



AÑO 31 NO. 113, 2026

ENERO-MARZO

Revista Venezolana de Gerencia





Rentabilidad de sistemas agroforestales: análisis con MICMAC y Ábaco de Régnier

Martelo Gómez, Piedad Mary*
Martelo Ballesteros, Zamir Andrés**
Martelo Gómez, Raul José***

Resumen

El objetivo de este estudio fue analizar los factores clave que afectan la rentabilidad de los sistemas agroforestales, con el fin de evaluar su impacto y sus relaciones de influencia y dependencia. Se utilizaron dos técnicas de análisis: el Ábaco de Régnier, para evaluar la importancia directa de los factores, y el método MICMAC, que permite clasificar con mayor detalle los factores asociados a los sistemas agroforestales. Los resultados muestran que las condiciones climáticas y edáficas, acceso a mercados, y los costos de establecimiento y mantenimiento, entre otros, son considerados los factores más relevantes. Se concluye que, para maximizar la rentabilidad de los sistemas agroforestales, es fundamental adoptar un enfoque integral de gestión. Esto implica, por un lado, optimizar la gestión de los costos y, por otro, realizar una adecuada selección de especies y un manejo técnico eficiente del sistema. De esta manera, se fortalecen las condiciones necesarias para mejorar el desempeño productivo y económico de los sistemas agroforestales. Finalmente, este estudio aporta un entendimiento detallado de los factores que influyen en la rentabilidad de los sistemas agroforestales, lo que permitirá orientar políticas, estrategias de manejo e investigaciones futuras que contribuyan a mejorar la adopción y sostenibilidad de estos sistemas en diferentes contextos agroecológicos.

Palabras clave: Sistemas agroforestales; rentabilidad; factores clave; Ábaco de Régnier; sostenibilidad.

Recibido: 30.07.25

Aceptado: 25.11.25

* Odontóloga. Investigadora independiente. Profesora del Programa de Odontología de la Universidad de Cartagena, Colombia. Email: pmartelog@hotmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5405-0324>.

** Ingeniero de Sistemas, Universidad de Cartagena. Investigador en el grupo de investigación INGESINFO. Email: martelozamir@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6715-4619>

*** Especialista en Redes y Telecomunicaciones; Maestría en Ciencias de la Computación. Ingeniero de sistemas. Profesor Investigador de Tiempo Completo del Programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de Cartagena. Líder del Grupo de Investigación INGESINFO. Cartagena de Indias, Colombia. Email: rmartelog1@unicartagena.edu.co. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4951-0752>.

Profitability of agroforestry systems: analysis with MICMAC and Régnier Abacus

Abstract

The objective of this study was to identify and analyze the key factors affecting the profitability of agroforestry systems, in order to evaluate their impact and their relations of influence and dependence. Two analytical techniques were used: the Régnier Abacus, to assess the direct importance of the factors, and the MICMAC method, which allows for a more detailed classification of the factors associated with agroforestry systems. The results show that climatic and soil conditions, market access, and establishment and maintenance costs, among others, are considered the most relevant factors. It is concluded that, to maximize the profitability of agroforestry systems, it is essential to adopt a comprehensive management approach. This implies, on the one hand, optimizing cost management and, on the other, making appropriate species selections and implementing efficient technical management of the system. In this way, the necessary conditions for improving the productive and economic performance of agroforestry systems are strengthened. Finally, this study provides a detailed understanding of the factors that influence the profitability of agroforestry systems, which will help guide policies, management strategies, and future research that contribute to improving the adoption and sustainability of these systems in different agroecological contexts.

Keywords: Agroforestry systems; profitability; key factors; Régnier abacus; sustainability.

1. Introducción

Los sistemas agroforestales (SA) han ido ganando visibilidad en las últimas décadas, ya que integran la producción agrícola con la gestión de árboles y otros elementos forestales. Además, se les atribuye el potencial de mejorar la sostenibilidad ambiental, de aumentar la biodiversidad y de contribuir a la seguridad alimentaria según recientes investigaciones (Raj et al., 2019). Los SA constituyen una alternativa a la agricultura convencional, aumentando la eficiencia de los recursos y diversificando las fuentes de ingresos de los productores (Rosati et al., 2021), pero todavía hay debate y discusión

acerca de su rentabilidad debido a la variedad de elementos que afectan la gestión del sistema, las condiciones ambientales, el acceso a mercado y políticas públicas (Nair et al., 2021).

Varios autores han analizado los beneficios ecológicos y socioeconómicos que ofrecen los SA. Por ejemplo, para Nair (2011), los SA pueden mejorar la calidad del suelo y disminuir la erosión, mientras que Semroc et al. (2013) destacan su función en la conservación de la biodiversidad. Estudios más recientes, como los de Sánchez et al. (2022) y Castle et al. (2021), han evidenciado que la rentabilidad económica de estos sistemas es muy variable, puesto que

depende de variables como las especies elegidas, el manejo agrícola aplicado y las oscilaciones del mercado agrícola.

A pesar de que ha incrementado el interés por los SA, es urgente comprender mejor los factores que afectan la rentabilidad económica de los SA (Molua, 2005; Zaca et al., 2023) para maximizar los beneficios económicos que pueden aportar los SA y poder así promover su adopción a una escala más amplia. Este estudio pretende contribuir a la literatura científica mediante un análisis que se centra en los factores que puedan afectar a la rentabilidad de los SA. Con la identificación y evaluación de estos factores se espera dar respuesta a la formulación de mejores estrategias para la gestión y puesta en práctica de los SA en los diferentes contextos agroecológicos.

Por lo anterior se puede afirmar que el objetivo de esta investigación fue analizar los factores que influyen en la rentabilidad de los SA. Como hipótesis se manejó que la rentabilidad de los SA depende significativamente de la combinación que se establece entre los factores económicos, ambientales y de gestión; la idea que subyace en esta hipótesis es que se puede mejorar la rentabilidad de los SA si se hace énfasis en la optimización de los factores establecidos, de tal forma que para el agricultor se conviertan en más atractivos.

El alcance de esta investigación se centra en la evaluación de los SA en diferentes contextos, con diferentes prácticas y diferentes entornos de operación del SA, por lo que se considera tanto la parte cualitativa como la cuantitativa en relación con la rentabilidad de los SA. Una limitación importante de este estudio es la heterogeneidad de los datos disponibles y la diversidad de su puesta en práctica

en diferentes regiones, lo que podría influir a la hora de permitir generalizar los resultados.

De la misma manera, el hecho de que el trabajo esté diseñado como un estudio transversal hace que los resultados que ofrece sean una fotografía temporal, sin poder captar, o lo que es lo mismo, hacer frente a, las dinámicas a largo plazo.

2. Enfoque metodológico

Este estudio se enmarca en un diseño descriptivo-exploratorio, dado que el propósito fue identificar y describir los elementos clave que influyen en la rentabilidad de los sistemas agroforestales (Siedlecki, 2020). Este enfoque resultó adecuado porque permitió abordar factores emergentes en el ámbito agroforestal que aún no han sido suficientemente documentados en la literatura (Swedberg, 2020).

La investigación también se desarrolló bajo un diseño no experimental y transversal, ya que no se manipularon variables y el análisis se centró en observar los factores tal como se presentan en la práctica y en las fuentes especializadas (Hernández et al., 2014). El carácter transversal responde a que la recolección de datos se realizó en un único momento, ofreciendo así una imagen puntual de los elementos que inciden en la rentabilidad de los sistemas agroforestales (Hunziker y Blankenagel, 2024).

Asimismo, se adoptó un enfoque metodológico mixto, combinando técnicas cualitativas y cuantitativas para lograr una comprensión más amplia y profunda de la problemática (Sampieri, 2018).

Esta investigación se llevó a cabo mediante una revisión de la literatura

(RL), para conocer e identificar aquellos factores que inciden en la rentabilidad de los SA. Se procedió a utilizar bases de datos científicas como Google Scholar y Scopus, buscando términos tales como “sistemas agroforestales”, “rentabilidad”, “factores económicos”, “sostenibilidad” y “prácticas agrícolas”. Se consideraron artículos publicados en la última década, a fin de garantizar la relevancia, actualidad y veracidad de la información. Se contemplaron estudios empíricos, revisiones sistemáticas y artículos de revisión en inglés y español, y se excluyeron aquellos estudios que no versaban sobre SA, aquellos que contenían muestras no representativas, así como los artículos que no estaban

disponibles en texto completo.

Los métodos de análisis de los datos fueron el Ábaco de Régnier y MICMAC. El método Ábaco de Régnier permitió evaluar cualitativamente los factores que se habían identificado a partir de criterios de impacto económico, sostenibilidad, viabilidad técnica y aceptación entre los agricultores (Godet, 1994). Para poner en práctica el método Ábaco de Régnier, se realizó un cuestionario dirigido a diez especialistas en agroforestería. La evaluación se realizó usando una escala previamente establecida de 1 a 5 (donde 1 es igual a “Muy bajo impacto” y 5 es igual a “Muy alto impacto”), de acuerdo a los criterios especificados en la Tabla 1.

Tabla 1
Escala Ábaco de Régnier

Verde oscuro	5	Muy Alto Impacto
Verde claro	4	Alto Impacto
Amarillo	3	Impacto Neutro
Fucsia	2	Bajo Impacto
Rojo	1	Muy Bajo Impacto
Blanco	0	Sin Respuesta

El método MICMAC (Matriz de Impactos Cruzados multiplicación Aplicada a una Clasificación) fue el método usado para realizar el análisis estructural de los factores, es decir, identificar las relaciones de influencia y de dependencia entre ellos (Arcade et al., 2014). Para aplicar el método, se realizó una matriz de influencia directa y una consulta a un panel de diez expertos en agroforestería, quienes otorgaron el grado de influencia de cada uno de los factores sobre los demás, por lo que el análisis proporcionó una visión de cómo estos factores podrían evolucionar y

cómo podrían afectar la rentabilidad de los SA en el futuro.

El enfoque mixto es precisamente uno de los más apropiados para esta investigación, ya que cubre la totalidad de las dimensiones, tanto cuantitativa como cualitativa, de los factores que desempeñan un rol importante en la rentabilidad de los SA (Angouri y Litoselliti, 2018). La RL ofrece una buena base sobre el estado actual de estos factores (Snyder, 2019), mientras que los métodos Ábaco de Régnier y MICMAC ofrecen una lectura detallada y prospectiva (Godet, 2001).

Conjuntamente, la complementación de ambas estrategias metodológicas garantiza la amplitud del análisis, asegurando una visión completa y rigurosa, imprescindible para establecer recomendaciones basadas en las evidencias y en el análisis estructural.

3. Ábaco de Régnier y análisis MICMAC: Resultados y discusión

En esta sección, se presentan los resultados de este estudio, los cuales se organizan según las metodologías empleadas. El Ábaco de Régnier y el análisis MICMAC permitieron priorizar y clasificar los factores identificados según su influencia y dependencia dentro del sistema agroforestal. Estas técnicas evidenciaron los factores clave que deben ser considerados en futuras estrategias de implementación de SA para que sea exitoso y rentable.

El análisis de la literatura permitió identificar diez factores que influyen en la rentabilidad de los sistemas agroforestales, como se muestra en el

Cuadro 1. La primera columna presenta su numeración; la segunda, un código para facilitar el manejo de los datos durante la aplicación de las técnicas; la tercera, la denominación de cada elemento; y la cuarta, su descripción.

Entre los aspectos más relevantes se destacan la selección de especies (F1), el manejo del sistema (F2), las condiciones climáticas y edáficas (F3), el acceso a mercados (F4) y los costos de establecimiento y mantenimiento (F6).

Estos hallazgos coinciden con estudios previos, donde las condiciones ambientales se reconocen como limitantes estructurales (Mbow et al., 2014), mientras que el acceso a mercados determina la viabilidad económica (Schroth y Ruf, 2014). Asimismo, los costos de establecimiento y mantenimiento han sido señalados como una de las principales barreras para pequeños productores (Do et al., 2020). De este modo, se confirma que la rentabilidad depende de una combinación de factores biofísicos y económicos (cuadro 1), como también lo argumentan Sollen-Norrlin et al. (2020).

Cuadro 1

Factores influyentes identificados en la literatura sobre la rentabilidad de SA

Nº	Código	Nombre	Descripción
1	F1	Selección de especies	La elección de las especies arbóreas y agrícolas es fundamental, ya que algunas especies pueden mejorar la fertilidad del suelo o proporcionar productos de mayor valor económico (Nair, 2011).
2	F2	Manejo del sistema	La gestión adecuada de los componentes agroforestales es crucial para maximizar los beneficios económicos (Mukhlis et al., 2022).
3	F3	Condiciones climáticas y edáficas	Pueden afectar significativamente el crecimiento de las plantas y, por ende, la productividad del sistema (Mbow et al., 2014).
4	F4	Acceso a mercados	La capacidad de los agricultores para vender sus productos a precios competitivos influye directamente en la rentabilidad (Schroth y Ruf, 2014).
5	F5	Políticas públicas y subvenciones	El apoyo gubernamental en forma de políticas favorables, subvenciones o incentivos fiscales puede aumentar la viabilidad económica de los SA (Sollen-Norrlin et al., 2020).

Cont... Cuadro 1

6	F6	Costos establecimiento y mantenimiento	de Los costos iniciales de establecimiento y los costos continuos de mantenimiento pueden ser barreras para la adopción y la rentabilidad de estos sistemas (Do et al., 2020).
7	F7	Diversificación productos	de La diversificación de productos agroforestales, como madera, frutas, y otros productos no madereros, puede ofrecer múltiples fuentes de ingresos, reduciendo el riesgo financiero (Notaro et al., 2020).
8	F8	Conocimientos capacitación	y La rentabilidad también está influenciada por el conocimiento técnico y la capacitación de los agricultores en prácticas agroforestales (Kamal et al., 2023).
9	F9	Impacto ambiental	Factores como la mejora de la biodiversidad y la conservación del suelo pueden tener un impacto indirecto en la rentabilidad al mejorar la sostenibilidad a largo plazo (Kaske et al., 2021).
10	F10	Integración con sistemas agrícolas tradicionales	La integración de prácticas agroforestales con sistemas agrícolas tradicionales puede optimizar el uso de recursos y aumentar los rendimientos (Achmad et al., 2022).

Tras la selección y validación de los factores por parte de los expertos, se procedió a priorizarlos mediante la técnica del Ábaco de Régnier. Para ello, se elaboró un cuestionario específico en el que los expertos evaluaron cada factor utilizando la escala del Ábaco de Régnier. Esta metodología permitió

una priorización rigurosa fundamentada en la experiencia y juicio experto, garantizando la relevancia y precisión en la identificación de los factores clave. En la Tabla 2 se contemplan los resultados de la priorización de factores según su relevancia.

Tabla 2
Prioridad de variables según la metodología del Ábaco de Régnier

F3	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4
F4	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4
F6	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4
F1	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4
F2	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4
F7	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4
F9	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4
F10	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4
F5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4
F8	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4

Los resultados obtenidos con el ábaco de Régnier resaltan que los factores F3 (Condiciones climáticas y edáficas), F4 (Acceso a los mercados), F6 (Costos de establecimiento y mantenimiento), F1 (Selección de especies) y F2 (Manejo

del sistema) fueron los que obtuvieron las puntuaciones más elevadas desde el punto de vista de su importancia para la rentabilidad de los SA.

En primer lugar, las condiciones climáticas y edáficas son determinantes

para el éxito de cualquier SA porque determina la viabilidad y la productividad de las especies que se puedan plantar. Este resultado lo respaldan Shah y Wu (2019), quienes advierten que la disponibilidad de agua, la calidad del suelo, la temperatura y otros factores ambientales inciden directamente en el crecimiento de los cultivos, elevando así su importancia cuando se trata de rendimientos agrícolas y rentabilidad.

Asimismo, el acceso a los mercados es fundamental para la rentabilidad de los SA ya que, para ganar dinero, los agricultores tienen que tener acceso a los mismos para poder vender sus productos a precios competitivos. Al respecto, Mishra y Mishra (2018) exponen que un mercado que se pueda explotar, por su accesibilidad y estabilidad, garantiza la comercialización de los productos agroforestales y, con ello, minimiza los riesgos económicos y mejora los ingresos.

Por su parte, los costos de instalación y de mantenimiento son determinantes, ya que hacen que los SA sean o no adoptados y mantenidos. Esos costos normalmente contienen la inversión que se necesita para plantar especies, la gestión y los recursos que se requieren para mantener la productividad del sistema. La literatura al respecto apunta que la disminución de los costos del sistema o mejorar en el manejo, da lugar a mejoras en otros componentes del mismo sistema (Place et al., 2013).

También, la elección de las especies constituye un determinante directo para maximizar la rentabilidad de estos sistemas. Esta selección debe considerar la compatibilidad con las condiciones climáticas y edafológicas, su valor económico y su capacidad para mejorar el estado del suelo y la

productividad del sistema, entre otros aspectos. Diversos estudios, como los de Gosling et al. (2021) y Birla et al. (2024), han documentado ampliamente que la selección adecuada de especies es un elemento crítico para optimizar tanto la productividad como la sostenibilidad.

Finalmente, el manejo del sistema aparece también como un determinante clave, ya que permite mejorar rendimientos y reducir riesgos (Sánchez et al., 2022). Estos hallazgos confirman que las decisiones de gestión tienen un papel estratégico, en línea con lo señalado por Place et al. (2013) sobre la influencia de la gestión en la adopción de estos sistemas. En conjunto, la discusión de estos elementos muestra que los expertos no solo priorizan variables relevantes, sino que sus juicios coinciden con los marcos teóricos establecidos en la literatura internacional.

A partir de esta comprensión de los elementos críticos, se procedió a aplicar la técnica MICMAC para profundizar en las relaciones estructurales del sistema. Durante este proceso, se efectuó un análisis exhaustivo de las relaciones de dependencia e influencia directa entre los factores vinculados a la rentabilidad de los SA. Esta metodología permitió clasificar en cuatro categorías: factores clave (con alta influencia y alta dependencia), determinantes (alta influencia, pero baja dependencia), autónomos (baja influencia y baja dependencia), y dependientes (alta dependencia, pero baja influencia).

Para llevar a cabo dicha clasificación, los expertos evaluaron la influencia de cada uno sobre los demás utilizando la Matriz de Influencia/ Dependencia Directa (MID), empleando una escala cualitativa que va desde 0, indicando ausencia de influencia, hasta 3, representando una influencia fuerte.

La tabla 3 muestra los resultados de este proceso, donde se puede ver que el factor F1 ejerce mayormente una fuerte influencia sobre los demás y tiene una

dependencia moderada, excepto en el caso de los factores F7 y F9, con los cuales la relación es débil.

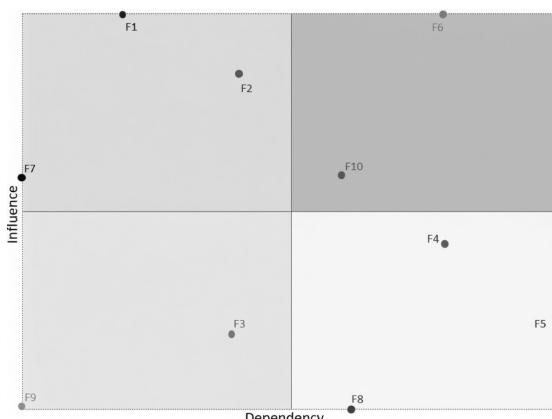
Tabla 3
MID

Influence ↗	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
F1	0	2	3	2	3	3	3	2	2	2
F2	2	0	3	3	3	3	1	2	1	3
F3	2	2	0	2	2	2	2	2	2	2
F4	2	2	2	0	3	2	2	2	2	2
F5	2	2	1	2	0	2	2	2	2	3
F6	3	3	2	2	2	0	3	3	2	2
F7	1	2	3	3	2	3	0	2	2	2
F8	2	2	1	2	2	2	2	0	2	2
F9	1	2	2	2	2	2	2	2	0	2
F10	3	2	2	3	3	2	0	3	2	0

Como resultado del llenado de la MID se obtuvo la clasificación contemplada en la ilustración 1, donde se ubicaron dos factores en el cuadrante de los factores clave: F6 y F10; tres

factores en el cuadrante de los factores determinantes: F1, F2, y F7; dos factores en el cuadrante los factores autónomos: F3 y F9; y tres factores en el cuadrante de los factores dependientes.

Ilustración 1
Plano de influencia/dependencia directa



En el Cuadro 2 se plantea la clasificación de los factores obtenidos a partir de la matriz de influencia indirecta.

Cuadro 2
Clasificación de factores por influencias dependencias directas

Tipo de factor	Factor	Código
Factores Clave	Costos de establecimiento y mantenimiento	F6
	Integración con sistemas agrícolas tradicionales	F10
Factores Determinantes	Selección de especies	F1
	Manejo del sistema	F2
Factores Autónomos	Diversificación de productos	F7
	Condiciones climáticas y edáficas	F3
Factores Dependientes	Impacto ambiental	F9
	Acceso a mercados	F4
Factores Dependientes	Políticas públicas y subvenciones	F5
	Conocimientos y capacitación	F8

La clasificación de los factores obtenida a través del método MICMAC, reflejada en la ilustración 1 y el cuadro 2, se basa en la evaluación de la influencia y dependencia directa de cada factor dentro del sistema evaluado. Esta clasificación permite identificar los factores clave, determinantes, autónomos y dependientes, lo que es crucial para diseñar estrategias efectivas para mejorar la rentabilidad de los SA.

3.1. Factores clave (alta influencia, alta dependencia): F6 y F10

En primer lugar, los Costos de Establecimiento y Mantenimiento (F6) se ubican en el cuadrante de factores clave debido a su alta influencia sobre otros factores y su alta dependencia de las condiciones del sistema y de factores como la selección de especies y las políticas públicas, lo que justifica su alta dependencia. Para Kay et al. (2019), los costos de establecimiento y mantenimiento son críticos porque

impactan directamente en la viabilidad económica del sistema agroforestal.

Por otra parte, la Integración con Sistemas Agrícolas Tradicionales (F10) se clasifica como clave porque repercute en el modo en que los agricultores adoptan prácticas agroforestales y, al mismo tiempo, depende de otros factores como la capacitación y las políticas públicas. La integración de los SA con la agricultura tradicional puede dar lugar a sistemas de agroforestería más eficientes, incrementar la rentabilidad, administrar mejor los recursos y mejorar la resiliencia del sistema, pero la dependencia es clara y puede verse afectada por el manejo y el contexto socioeconómico (Garrity, 2004).

3.2. Factores determinantes (alta influencia, baja dependencia): F1, F2 y F7

La selección de especies (F1) se clasifica como un factor determinante porque tiene una alta influencia en la rentabilidad y en otros factores como el

manejo del sistema y la diversificación de productos, pero su dependencia de otros factores es menor. Nair (2011) destaca que una selección adecuada de especies puede mejorar la resiliencia del sistema, optimizar el uso de los recursos naturales y generar productos de alto valor. Todos estos aspectos contribuyen directamente a la rentabilidad, debido a que elegir las especies correctas puede definir el éxito o fracaso de un sistema agroforestal.

Por su parte, el Manejo del Sistema (F2) tiene un impacto directo en la productividad y sostenibilidad, afectando otros factores como los costos y la selección de especies. Su clasificación como factor determinante se justifica porque, aunque influye en muchos otros factores, su dependencia de los mismos es relativamente baja, lo que le otorga un rol estratégico en la optimización del sistema. Jose et al. (2024) señalan que el manejo efectivo puede aumentar significativamente la rentabilidad al mejorar los rendimientos, reducir las pérdidas y optimizar el uso de los recursos disponibles.

Por último, la Diversificación de Productos (F7) se clasificó como determinante porque una mayor diversificación puede reducir riesgos económicos y mejorar la estabilidad de ingresos, influenciando de esta manera a factores como el acceso a mercados y los costos de mantenimiento. Sin embargo, su dependencia de otros factores es baja, lo que le permite ser capaz de actuar relativamente por sí misma y ser capaz de mejorar la rentabilidad (Schroth y Ruf, 2014).

Estos factores son cruciales para guiar la estrategia y optimización de los SA, ya que tienen la capacidad de influir en otros aspectos sin depender tanto de ellos. Por otra parte, en el análisis

estructural mediante MICMAC, además de los factores clave y determinantes, se identificaron factores autónomos y factores dependientes que, aunque presentan una menor influencia en la dinámica global, son esenciales para comprender la complejidad de los sistemas agroforestales.

3.3. Factores autónomos (baja influencia y baja dependencia)

Los factores autónomos se caracterizan por tener baja influencia y baja dependencia, lo que significa que sus variaciones no afectan significativamente a otros elementos del sistema ni se ven fuertemente condicionados por ellos. En este estudio, estos factores incluyen condiciones climáticas y edáficas e impacto ambiental.

Estudios recientes demuestran que las condiciones climáticas y del suelo son determinantes para la productividad y resiliencia, aun cuando no ejerzan influencia inmediata en dinámicas de mercado o políticas. Por ejemplo, Dardonville et al. (2020) resaltan que la resiliencia agrícola depende en gran medida de la gestión de la diversidad vegetal bajo contextos climáticos variables. Asimismo, Pérez et al. (2016) señalan que las prácticas sostenibles en cultivos de pequeña escala pueden potenciar la capacidad adaptativa de los sistemas frente a la variabilidad edafoclimática.

En cuanto al impacto ambiental, se trata de un factor autónomo porque no condiciona directamente otras variables, pero es el reflejo de la interacción de prácticas productivas con el entorno. Según lo planteado por Laurans y Mermet (2014), este resultado es coherente, ya que la diversidad vegetal en los SA puede aportar beneficios

ambientales indirectos (como servicios ecosistémicos), inclusive si no influye inmediatamente en la toma de decisiones económicas.

3.4. Factores dependientes (Baja influencia y alta dependencia)

Los factores dependientes fueron Acceso a mercados, Políticas públicas y subvenciones, y Conocimientos y capacitación. Estos presentan alta dependencia y baja influencia, lo que significa que están fuertemente condicionados por otros factores, principalmente los económicos, tecnológicos y de gestión, pero su modificación no impacta directamente al sistema.

El acceso a mercados depende de la infraestructura, de los costos de transporte y de las dinámicas de oferta y demanda, más que de la decisión de los productores. En un estudio reciente, Low et al. (2023) evidenciaron que la capacidad de los pequeños agricultores para sostener prácticas agroforestales está limitada por su inserción en cadenas de valor y su acceso a mercados estables.

En el caso de las políticas públicas y subvenciones, se trata de un factor dependiente porque refleja decisiones externas al agricultor, condicionadas por marcos institucionales y dinámicas económicas más amplias. Tal como señalan Schiller et al. (2020), aunque las políticas no determinan por sí solas la adopción de prácticas agroecológicas, sí pueden desbloquear o reforzar barreras socioeconómicas estructurales.

Finalmente, el factor de conocimientos y capacitación está altamente influenciado por el acceso a

programas de extensión, instituciones académicas y redes de innovación. La falta de formación limita la adopción, pero este factor depende a su vez de las políticas educativas y de inversión en capital humano. Estudios recientes en África y Asia han mostrado que la capacitación técnica, aunque dependiente, es un motor indirecto para la sostenibilidad a largo plazo (Abera et al., 2025).

Estos resultados evidencian la relación que guardan entre sí los diferentes factores de los SA. En primer lugar, los factores clave son muy relevantes para mantener la estabilidad y el éxito del sistema debido a su muy alta influencia y dependencia; en segundo lugar, los factores determinantes permiten que el sistema pueda orientarse hacia la rentabilidad; en tercer lugar, los factores autónomos contribuyen de una manera más estática y específica, mientras que los factores dependientes dependen de la influencia de los factores clave y determinantes para incidir en la rentabilidad.

La combinación de ambas técnicas da como resultado una percepción más matizada y solvente del conjunto de factores que afectan la rentabilidad de los SA. El Ábaco de Régnier resaltó la potencia de los factores individuales en cuanto a su impacto directo, mientras que MICMAC otorgó una visión más definida, marcando las relaciones de dependencia e influencia entre los factores.

El hecho de que el Ábaco de Régnier coincida con el método MICMAC en que los factores F6 (Costos de establecimiento y mantenimiento) y F1 (Selección de especies) son determinantes en la rentabilidad, resulta contundente, dado que tanto F6 como F1 no solo inciden de forma directa en

los resultados económicos, sino que además poseen un gran impacto en la estructura y funcionamiento del mismo. Esto provoca que empiece a influir en factores como el acceso a mercados, la ventaja competitiva (referente a la variedad de productos) e incluso los costos de mantenimiento.

De igual manera, la identificación de F3 (Condiciones climáticas y edáficas) como un factor relevante, pero en este caso con una escasa capacidad de incidencia al ser inferior que otros factores más controlables, resulta lógica, y revela la naturaleza intrínseca de las condiciones ambientales (limitantes estructurales que son aprovechadas en vez de ser modificables). Por último, aunque el factor F10 (Integración con sistemas agrícolas tradicionales) se identifica como determinante en el análisis del método del MICMAC y no aparece destacado en el Ábaco de Régnier, su incidencia en la eficiencia y sostenibilidad de los sistemas agroforestales lo convierte en un componente altamente estratégico.

4. Conclusiones

Los resultados de este estudio evidenciaron que la rentabilidad de los sistemas agroforestales no depende de un único elemento, sino de la interacción compleja entre factores económicos, ambientales y de gestión. Más que identificar variables aisladas, el aporte principal es mostrar que estos factores se configuran como un entramado interdependiente en el que los costos de adopción y la integración con prácticas agrícolas tradicionales resultan decisivos para la sostenibilidad y viabilidad económica.

En este sentido, la aplicación conjunta de las técnicas MICMAC y

Ábaco de Régnier permitió no solo priorizar los factores, sino también comprender las relaciones de influencia y dependencia entre ellos, aportando un marco metodológico robusto para futuros estudios en el área.

Desde una perspectiva práctica, consideramos que las estrategias dirigidas a mejorar la rentabilidad de los sistemas agroforestales deben contemplar enfoques integrales: apoyo a la reducción de costos de establecimiento y mantenimiento, fortalecimiento de mercados, selección adecuada de especies y políticas públicas que favorezcan la integración con sistemas agrícolas tradicionales.

Finalmente, este trabajo aporta a la literatura científica al ofrecer una visión estructural y multidimensional de la rentabilidad en agroforestería, lo cual constituye una base para diseñar políticas, orientar la toma de decisiones y abrir nuevas líneas de investigación centradas en la sostenibilidad y la adopción a gran escala.

Como recomendación se puede optar por una óptica integral que contemple los aspectos económicos y técnicos en la gestión de SA. Para ello, los esfuerzos deben ir orientados a la optimización de los aspectos clave y determinantes, asegurando la adecuada elección de especies, manejo del sistema, diversificación de productos, todo ello en un marco de apoyo de políticas públicas adecuadas y accesibles al mercado. A la misma vez, es importante incorporar las prácticas agroforestales con los sistemas agrícolas tradicionales para así mejorar la sostenibilidad y los resultados económico-financieros a largo plazo.

Futuras investigaciones deberían profundizar mediante estudios longitudinales que permitan analizar cómo evolucionan en el tiempo los

factores que influyen en la rentabilidad, superando así la naturaleza estática del diseño transversal empleado en este estudio. También se recomienda desarrollar análisis regionales, dado que la influencia de los factores puede variar según condiciones ecológicas, económicas y sociales propias de cada territorio. Asimismo, es necesario incorporar explícitamente dimensiones socioculturales como percepciones de riesgo, prácticas tradicionales y dinámicas comunitarias que inciden en la adopción y sostenibilidad de los sistemas agroforestales.

Otra línea de avance consiste en utilizar modelos de simulación y herramientas prospectivas capaces de explorar escenarios complejos, incluyendo variaciones climáticas, cambios en precios o ajustes en políticas públicas. De igual forma, se propone investigar el efecto de diferentes marcos de políticas públicas sobre la rentabilidad, evaluando incentivos, programas de asistencia técnica y esquemas de pagos por servicios ecosistémicos. Finalmente, se recomienda diseñar y validar indicadores integrales de rentabilidad que integren dimensiones económicas, ambientales y sociales, con el fin de reflejar de manera más completa la sostenibilidad de los sistemas agroforestales.

Referencias

- Abera, A., Bojago, E., Masha, M., & Lidatu, T. (2025). Agroforestry Practices, Adoption Factors, and Livelihood Contributions among Smallholder Farmers in Didu District, Southwestern Ethiopia. *Journal of Agriculture and Food Research*, 4, 102052. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666154325004235>
- Achmad, B., Sanudin, M., Widiyanto, A., Diniyati, D., Sudomo, A., Ruswandi, A., & et al. (2022). Traditional subsistence farming of smallholder agroforestry systems in Indonesia: A review. *Sustainability*, 14(14), 8631. <https://doi.org/10.3390/su14148631>
- Angouri, J., & Litoselliti, L. (2018). Quantitative, qualitative, mixed or holistic research? Combining methods in linguistic research. En L. Litoselliti (Ed.), *Research methods in linguistics* (2nd ed., pp. 35–55). Bloomsbury Publishing.
- Arcade, J., Godet, M., Meunier, F., & Roubelat, F. (2014). Structural analysis with the MICMAC method & actors' strategy with mactor method. *Futures Research Methods*, 1, 1–48. https://www.researchgate.net/publication/262950508_Structural_Analysis_with_Knowledge-based_MICMAC_Approach
- Birla, D., Yadav, S., Gajanand, P., Patel, R., & Sanodiya, P. (2024). Agronomic techniques to improve environmental restoration and climatic resilience in the agroforestry system. En P. D. Soni, V. K. Jaria, & H. M. Chauhan (Eds.), *Agroforestry solutions for climate change and environmental restoration* (pp. 437–462). Springer Nature Singapore.
- Castle, S., Miller, D., Ordonez, P., Baylis, K., & Hughes, K. (2021). The impacts of agroforestry interventions on agricultural productivity, ecosystem services, and human well-being in low-and middle-income countries: A systematic review. *Campbell Systematic Reviews*, 17(2), e1167. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/csr2.1167>
- Dardonville, M., Urruty, N., Bockstaller, C., & Therond, O. (2020). Influence of diversity and intensification level on vulnerability, resilience

- and robustness of agricultural systems. *Agricultural Systems*, 184, 102913. <https://doi.org/10.1016/j.aghsy.2020.102913>
- Do, H. T., Luedeling, E., & Whitney, C. (2020). Decision analysis of agroforestry options reveals adoption risks for resource-poor farmers. *Agronomy for Sustainable Development*, 40(3), 1–12. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13593-020-00624-5>
- Garrity, D. P. (2004). Agroforestry and the achievement of the Millennium Development Goals. *Agroforestry Systems*, 61(1-3), 5–17. <https://link.springer.com/article/10.1023/B:AGFO.0000028986.37502.7c>
- Godet, M. (1994). *From anticipation to action: A handbook of strategic prospective*. UNESCO.
- Godet, M. (2001). *Creating futures: Scenario planning as a strategic management tool*. Economica.
- Gosling, E., Knoke, T., Reith, E., Reyes, A., & Paul, C. (2021). Which socio-economic conditions drive the selection of agroforestry at the forest frontier? *Environmental Management*, 67(6), 1119–1136. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00267-021-01439-0>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación* (6ta ed.). McGraw Hill.
- Hunziker, S., & Blankenagel, M. (2024). Cross-sectional research design. En S. Hunziker & M. Blankenagel (Eds.), *Research Design in Business and Management: A Practical Guide for Students and Researchers* (pp. 187–199). Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Jose, A., Deepak, K., & Rajamani, N.
- (2024). Innovation in agriculture and the environment: A roadmap to food security in developing nations. En D. K. Sahoo, P. K. Dash, V. S. R. L. K. R. Namburi, & A. K. Nayak (Eds.), *Food Security in a Developing World: Status, Challenges, and Opportunities* (pp. 259–281). Springer Nature Switzerland.
- Kamal, M. M., Ahmed, R. S., Alam, W., & Ali, N. (2023). Maximizing productivity and sustainability of land through agroforestry: insights into knowledge, perceptions, and economic benefits. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America*, 54(3), 12501–12518. https://www.researchgate.net/publication/369741378_Maximizing_Productivity_and_Sustainability_of_Land_through_Agroforestry_Insights_into_Knowledge_Perceptions_and_Economic_Benefits
- Kaske, K., Garcia de Jalon, S., Williams, A., & Graves, A. (2021). Assessing the impact of greenhouse gas emissions on economic profitability of arable, forestry, and silvoarable systems. *Sustainability*, 13(7), 3637. <https://doi.org/10.3390/su13073637>
- Kay, S., Graves, A., Palma, J. H. N., Moreno, G., Roces-Díaz, J. V., Aviron, S., & Herzog, F. (2019). Agroforestry is paying off—Economic evaluation of ecosystem services in European landscapes with and without agroforestry systems. *Ecosystem Services*, 36, 100896. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2019.100896>
- Laurans, Y., & Mermet, L. (2014). Ecosystem services economic valuation, decision-support system or advocacy? *Ecosystem Services*, 7, 98–105. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2013.10.002>
- Low, G., Dalhaus, T., & Meuwissen,

- M. (2023). Mixed farming and agroforestry systems: A systematic review on value chain implications. *Agricultural Systems*, 206, 103606. <https://doi.org/10.1016/j.agrosy.2023.103606>
- Mbow, C., Smith, P., Skole, D., Duguma, L., & Bustamante, M. (2014). Achieving mitigation and adaptation to climate change through sustainable agroforestry practices in Africa. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 6, 8–14. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2013.09.002>
- Mishra, R. K., & Mishra, Y. (2018). Challenges and strategies to address food and livelihood security in agroforestry. En P. K. Sarvade, R. K. Mishra, & M. S. S. S. Prasad (Eds.), *Agroforestry: Anecdotal to Modern Science* (pp. 817–832). Springer Singapore.
- Molua, E. L. (2005). The economics of tropical agroforestry systems: the case of agroforestry farms in Cameroon. *Forest Policy and Economics*, 7(2), 199–211. [https://doi.org/10.1016/S1389-9341\(03\)00032-7](https://doi.org/10.1016/S1389-9341(03)00032-7)
- Mukhlis, I., Rizaludin, M., & Hidayah, I. N. (2022). Understanding socio-economic and environmental impacts of agroforestry on rural communities. *Forests*, 13(4), 556. <https://doi.org/10.3390/f13040556>
- Nair, P. K. R. (2011). Agroforestry systems and environmental quality: introduction. *Journal of Environmental Quality*, 40(3), 784–790. <https://acsess.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2134/jeq2011.0076>
- Nair, P. K. R., Kumar, B. M., Nair, V. D., Nair, P. K. R., Kumar, B. M., & Nair, V. D. (2021). Global distribution of agroforestry systems. En P. K. R. Nair, B. M. Kumar, & V. D. Nair (Eds.), *An introduction to agroforestry: four decades of scientific developments* (pp. 45–58). Springer International Publishing.
- Notaro, M., Gary, C., & Deheuvels, O. (2020). Plant diversity and density in cocoa-based agroforestry systems: how farmers' income is affected in the Dominican Republic. *Agroforestry Systems*, 94(3), 1071–1084. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10457-019-00472-7>
- Pérez, I., Janssen, M. A., & Anderies, J. M. (2016). Food security in the face of climate change: Adaptive capacity of small-scale social-ecological systems to environmental variability. *Global Environmental Change*, 40, 82–91. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.07.005>
- Place, F., Ajayi, O. C., Torquebiau, E., Detlefsen, G., Gauthier, M., & Buttoud, G. (2013). *Improved Policies for Facilitating the Adoption of Agroforestry*. Programa Agroambiental Mesoamericano (MAP). Fase I.
- Raj, A., Jhariya, M. K., Yadav, D. S., Banerjee, A., & Meena, R. S. (2019). Agroforestry: a holistic approach for agricultural sustainability. En V. B. Singh, D. S. Yadav, P. K. Singh, & R. S. Meena (Eds.), *Sustainable agriculture, forest and environmental management* (pp. 101–131). Springer Nature Singapore.
- Rosati, A., Borek, R., & Canali, S. (2021). Agroforestry and organic agriculture. *Agroforestry Systems*, 95(5), 805–821.
- Sampieri, H. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (1ra ed.). McGraw Hill.
- Sánchez, A., Kamau, H. J., Grazioli, F., & Jones, S. K. (2022). Financial profitability of diversified farming systems: A global meta-analysis.

- Ecological Economics*, 201, 107595. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2022.107595>
- Schiller, K., Klerkx, L., Poortvliet, P., & Godek, W. (2020). Exploring barriers to the agroecological transition in Nicaragua: A Technological Innovation Systems Approach. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 44(1), 88–132. <https://doi.org/10.1080/21683565.2019.1602097>
- Schroth, G., & Ruf, F. (2014). Farmer strategies for tree crop diversification in the humid tropics. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 34(1), 139–154. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13593-013-0175-4>
- Semroc, B., Schroth, G., Harvey, C., Zepeda, Y., Hills, T., Lubis, S., et al. (2013). Climate change mitigation in agroforestry systems: linking smallholders to forest carbon markets. En C. A. Palm, H. K. van Noordwijk, L. Hairiah, & C. W. (Eds.), *Climate Change Mitigation and Agriculture* (pp. 360–369). Routledge.
- Shah, F., & Wu, W. (2019). Soil and crop management strategies to ensure higher crop productivity within sustainable environments.
- Sustainability*, 11(5), 1485. <https://doi.org/10.3390/su11051485>
- Siedlecki, S. L. (2020). Understanding descriptive research designs and methods. *Clinical Nurse Specialist*, 34(1), 8–12. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31789957/>
- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 104, 333–339. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039>
- Sollen-Norrlin, M., Ghaley, B. B., & Rintoul, N. (2020). Agroforestry benefits and challenges for adoption in Europe and beyond. *Sustainability*, 12(17), 7001. <https://doi.org/10.3390/su12177001>
- Swedberg, R. (2020). Exploratory research. En R. Swedberg (Ed.), *The production of knowledge: Enhancing progress in social science* (pp. 17–41). Cambridge University Press.
- Zaca, F., Ngidi, M., Chipfupa, U., Ojo, T., & Managa, L. (2023). Factors influencing the uptake of agroforestry practices among rural households: Empirical Evidence from the KwaZulu-Natal Province, South Africa. *Forests*, 14(10), 2056. <https://www.mdpi.com/1999-4907/14/10/2056>