.0191	**
VMarsellesa	0.333295	0.136301	2.445	0.0159	**
OjodeGallo	−0.266688	0.151008	−1.766	0.0798	*
Renovacion	−0.337681	0.146587	−2.304	0.0229	**
Gasto_Capacita	−0.229807	0.124319	−1.849	0.0669	*

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 3. Estadísticos de ajuste y diagnóstico del modelo

Media de la vble. dep.	10.33775	**D.T. de la vble. dep.**	0.947627
Suma de cuad. residuos	56.47200	**D.T. de la regresión**	0.672143
R-cuadrado	0.527168	**R-cuadrado corregido**	0.496907
F(8, 125)	17.42057	**Valor p (de F)**	3.19e-17
Log-verosimilitud	−132.2434	**Criterio de Akaike**	282.4868
Criterio de Schwarz	308.5674	**Crit. de Hannan-Quinn**	293.0851

Fuente: Elaboración propia.

Análisis estadístico

Se estimó un modelo de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), utilizando 134 observaciones. La variable dependiente fue el logaritmo natural del ingreso bruto anual obtenido por la venta de café cereza (l_Ingreso), con el propósito de

examinar su asociación con un conjunto de variables productivas, agroecológicas y de manejo del cultivo. Las variables explicativas incluidas fueron: altitud, superficie cultivada, número total de plantas de café reportadas por el productor dentro de la superficie cultivada, presencia de las variedades Garnica y Marsellesa, presencia de ojo de gallo, renovación del cafetal y gasto en capacitación.

El modelo presenta un ajuste estadístico aceptable para datos de corte transversal provenientes de unidades de producción agrícola. El coeficiente de determinación fue de $R^2 = 0.527$, lo que indica que el modelo resume aproximadamente el 52.7% de la variación muestral del ingreso bruto anual por venta de café cereza. Este nivel de ajuste puede considerarse adecuado, debido a que el ingreso agrícola suele estar asociado con múltiples factores productivos, climáticos, comerciales, tecnológicos y socioeconómicos que no siempre son completamente observables.

Asimismo, la prueba de significancia conjunta del modelo reportó un estadístico $F(8,125) = 17.42$, con un valor p de 3.19e-17, lo que permite rechazar la hipótesis nula de que todos los coeficientes son iguales a cero. Por tanto, el conjunto de variables incluidas presenta una asociación estadística conjunta con el ingreso bruto anual por venta de café cereza.

A partir de los coeficientes estimados, el modelo econométrico final se expresa de la siguiente manera:

$$l_Ingreso_{\mathrm{i}} = 0.322 + 1.191(l_Altitudmsnm_{\mathrm{i}}) + 0.717(l_Superficieha_{\mathrm{i}}) + 0.243(l_DensidadPlant_{\mathrm{i}}) + 0.336(VGarnica_{\mathrm{i}}) + 0.333(VMarsellesa_{\mathrm{i}}) - 0.267(OjodeGallo_{\mathrm{i}}) - 0.338(Renovacion_{\mathrm{i}}) - 0.230(Gasto_Capacita_{\mathrm{i}}) + u_{\mathrm{i}}$$

Donde: u_{i} representa el término de error del modelo.

Pruebas econométricas del modelo

Con la finalidad de valorar la validez estadística del modelo estimado, se realizaron pruebas de diagnóstico sobre no linealidad, heterocedasticidad, normalidad de los residuos y multicolinealidad.

El contraste de no linealidad en logaritmos reportó un estadístico LM de 0.890 y un valor p de 0.641, por lo que no se rechaza la hipótesis nula de relación lineal. Este resultado respalda la pertinencia de la especificación log-lineal utilizada.

Asimismo, el contraste de heterocedasticidad de White presentó un estadístico LM de 42.514 y un valor p de 0.322. Al ser mayor a 0.05, no se rechaza la hipótesis nula de homocedasticidad, por lo que no se detecta evidencia estadística de heterocedasticidad en los residuos.

En cuanto a la normalidad, el contraste aplicado reportó un estadístico Chi-cuadrado de 2.035 y un valor p de 0.361, lo que permite no rechazar la hipótesis nula de normalidad de los residuos. Este resultado fortalece la validez de las pruebas t y F empleadas para evaluar la significancia de los coeficientes.

Finalmente, la multicolinealidad fue evaluada mediante el Factor de Inflación de la Varianza (VIF). Dado que todos los valores fueron menores a 10, no se identifican problemas de colinealidad severa entre las variables explicativas.

En conjunto, los resultados de las pruebas econométricas indican que el modelo no presenta problemas estadísticos relevantes de especificación, heterocedasticidad, falta de normalidad ni multicolinealidad severa. Por tanto, la estimación mediante MCO resulta estadísticamente adecuada para examinar asociaciones entre las características productivas del cultivo de café y el ingreso bruto anual por venta de café cereza.

3.6 Discusión de resultados

El modelo estimado para Huitzilan de Serdán permite examinar asociaciones entre factores productivos, agroecológicos y de manejo con el ingreso bruto anual obtenido por la venta de café cereza. Esta variable representa el valor total anual de las ventas, antes de descontar costos; no equivale a rendimiento, productividad, utilidad, rentabilidad, ingreso neto ni ingreso total del hogar. La revisión bibliográfica no identificó un estudio que replique estrictamente esta misma variable dependiente con las especificación para las ocho variables. Los cambios en ingreso bruto y costos documentados por Leiva et al. (2024), así como el análisis de ingreso o ganancias cafetaleras de Banjade y Atreya (2021),

ilustran que los indicadores económicos del café corresponden a definiciones y contextos distintos.

Factores estructurales y productivos

La superficie cultivada con café mostró una asociación positiva y fue altamente significativa al 1% con el ingreso bruto: el coeficiente de l_Superficieha fue de 0.716692 ($p < .0001$). Bajo la forma logarítmica de ambas variables, un aumento de 1% en la superficie se asocia, ceteris paribus, con 0.717% más ingreso bruto anual por venta de café cereza. El mecanismo es de escala: una mayor área puede alojar más unidades productivas y, si las demás condiciones se mantienen, incrementar el volumen comercializable. En Cuetzalan, Puebla, Benítez-García et al. (2015) describieron una asociación entre nivel tecnológico, ingreso de finca y rendimiento, pero no aislaron el efecto de la superficie. En Cuetzalan y la Mazateca de Oaxaca, Jaramillo-Villanueva et al. (2021) relacionaron tecnología, tamaño de la unidad productiva y capital humano con rendimiento y relación beneficio-costo. La magnitud y significancia de esta variable son consistentes con un mecanismo de escala productiva asociado al ingreso de los productores, pues una mayor superficie puede ampliar la capacidad de producción y, potencialmente, el volumen comercializable.

El número total de plantas de café reportadas por el productor dentro de la superficie cultivada mostró una asociación positiva y estadísticamente significativa al 5%. El coeficiente de l_DensidadPlanta fue de 0.243445 ($p = .0167$), lo que indica que, controlando simultáneamente por superficie, un aumento de 1% en el número total de plantas reportadas se asocia con un incremento aproximado de 0.24% en el ingreso bruto anual por venta de café cereza. Esta variable no mide plantas por hectárea ni una densidad agronómica calculada; registra el número total de plantas de café utilizadas en la producción. Ceteris paribus, y dentro de un área constante, su interpretación corresponde a una mayor intensidad relativa de población de plantas. Tulyanje et al. (2025) encontraron una asociación entre número de cafetos y nivel de ingreso del hogar en Tanzania ($\chi^2 = 22.16$; $p = .001$), aunque su resultado incluye otras fuentes de ingreso y no controla la superficie como en Huitzilan. Los ensayos sobre arreglos

espaciales de Espindula et al. (2021) muestran un menor rendimiento individual y mayor rendimiento por área al aumentar la población; Toledo y Barros (1999) reportaron que las altas poblaciones rindieron más al inicio y menos después de siete cosechas, mientras Rendón Sáenz (2021) no observó diferencias significativas en algunos contrastes de población y tallos. Este resultado es compatible con un mecanismo en el que un mayor número total de plantas, condicionado por la superficie y el manejo agronómico, se asocia con una mayor capacidad productiva potencial, volumen comercializable e ingreso bruto.

Respecto a las variedades, la variable VGarnica se asoció positivamente y de manera estadísticamente significativa al 5% con el ingreso bruto. Su coeficiente fue de 0.336111 (p=0.0191); dado que se trata de una variable dicotómica dentro de un modelo log-lineal, su efecto porcentual corregido se estima mediante la expresión $100[\exp(\beta) - 1]$, lo que equivale aproximadamente a 39.95% más en el ingreso bruto anual, respecto de los productores que no reportaron esa variedad. Este resultado es particular de Huitzilan y no demuestra una ventaja económica general de la variedad Garnica (*Coffea arabica* Garnica). La evidencia disponible es de corte productivo y sanitario: en Veracruz, López-García et al. (2016) evaluaron Garnica junto con otras variedades y encontraron desempeños que dependieron del cultivar, sin estimar ingreso; en Huehuetla, Puebla, Fajardo-Franco et al. (2020) no encontraron diferencias globales significativas de roya entre Garnica y Typica (*Coffea arabica*), aunque reportaron mayor daño foliar de Garnica. Esta asociación observada puede ser compatible con diferencias en desempeño, calidad, sanidad, manejo o mercado, pero esos canales no fueron identificados de forma separada por el modelo ni por una fuente externa directamente económica.

De manera similar, la variable VMarsellesa presentó una asociación positiva y estadísticamente significativa al 5%: el coeficiente fue de 0.333295 (p = .0159), su efecto porcentual corregido es de aproximadamente 39.56% más en el ingreso bruto anual frente a quienes no la reportaron. La literatura disponible aporta mecanismos heterogéneos. En Perú, Dilas-Jiménez et al. (2022) hallaron producción similar a Caturra y Catimor durante el primer año, incidencia nula de

roya y susceptibilidad a *Cercospora coffeicola* (mancha de hierro); Marie et al. (2020) documentaron interacción genotipo–ambiente en siete sitios de Nicaragua; y Georget et al. (2019) reportaron que Starmaya superó a Marsellesa (*Coffea arabica* Marsellesa) en dos cosechas comerciales ($P \leq .05$). Juárez-Sánchez et al. (2024) registraron percepciones de alto rendimiento y resistencia entre productores que mencionaron Marsellesa, sin estimar un efecto causal de la variedad. Estas diferencias evitan presentar la asociación de Huitzilan como una propiedad uniforme de Marsellesa; su desempeño puede depender del ambiente, resistencia fitosanitaria, adaptación local, el comparador y el ciclo productivo.

Factores agroecológicos y fitosanitarios

La variable altitud mostró un coeficiente positivo y estadísticamente significativo al 5%, con un coeficiente de 1.191390 ($p = .0466$). Este resultado de l_Altitudmsnm indica que, manteniendo constantes las demás variables del modelo, un incremento de 1% en la altitud se asocia con 1.191% más ingreso bruto anual. La altitud es una condición agroecológica y no una decisión del productor; integra diferencias de temperatura, humedad, maduración, presión fitosanitaria y condiciones de acceso a la parcela, que el modelo no desagrega. Banjade y Atreya (2021) estimaron una asociación negativa de la altitud con el ingreso o la ganancias de café en Nepal, mientras Morel et al. (2019) documentaron que, durante el fenómeno meteorológico de “El Niño” en Etiopía, las caídas de ingresos se distribuyeron de forma condicionada por elevación, paisaje y dosel. Para el trópico mexicano, Cruz Reyes (2017) delimitó condiciones territoriales de productividad y rentabilidad potencial, pero no estimó un efecto aislado de la altitud sobre ingreso bruto. Así, el signo positivo en Huitzilan no se traslada a otros contextos y debe leerse como una asociación local compatible con mecanismos agroecológicos y comerciales todavía no observados de forma directa. En este estudio el resultado sugiere que las unidades productivas localizadas en zonas de mayor altitud tienden a presentar

mayores ingresos, posiblemente por condiciones asociadas con la calidad del grano, la adaptación del cultivo o la diferenciación comercial del producto.

La presencia reportada de ojo de gallo (Mycena citricolor) tuvo una asociación negativa marginal con el ingreso bruto: el coeficiente fue −0.266688 (p = .0798), con significancia marginal al 10%. Al tratarse de una variable dicotómica dentro de un modelo log-lineal, su efecto porcentual corregido indica que la presencia de esta enfermedad se asocia con una reducción aproximada de 23.41% en el ingreso, manteniendo constantes las demás variables. Se identifica presencia reportada, no incidencia, ni severidad, al momento de ataque ni manejo sanitario, por lo que no permite medir pérdida física. El mecanismo fitosanitario es plausible porque Mycena citricolor puede alterar el follaje y el proceso productivo, pero los estudios disponibles no cuantifican el ingreso por venta de café cereza. Pino-Miranda et al. (2022) documentaron la distribución espacial y temporal de la enfermedad en cafetales del Estado de México; Granados-Montero et al. (2020) encontraron que la hojarasca no tuvo efecto significativo en un año y que el inóculo primario tuvo resultados condicionados por el tratamiento y el ciclo de un año en Costa Rica. Juárez-Sánchez et al. (2024) registraron reportes de ojo de gallo en Huehuetla, Puebla, sin estimar pérdidas económicas. Este resultado es consistente con mecanismos por los que las enfermedades fitosanitarias se relacionan con productividad, calidad del grano y volumen comercializable.

Factores de manejo

La variable Renovacion (= 1 si el cafetal se encuentra actualmente en proceso de renovación) se asoció negativamente y de manera estadísticamente significativa al 5% con el ingreso bruto. El coeficiente de −0.337681 (p = .0229) y su efecto porcentual corregido equivalen a una reducción aproximada de 28.66% en el ingreso bruto anual, respecto a los productores que no se encuentran en proceso de renovación, manteniendo constantes las demás variables. Renovacion representa un estado contemporáneo de transición, no una evaluación del retorno económico de largo plazo de renovar. La renovación puede implicar sustitución de plantas y menor producción mientras el cafetal

alcanza su etapa productiva plena; por ello, el signo negativo puede reflejar una asociación transitoria con el ingreso actual de los productores. La comparación pertinente es temporal y relacionada, no estricta. Ntamwira et al. (2026) mostraron que paquetes de recuperación en Kivu del Sur podían mejorar rendimiento y viabilidad económica, pero requerían inversión inicial y presentaban recuperación financiera gradual; no estimaron una variable de renovación aislada. En Los Santos, Costa Rica, Díaz-Gutiérrez (2019) obtuvo valor presente neto negativo con financiamiento a diez años y ligeramente positivo a catorce años, lo que evidencia sensibilidad al horizonte y al financiamiento. Esos resultados complementan una lectura de transición, pero no permiten afirmar que la renovación reduzca permanentemente el ingreso ni que el coeficiente de Huitzilan represente su rentabilidad futura.

Finalmente, la variable Gasto_Capacita (= 1 si el productor realizó gasto en capacitación) tuvo un coeficiente de −0.229807 (p = .0669), con significancia estadística marginal al 10%. Su efecto porcentual corregido indica que realizar gasto en capacitación se asoció, en promedio, con un ingreso aproximadamente 20.5% menor respecto de no reportar dicho gasto, manteniendo constantes las demás variables del modelo. La variable es un proxy de gasto realizado; no mide capacitación recibida, calidad de la asistencia técnica, adopción tecnológica ni capital humano. Tampoco representa una deducción contable de la variable dependiente, que es el valor bruto de las ventas. La literatura económica relacionada debe leerse con la misma precisión: en Uganda, Günther et al. (2025) asociaron la adopción de más de la mitad de un paquete secuenciado de prácticas con un 32% más, pero la exposición fue un paquete de capacitación y adopción, no gasto individual; en Nepal, Banjade y Atreya (2021) encontraron una asociación positiva de acceso a capacitación con ganancias de café; y Carbajo-Alvarez et al. (2025) no encontraron una diferencia significativa de producción pero identificaron mejor eficiencia técnica entre adoptantes. La asociación observada no permite interpretar el gasto como una reducción contable del ingreso bruto del periodo; eventuales beneficios posteriores del gasto no se evaluaron con este diseño.

En conjunto, los resultados muestran asociaciones entre el ingreso bruto anual por venta de café cereza y la extensión cultivada, las condiciones agroecológicas, las decisiones varietales, el manejo productivo, la sanidad del cultivo y las inversiones de corto plazo. No deben interpretarse como relaciones causales definitivas, debido a la posible existencia de factores no observados que también podrían incidir en el ingreso de los productores.

3.7 Conclusiones

En las 134 unidades de producción cafetalera analizadas en Huitzilan de Serdán, el ingreso bruto anual obtenido por la venta de café cereza se asoció positivamente con la altitud, la superficie cultivada, el número total de plantas de café en producción y la presencia de las variedades Garnica y Marsellesa. El cafetal que se encontraba actualmente en proceso de renovación presentó una asociación negativa estadísticamente significativa. La presencia reportada de ojo de gallo y la realización de gasto en capacitación también mostraron asociaciones negativas, pero con evidencia estadística más débil. En consecuencia, el ingreso bruto anual no se vincula con un único atributo, sino con un conjunto de características estructurales, agroecológicas, varietales, fitosanitarias y de manejo observadas en el contexto estudiado.

La lectura integrada de los resultados exige conservar las diferencias entre las variables. El número total de plantas de café en producción no equivale a plantas por hectárea ni a una densidad agronómica calculada; al estar la superficie incluida en el modelo, su asociación se interpreta de manera condicional a esa superficie. Las asociaciones positivas de Garnica y Marsellesa corresponden a Huitzilan y no permiten atribuir a las variedades una ventaja económica general. La altitud representa una condición territorial, mientras que el ojo de gallo sólo identifica presencia reportada, no incidencia, severidad ni pérdida económica cuantificada. A su vez, Renovacion expresa un estado contemporáneo de transición, no el retorno de largo plazo de renovar, y Gasto_Capacita es un proxy de gasto realizado, no una medida de capacitación recibida, asistencia técnica, adopción o capital humano.

El estudio aporta evidencia local sobre los factores asociados con un resultado económico definido de manera específica: el ingreso bruto anual por venta de café cereza. Su alcance es asociativo y transversal; por ello, los resultados no identifican efectos causales ni se generalizan a todos los productores de café de México. Las medidas simplificadas de plantas, sanidad, renovación y gasto en capacitación, así como la limitada literatura directamente comparable, delimitan las inferencias posibles. Futuros estudios pueden complementar esta evidencia mediante seguimientos longitudinales y mediciones más precisas de la población de plantas, condición fitosanitaria, trayectorias de renovación y características de la capacitación, además de incorporar costos cuando el propósito sea analizar rentabilidad.

3.8 Referencias

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural del Gobierno de Puebla. (2025). Café poblano. Gobierno del Estado de Puebla. **¡Error! Referencia de hipervínculo no válida.**

Secretaría de Economía. (2024). Huitzilan de Serdán: Economía, empleo, equidad, calidad de vida, educación, salud y seguridad pública. Data México. Gobierno de México. **¡Error! Referencia de hipervínculo no válida.**

Benítez-García, E., Jaramillo-Villanueva, J. L., Escobedo-Garrido, S., & Mora-Flores, S. (2015). Caracterización de la producción y del comercio de café en el municipio de Cuetzalan, Puebla. Agricultura, Sociedad y Desarrollo, 12(2), 181–198. https://doi.org/10.22231/asyd.v12i2.147

Committee on Sustainability Assessment. (2025). Mexico's coffee value chain: Insights into production costs, actual income of coffee farmers, and supply chain efficiency. International Coffee Organization. https://ico.org/global-knowledge-hub/wp-content/uploads/2025/03/Mexico_Coffee-Value-Chain-Study.pdf

DaMatta, F. M., Ronchi, C. P., Maestri, M., & Barros, R. S. (2007). Ecophysiology of coffee growth and production. Brazilian Journal of Plant Physiology, 19(4), 485–510. https://doi.org/10.1590/S1677-04202007000400014

Cruz Reyes, M. A. (2017). Productividad y rentabilidad potencial del café (Coffea arabica L.) en el trópico mexicano. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 7(8), 2011–2024. https://doi.org/10.29312/remexca.v7i8.133

Fobelets, V., Rusman, A., & de Groot Ruiz, A. (2017). Assessing coffee farmer household income [Report]. Fairtrade International. https://www.fairtrade.net/content/dam/fairtrade/max-havelaar-france/publications/etudes-impact/Assessing_Coffee_Farmer_Household_Income_Report_2017.pdf

García-Domínguez, J. U., Villegas-Aparicio, Y., Duran-Medina, E., Carrillo-Rodríguez, J. C., Sangerman-Jarquín, D. M., & Castañeda-Hidalgo, E. (2021). Descripción y análisis de productores de café de la región Mixe, Oaxaca. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 12(7), 1235–1247. https://doi.org/10.29312/remexca.v12i7.2781

H. Ayuntamiento de Huitzilan de Serdán. (2024). Plan Municipal de Desarrollo 2024–2027 Huitzilan de Serdán. https://www.huitzilandeserdanpue.gob.mx/files/gobierno/pmd/Plan%20Municipal%20de%20Desarrollo%202024%20-%202027%20Huitzilan.pdf

Harvey, C. A., Pritts, A. A., Zwetsloot, M. J., Jansen, K., Pulleman, M. M., Armbrecht, I., Avelino, J., Barrera, J. F., Bunn, C., Hoyos García, J., Isaza, C., Muñoz-Ucros, J., Pérez-Alemán, C. J., Rahn, E., Robiglio, V., Somarriba, E. J., & Valencia, V. (2021). Transformation of coffee-growing landscapes across Latin America: A review. Agronomy for Sustainable Development, 41, Article 62. https://doi.org/10.1007/s13593-021-00712-0

International Coffee Organization. (2026). ICO's campaign highlights coffee as part of the solution to global challenges. https://ico.org/

Jaramillo-Villanueva, J. L., Guerrero-Carrera, J., Vargas-López, S., & Bustamante-González, A. (2021). Use of agricultural technology, yields and economic profitability of small-scale producers (Coffea arabica L.). Agro Productividad, 14(11), 99–106. https://doi.org/10.32854/agrop.v14i11.1995

Jaramillo-Villanueva, J. L., Guerrero-Carrera, J., Vargas-López, S., & Bustamante-González, Á. (2022). Percepción y adaptación de productores de café al cambio climático en Puebla y Oaxaca, México. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios, 9(1), e3170. https://doi.org/10.19136/era.a9n1.3170

Lalani, B., Lanza, G., Leiva, B., Mercado, L., & Haggar, J. (2024). Shade versus intensification: Trade-off or synergy for profitability in coffee agroforestry systems? Agricultural Systems, 214, Article 103814. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2023.103814

Leguizamo-Sotelo, G., Ramírez-Dávila, J. F., Salgado-Siclán, M. L., Partida-Sedas, J. G., & Rubí-Arriaga, M. (2023). Tipificación de la cafeticultura en Temascaltepec, Estado de México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 14(6), e3299. https://doi.org/10.29312/remexca.v14i6.3299

Leguizamo-Sotelo, G., Salgado-Siclán, M. L., & Rubí-Arriaga, M. (2023). Aspectos sociodemográficos, económicos, agronómicos y culturales de los cafeticultores del municipio de Sultepec, Estado de México, México. Acta Agrícola y Pecuaria, 9, e0091015. https://doi.org/10.30973/aap/2023.9.0091015

Leguizamo-Sotelo, G., Salgado-Siclán, M. L., & Rubí-Arriaga, M. (2024). Análisis de la producción de café (Coffea arabica L.), en Amatepec, Estado de México. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios, 11(1), e3840. https://doi.org/10.19136/era.a11n1.3840

Leiva, B., Vargas, A., Casanoves, F., & Haggar, J. (2024). Changes in the economics of coffee production between 2008 and 2019: A tale of two Central American countries. Frontiers in Sustainable Food Systems, 8, Article 1376051. https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1376051

López-García, F. J., Escamilla-Prado, E., Zamarripa-Colmenero, A., & Cruz-Castillo, J. G. (2016). Producción y calidad en variedades de café (Coffea arabica L.) en Veracruz, México. Revista Fitotecnia Mexicana, 39(3), 297–304. https://doi.org/10.35196/rfm.2016.3.297-304

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2024). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola: Cierre de la producción agrícola 2024 [Base de datos]. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Recuperado el 24 de junio de 2026, de https://nube.agricultura.gob.mx/cierre_agricola/

Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. (2016). Ojo de gallo: Mycena citricolor Berkeley & Curtis. Ficha técnica No. 49. Dirección General de Sanidad Vegetal, Programa de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. https://prod.senasica.gob.mx/SIRVEF/ContenidoPublico/Roya%20cafeto/Fichas%20tecnicas/Ficha%20T%C3%A9cnica%20de%20Ojo%20de%20gallo.pdf

Siles, P., Cerdán, C. R., & Staver, C. (2022). Smallholder coffee in the global economy: A framework to explore transformation alternatives of traditional agroforestry for greater economic, ecological, and livelihood viability. Frontiers in Sustainable Food Systems, 6, Article 808207. https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.808207

Tablas González, I., Guerrero Rodríguez, J. D., Aceves Ruiz, E., Álvarez Calderón, N. M., Laínez-Loyo, E., & Olvera Hernández, J. I. (2021). El cultivo de café en Ojo de Agua de Cuauhtémoc, Malinaltepec, Guerrero. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 12(6), 1031–1042. https://doi.org/10.29312/remexca.v12i6.2736

United Nations Conference on Trade and Development. (2024, 23 de diciembre). Coffee value chains: Enhancing traceability in Latin America. https://unctad.org/news/coffee-value-chains-enhancing-traceability-latin-america

United States Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service. (2026, 13 de mayo). Coffee annual: Mexico (Report No. MX2026-0026). https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Coffee+Annual_Mexico+City_Mexico_MX2026-0026.pdf

Vázquez-López, P., Espinoza-Arellano, J. de J., González-Mancilla, A., & Guerrero-Ramos, L. A. (2022). Características de productores y plantaciones de café en la zona norte de Chiapas. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 13(28), 101–110. https://doi.org/10.29312/remexca.v13i28.3266

Banjade, N., & Atreya, K. (2021). Coffee income and its determinants: A case of Deusa village, Nepal. Archives of Agriculture and Environmental Science, 6(2), 240–248. https://doi.org/10.26832/24566632.2021.0602017

Carbajo-Alvarez, G., Rosero, G., & Brümmer, B. (2025). Do sustainable agricultural practices boost production and technical efficiency? A case study of coffee smallholders in Peru. Agribusiness, 41(4), 936–954. https://doi.org/10.1002/agr.22005

Díaz-Gutiérrez, C. (2019). Financial profitability in the renewal of coffee plantations, in Los Santos, Costa Rica. Tecnología en Marcha, 32(1), 179–192. https://doi.org/10.8845/tm.v32.i1.4127

Dilas-Jiménez, O., Zelada-Valqui, J., Carrasco-Barturén, W., & Mugruza-Vassallo, C. (2022). Phenotypic performance evaluation of the coffee variety Marsellesa® over 1400 meters a.s.l. as an alternative for coffee growing. Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 23(3), e2344. https://doi.org/10.21930/rcta.vol23_num3_art:2344

Espindula, M. C., Tavella, L. B., Schmidt, R., Rocha, R. B., Dias, J. R. M., Bravin, M. P., & Partelli, F. L. (2021). Yield of robusta coffee in different spatial arrangements. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 56, e02516. https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2021.v56.02516

Fajardo-Franco, M. L., Aguilar-Tlatelpa, M., & Guzmán-Plazola, R. A. (2020). Biofungicides evaluation in two coffee cultivars for Hemileia vastatrix control. Revista Mexicana de Fitopatología, 38(2), 293–306. https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.2001-1

Georget, F., Marie, L., Alpizar, E., Courtel, P., Bordeaux, M., Hidalgo, J. M., Marraccini, P., Breitler, J.-C., Déchamp, E., Ponçon, C., Etienne, H., & Bertrand, B. (2019). Starmaya: The first Arabica F1 coffee hybrid produced using genetic male sterility. Frontiers in Plant Science, 10, 1344. https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01344

Granados-Montero, M., Avelino, J., Arauz-Cavallini, F., Castro-Tanzi, S., & Ureña, N. (2020). Hojarasca e inóculo de Mycena citricolor sobre la epidemia de ojo de gallo. Agronomía Mesoamericana, 31(1), 77–94. https://doi.org/10.15517/am.v31i1.36614

Günther, M. K., Bosch, C., Ewel, H., Nawrotzki, R., & Kato, E. (2025). Step by step to higher yields? Adoption and impacts of a sequenced training approach for climate-smart coffee production in Uganda. International Journal of Agricultural Sustainability, 23(1), 2545042. https://doi.org/10.1080/14735903.2025.2545042

Juárez-Sánchez, J. P., Apodaca, C., Ramírez-Valverde, B., Méndez, J., & Díaz, R. (2024). Transformación del paisaje cafetalero ante la política agrícola y variabilidad climática en espacios indígenas de Puebla. Revista de Geografía Norte Grande, 88, 1–19. https://doi.org/10.4067/S0718-34022024000200111

Marie, L., Abdallah, C., Campa, C., Courtel, P., Bordeaux, M., Navarini, L., Lonzarich, V., Bosselmann, A. S., Turreira-García, N., Alpizar, E., Georget, F., Breitler, J.-C., Etienne, H., & Bertrand, B. (2020). G × E interactions on yield and quality in Coffea arabica: New F1 hybrids outperform American cultivars. Euphytica, 216, Article 78. https://doi.org/10.1007/s10681-020-02608-8

Morel, A. C., Hirons, M., Demissie, S., Gonfa, T., Mehrabi, Z., Long, P. R., Rifai, S., Woldemariam Gole, T., Mason, J., McDermott, C. L., Boyd, E., Robinson, E. J. Z., Malhi, Y., & Norris, K. (2019). The structures underpinning vulnerability: Examining landscape-society interactions in a smallholder coffee agroforestry system. Environmental Research Letters, 14(7), 075006. https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab2280

Ntamwira, J., Ocimati, W., Shabani, G., Safari, N. K., Kearsley, E., & Blomme, G. (2026). Integrated management packages accelerate agroecological recovery and improve the economic viability of degraded coffee systems. Frontiers in Agronomy, 8, 1824812. https://doi.org/10.3389/fagro.2026.1824812

Pino-Miranda, E., Ramírez-Dávila, J. F., Serrato-Cuevas, R., Mejía-Carranza, J., & Tapia-Rodríguez, A. (2022). Spatial and temporal distribution of ojo de gallo (Mycena citricolor) in coffee plantations of the State of Mexico. Revista Mexicana de Fitopatología, 40(3), 433–446. https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.2204-2

Rendón Sáenz, J. R. (2021). Coffee production of the Castillo® variety at high planting densities with one and two stems per site. Cenicafé, 72(1), e72106. https://doi.org/10.38141/10778/72106

Toledo, S. V. de, & Barros, I. de. (1999). Influence of plant density and pruning system on the yield of coffee. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 34(8), 1379–1384. https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab1999.v34.5365

Tulyanje, D. K., Francis, H. S., & Hauli, E. A. (2025). Effects of coffee production on household income among smallholder farmers in Mbinga District, Tanzania. Rural Planning Journal, 27(2), 10–24. https://doi.org/10.59557/rpj.25.2.2025.219

CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES GENERALES

El análisis econométrico permitió identificar que el ingreso bruto anual obtenido por la venta de café cereza de los pequeños productores cafetaleros de Huitzilan de Serdán se encuentra asociado con factores productivos, agroecológicos y de manejo de la unidad de producción. La superficie cultivada, el número total de plantas de café, la altitud y la presencia de las variedades Garnica y Marsellesa presentaron asociaciones positivas y estadísticamente significativas con el ingreso. En contraste, la condición contemporánea del cafetal en proceso de renovación mostró una asociación negativa significativa, mientras que la presencia reportada de ojo de gallo y el gasto en capacitación presentaron asociaciones negativas con evidencia estadística más débil. En conjunto, estos resultados respaldan la hipótesis general de que las diferencias de ingreso entre los productores estudiados se relacionan con un conjunto de características estructurales, agroecológicas, varietales, fitosanitarias y de manejo, aunque con magnitudes y niveles de evidencia distintos.

Los hallazgos muestran que el desempeño económico inmediato de las pequeñas unidades cafetaleras no puede comprenderse exclusivamente a partir de la escala productiva ni de una sola práctica de manejo. La superficie y el número total de plantas reflejan dimensiones de la estructura productiva; la altitud representa una condición agroecológica del territorio; las variedades expresan diferencias en la composición del cafetal; y la sanidad, la renovación y la capacitación corresponden a condiciones o decisiones de manejo cuyos resultados pueden manifestarse de manera diferenciada en el tiempo. En particular, la asociación negativa observada para la renovación debe interpretarse como correspondiente al estado contemporáneo de transición del cafetal y no como evidencia de que renovar sea económicamente desfavorable en el largo plazo. De igual manera, el gasto en capacitación representa únicamente la realización de un desembolso y no permite concluir que la capacitación, por sí misma, reduzca el ingreso; mientras que la variable ojo de gallo registra presencia y no mide incidencia, severidad ni pérdida económica.

Desde el punto de vista científico, la investigación aporta evidencia a escala de productor sobre un resultado económico delimitado de manera específica: el ingreso bruto anual por venta de café cereza. Esta definición permite distinguir el fenómeno analizado de otros indicadores frecuentemente empleados en la literatura, como rendimiento, productividad, eficiencia técnica, ingreso del hogar, utilidad o rentabilidad. La revisión de literatura mostró que existe un cuerpo importante de conocimiento sobre los mecanismos productivos, agroecológicos y de manejo relacionados con la cafeticultura, pero la evidencia directamente comparable que examine conjuntamente estos factores respecto del ingreso bruto por venta de café cereza continúa siendo limitada. En este sentido, el estudio contribuye a reducir parcialmente ese vacío de comparabilidad para el contexto de Huitzilan de Serdán, sin pretender establecer relaciones causales ni generalizar automáticamente los resultados a otras regiones productoras.

En términos de política y gestión cafetalera, los resultados sugieren que las intervenciones dirigidas a pequeños productores podrían beneficiarse de una mayor diferenciación de las unidades productivas, en lugar de aplicar esquemas homogéneos de apoyo. Una orientación general podría considerar diagnósticos que integren superficie, población de plantas, condiciones agroecológicas, composición varietal, situación fitosanitaria y etapa de renovación del cafetal. Asimismo, la asociación contemporánea observada durante la renovación justifica evaluar instrumentos de acompañamiento técnico y financiero que consideren el periodo de transición antes de que las nuevas plantaciones alcancen su capacidad productiva. En materia fitosanitaria, resulta pertinente fortalecer sistemas de monitoreo que no se limiten a registrar presencia de enfermedades, sino que permitan cuantificar incidencia, severidad y pérdidas productivas. De igual forma, los programas de capacitación podrían incorporar mecanismos de seguimiento que permitan conocer no sólo cuánto gastan los productores, sino qué capacitación reciben, su pertinencia técnica, su adopción y los resultados posteriores. Estas orientaciones deben entenderse como áreas de política que requieren evaluación, no como efectos causales demostrados por el modelo.

Para los productores, organizaciones y autoridades locales, los resultados aportan elementos para mejorar el diagnóstico de las unidades cafetaleras y reconocer que productores ubicados en un mismo territorio pueden enfrentar condiciones estructurales y agroecológicas distintas. Esto abre la posibilidad de diseñar esquemas de acompañamiento más focalizados, particularmente en renovación, sanidad, manejo varietal y fortalecimiento técnico. También resulta relevante mejorar los sistemas locales de información productiva y económica, de manera que el seguimiento de los cafetales incorpore no sólo volumen de producción, sino superficie efectiva, población y edad de las plantas, estado sanitario, variedades, precios recibidos, gastos de manejo y características de la comercialización. Una base de información de esta naturaleza permitiría evaluar posteriormente programas e intervenciones con mayor precisión.

Las principales limitaciones del estudio delimitan también su alcance. La información corresponde a un diseño transversal y observacional, por lo que las relaciones estimadas deben interpretarse como asociaciones condicionadas y no como efectos causales. El resultado económico analizado es ingreso bruto y, por tanto, no incorpora los costos necesarios para estimar utilidad o rentabilidad. El número total de plantas no constituye una medida calculada de plantas por hectárea; ojo de gallo representa presencia reportada; renovación identifica el estado contemporáneo del cafetal; y gasto en capacitación funciona como un proxy de desembolso. Estas características no invalidan los resultados, pero establecen con precisión qué puede y qué no puede inferirse a partir de ellos.

Las investigaciones posteriores deberían dirigirse precisamente hacia los vacíos que la presente tesis permitió identificar. Una primera línea consiste en desarrollar estudios longitudinales o paneles de productores que permitan observar cómo evolucionan el ingreso, la producción y las decisiones de manejo a través del tiempo. Una segunda requiere medir expresamente la densidad de plantas por hectárea y distinguirla del número total de plantas. También se necesitan estudios que cuantifiquen incidencia y severidad de enfermedades y las vinculen con pérdidas económicas; que estimen el desempeño económico de Garnica, Marsellesa y otras variedades bajo diferentes condiciones agroecológicas; y que analicen la renovación mediante horizontes interpolares capaces de separar los costos de transición de los beneficios posteriores. En capacitación, futuras investigaciones deberían diferenciar gasto, acceso, contenido, intensidad, calidad, adopción y resultados. Finalmente, incorporar precios recibidos, costos de producción y formas de comercialización permitiría avanzar desde el estudio del ingreso bruto hacia análisis de rentabilidad y bienestar económico, mientras que diseños longitudinales, experimentales o cuasiexperimentales permitirían evaluar relaciones causales que el diseño actual no pretende identificar.

La investigación muestra que comprender la economía de los pequeños productores cafetaleros requiere articular las características de la unidad

productiva con las condiciones agroecológicas y las decisiones de manejo bajo las cuales se desarrolla el cultivo. Para Huitzilan de Serdán, esta perspectiva permite pasar de una lectura centrada exclusivamente en producción o rendimiento hacia una comprensión más amplia de los factores asociados con el ingreso que efectivamente obtiene el productor por la venta de café cereza. El conocimiento generado constituye así una base empírica para profundizar la investigación económica de la cafeticultura y para orientar, con la cautela correspondiente, estrategias diferenciadas de acompañamiento a la pequeña producción.

CAPÍTULO 5. LITERATURA CITADA

Aguilar-Luna, J. M., Hernández-Vargas, L., & Hernández-Ángel, R. (2025). Root biostimulation and solar irradiation in Coffea arabica L. nursery plants. Agronomía Mesoamericana, 36, Article 59975. https://doi.org/10.15517/am.2024.59975

Arslan, A. (2024). Paying more to make less: Value degrading in the coffee value chain in eastern Uganda. American Journal of Agricultural Economics, 106(1), 96–117. https://doi.org/10.1111/ajae.12389

Banjade, N., & Atreya, K. (2021). Coffee income and its determinants: A case of Deusa village, Nepal. Archives of Agriculture and Environmental Science, 6(2), 240–248. https://doi.org/10.26832/24566632.2021.0602017

Benítez-García, E., Jaramillo-Villanueva, J. L., Escobedo-Garrido, S., & Mora-Flores, S. (2015). Caracterización de la producción y del comercio de café en el municipio de Cuetzalan, Puebla. Agricultura, Sociedad y Desarrollo, 12(2), 181–198. https://doi.org/10.22231/asyd.v12i2.147

Carbajo-Alvarez, G., Rosero, G., & Brümmer, B. (2025). Do sustainable agricultural practices boost production and technical efficiency? A case study of coffee smallholders in Peru. Agribusiness, 41(4), 936–954. https://doi.org/10.1002/agr.22005

Committee on Sustainability Assessment. (2025). Mexico's coffee value chain: Insights into production costs, actual income of coffee farmers, and supply chain efficiency. International Coffee Organization. https://ico.org/global-knowledge-hub/wp-content/uploads/2025/03/Mexico_Coffee-Value-Chain-Study.pdf

Cruz Reyes, M. A. (2017). Productividad y rentabilidad potencial del café (Coffea arabica L.) en el trópico mexicano. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 7(8), 2011–2024. https://doi.org/10.29312/remexca.v7i8.133

DaMatta, F. M., Ronchi, C. P., Maestri, M., & Barros, R. S. (2007). Ecophysiology of coffee growth and production. Brazilian Journal of Plant Physiology, 19(4), 485–510. https://doi.org/10.1590/S1677-04202007000400014

Dilas-Jiménez, O., Zelada-Valqui, J., Carrasco-Barturén, W., & Mugruza-Vassallo, C. (2022). Phenotypic performance evaluation of the coffee variety Marsellesa® over 1400 meters a.s.l. as an alternative for coffee growing. Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 23(3), e2344. https://doi.org/10.21930/rcta.vol23_num3_art:2344

Díaz-Gutiérrez, C. (2019). Financial profitability in the renewal of coffee plantations, in Los Santos, Costa Rica. Tecnología en Marcha, 32(1), 179–192. https://doi.org/10.8845/tm.v32.i1.4127

Escudero-Leyva, E., Granados-Montero, M. del M., Orozco-Ortiz, C., Araya-Valverde, E., Alvarado-Picado, E., Chaves-Fallas, J. M., Aldrich-Wolfe, L., & Chaverri, P. (2023). The endophytobiome of wild Rubiaceae as a source of antagonistic fungi against the American leaf spot of coffee (Mycena citricolor). Journal of Applied Microbiology, 134(5), lxad090. https://doi.org/10.1093/jambio/lxad090

Espindula, M. C., Tavella, L. B., Schmidt, R., Rocha, R. B., Dias, J. R. M., Bravin, M. P., & Partelli, F. L. (2021). Yield of robusta coffee in different spatial arrangements. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 56, e02516. https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2021.v56.02516

Fajardo-Franco, M. L., Aguilar-Tlatelpa, M., & Guzmán-Plazola, R. A. (2020). Biofungicides evaluation in two coffee cultivars for Hemileia vastatrix control. Revista Mexicana de Fitopatología, 38(2), 293–306. https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.2001-1

Fobelets, V., Rusman, A., & de Groot Ruiz, A. (2017). Assessing coffee farmer household income [Report]. Fairtrade International. https://www.fairtrade.net/content/dam/fairtrade/max-havelaar-france/publications/etudes-impact/Assessing_Coffee_Farmer_Household_Income_Report_2017.pdf

García-Domínguez, J. U., Villegas-Aparicio, Y., Duran-Medina, E., Carrillo-Rodríguez, J. C., Sangerman-Jarquín, D. M., & Castañeda-Hidalgo, E. (2021). Descripción y análisis de productores de café de la región Mixe, Oaxaca. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 12(7), 1235–1247. https://doi.org/10.29312/remexca.v12i7.2781

Georget, F., Marie, L., Alpizar, E., Courtel, P., Bordeaux, M., Hidalgo, J. M., Marraccini, P., Breitler, J.-C., Déchamp, E., Ponçon, C., Etienne, H., & Bertrand, B. (2019). Starmaya: The first Arabica F1 coffee hybrid produced using genetic male sterility. Frontiers in Plant Science, 10, 1344. https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01344

Gokavi, N., Mote, K., Jayakumar, M., Raghuramulu, Y., & Surendran, U. (2021). The effect of modified pruning and planting systems on growth, yield, labour use efficiency and economics of Arabica coffee. Scientia Horticulturae, 276, 109764. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109764

Granados-Montero, M., Avelino, J., Arauz-Cavallini, F., Castro-Tanzi, S., & Ureña, N. (2020). Hojarasca e inóculo de Mycena citricolor sobre la epidemia de ojo de gallo. Agronomía Mesoamericana, 31(1), 77–94. https://doi.org/10.15517/am.v31i1.36614

Günther, M. K., Bosch, C., Ewel, H., Nawrotzki, R., & Kato, E. (2025). Step by step to higher yields? Adoption and impacts of a sequenced training approach for climate-smart coffee production in Uganda. International Journal of Agricultural Sustainability, 23(1), 2545042. https://doi.org/10.1080/14735903.2025.2545042

Harvey, C. A., Pritts, A. A., Zwetsloot, M. J., Jansen, K., Pulleman, M. M., Armbrecht, I., Avelino, J., Barrera, J. F., Bunn, C., Hoyos García, J., Isaza, C., Muñoz-Ucros, J., Pérez-Alemán, C. J., Rahn, E., Robiglio, V., Somarriba, E. J., & Valencia, V. (2021). Transformation of coffee-growing landscapes across Latin America: A review. Agronomy for Sustainable Development, 41, Article 62. https://doi.org/10.1007/s13593-021-00712-0

H. Ayuntamiento de Huitzilan de Serdán. (2024). Plan Municipal de Desarrollo 2024–2027 Huitzilan de Serdán. https://www.huitzilandeserdanpue.gob.mx/files/gobierno/pmd/Plan%20Municipal%20de%20Desarrollo%202024%20-%202027%20Huitzilan.pdf

International Coffee Organization. (2026). ICO's campaign highlights coffee as part of the solution to global challenges. https://ico.org/

Jaramillo-Villanueva, J. L., Guerrero-Carrera, J., Vargas-López, S., & Bustamante-González, A. (2021). Use of agricultural technology, yields and economic profitability of small-scale producers (Coffea arabica L.). Agro Productividad, 14(11), 99–106. https://doi.org/10.32854/agrop.v14i11.1995

Jaramillo-Villanueva, J. L., Guerrero-Carrera, J., Vargas-López, S., & Bustamante-González, Á. (2022). Percepción y adaptación de productores de café al cambio climático en Puebla y

Oaxaca, México. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios, 9(1), e3170. https://doi.org/10.19136/era.a9n1.3170

Juárez-Sánchez, J. P., Apodaca, C., Ramírez-Valverde, B., Méndez, J., & Díaz, R. (2024). Transformación del paisaje cafetalero ante la política agrícola y variabilidad climática en espacios indígenas de Puebla. Revista de Geografía Norte Grande, 88, 1–19. https://doi.org/10.4067/S0718-34022024000200111

Lalani, B., Lanza, G., Leiva, B., Mercado, L., & Haggar, J. (2024). Shade versus intensification: Trade-off or synergy for profitability in coffee agroforestry systems? Agricultural Systems, 214, Article 103814. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2023.103814

Leguizamo-Sotelo, G., Ramírez-Dávila, J. F., Salgado-Siclán, M. L., Partida-Sedas, J. G., & Rubí-Arriaga, M. (2023). Tipificación de la cafeticultura en Temascaltepec, Estado de México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 14(6), e3299. https://doi.org/10.29312/remexca.v14i6.3299

Leguizamo-Sotelo, G., Salgado-Siclán, M. L., & Rubí-Arriaga, M. (2024). Análisis de la producción de café (Coffea arabica L.), en Amatepec, Estado de México. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios, 11(1), e3840. https://doi.org/10.19136/era.a11n1.3840

Leguizamo-Sotelo, G., Salgado-Siclán, M. L., & Rubí-Arriaga, M. (2023). Aspectos sociodemográficos, económicos, agronómicos y culturales de los cafeticultores del municipio de Sultepec, Estado de México, México. Acta Agrícola y Pecuaria, 9, e0091015. https://doi.org/10.30973/aap/2023.9.0091015

Leiva, B., Vargas, A., Casanoves, F., & Haggar, J. (2024). Changes in the economics of coffee production between 2008 and 2019: A tale of two Central American countries. Frontiers in Sustainable Food Systems, 8, Article 1376051. https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1376051

López-García, F. J., Escamilla-Prado, E., Zamarripa-Colmenero, A., & Cruz-Castillo, J. G. (2016). Producción y calidad en variedades de café (Coffea arabica L.) en Veracruz, México. Revista Fitotecnia Mexicana, 39(3), 297–304. https://doi.org/10.35196/rfm.2016.3.297-304

Marie, L., Abdallah, C., Campa, C., Courtel, P., Bordeaux, M., Navarini, L., Lonzarich, V., Bosselmann, A. S., Turreira-García, N., Alpizar, E., Georget, F., Breitler, J.-C., Etienne, H., & Bertrand, B. (2020). G × E interactions on yield and quality in Coffea arabica: New F1 hybrids outperform American cultivars. Euphytica, 216, Article 78. https://doi.org/10.1007/s10681-020-02608-8

Morel, A. C., Hirons, M., Demissie, S., Gonfa, T., Mehrabi, Z., Long, P. R., Rifai, S., Woldemariam Gole, T., Mason, J., McDermott, C. L., Boyd, E., Robinson, E. J. Z., Malhi, Y., & Norris, K. (2019). The structures underpinning vulnerability: Examining landscape-society interactions in a smallholder coffee agroforestry system. Environmental Research Letters, 14(7), 075006. https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab2280

Ntamwira, J., Ocimati, W., Shabani, G., Safari, N. K., Kearsley, E., & Blomme, G. (2026). Integrated management packages accelerate agroecological recovery and improve the economic viability of degraded coffee systems. Frontiers in Agronomy, 8, 1824812. https://doi.org/10.3389/fagro.2026.1824812

Partida-Sedas, J. G., Muñoz Ferreiro, M. N., Vázquez-Odériz, M. L., Romero-Rodríguez, M. Á., & Pérez-Portilla, E. (2019). Influence of the postharvest processing of the “Garnica” coffee variety on the sensory characteristics and overall acceptance of the beverage. Journal of Sensory Studies, 34(4), e12502. https://doi.org/10.1111/joss.12502

Pereira, C. T. M., Sera, G. H., Sera, T., Shigueoka, L. H., Carducci, F. C., Dias da Silva, J. B. G., & Telles, T. S. (2022). Arabica coffee yields and profitability improved by reducing the spacing within the rows. Agronomy Journal, 114, 1220–1228. https://doi.org/10.1002/agj2.20901

Pino-Miranda, E., Ramírez-Dávila, J. F., Serrato-Cuevas, R., Mejía-Carranza, J., & Tapia-Rodríguez, A. (2022). Spatial and temporal distribution of ojo de gallo (Mycena citricolor) in coffee plantations of the State of Mexico. Revista Mexicana de Fitopatología, 40(3), 433–446. https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.2204-2

Rendón Sáenz, J. R. (2021). Coffee production of the Castillo® variety at high planting densities with one and two stems per site. Cenicafé, 72(1), e72106. https://doi.org/10.38141/10778/72106

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural del Gobierno de Puebla. (2025). Café poblano. Gobierno del Estado de Puebla. https://sadr.puebla.gob.mx/images/catalogos/CAFEPOBLANO.pdf

Secretaría de Economía. (2024). Huitzilan de Serdán: Economía, empleo, equidad, calidad de vida, educación, salud y seguridad pública. Data México. Gobierno de México. https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/geo/huitzilan-de-serdan

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2024). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola: Cierre de la producción agrícola 2024 [Base de datos]. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Recuperado el 24 de junio de 2026, de https://nube.agricultura.gob.mx/cierre_agricola/

Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. (2016). Ojo de gallo: Mycena citricolor Berkeley & Curtis. Ficha técnica No. 49. Dirección General de Sanidad Vegetal, Programa de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. https://prod.senasica.gob.mx/SIRVEF/ContenidoPublico/Roya%20cafeto/Fichas%20tecnicas/Ficha%20T%C3%A9cnica%20de%20Ojo%20de%20gallo.pdf

Siles, P., Cerdán, C. R., & Staver, C. (2022). Smallholder coffee in the global economy: A framework to explore transformation alternatives of traditional agroforestry for greater economic, ecological, and livelihood viability. Frontiers in Sustainable Food Systems, 6, Article 808207. https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.808207

Tablas González, I., Guerrero Rodríguez, J. D., Aceves Ruiz, E., Álvarez Calderón, N. M., Laínez-Loyo, E., & Olvera Hernández, J. I. (2021). El cultivo de café en Ojo de Agua de Cuauhtémoc, Malinaltepec, Guerrero. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 12(6), 1031–1042. https://doi.org/10.29312/remexca.v12i6.2736

Toledo, S. V. de, & Barros, I. de. (1999). Influence of plant density and pruning system on the yield of coffee. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 34(8), 1379–1384. https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab1999.v34.5365

Tulyanje, D. K., Francis, H. S., & Hauli, E. A. (2025). Effects of coffee production on household income among smallholder farmers in Mbinga District, Tanzania. Rural Planning Journal, 27(2), 10–24. https://doi.org/10.59557/rpj.25.2.2025.219

United Nations Conference on Trade and Development. (2024, 23 de diciembre). Coffee value chains: Enhancing traceability in Latin America. https://unctad.org/news/coffee-value-chains-enhancing-traceability-latin-america

United States Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service. (2026, 13 de mayo). Coffee annual: Mexico (Report No. MX2026-0026). https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Coffee+Annual_Mexico+City_Mexico_MX2026-0026.pdf

Vázquez-López, P., Espinoza-Arellano, J. de J., González-Mancilla, A., & Guerrero-Ramos, L. Á. (2022). Características de productores y plantaciones de café en la zona norte de Chiapas. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 13(núm. esp. 28), 101–111. https://doi.org/10.29312/remexca.v13i28.3266