



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución - 4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Vea una copia de esta licencia en <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>





FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

Tesis

Determinación de los sistemas agroforestales en plantaciones de cacao de la provincia de Rioja, Región San Martín

Para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo

Autor:

Boris Jareb Bardalez Lucero
<https://orcid.org/0000-0002-7608-3901>

Asesor:

Ing. M. Sc. Luis Alberto Ordoñez Sánchez
<https://orcid.org/0000-0003-3860-4224>

Tarapoto, Perú

2023



FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

Tesis


Determinación de los sistemas agroforestales en plantaciones de cacao de la provincia de Rioja, Región San Martín

Para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo


Presentado por

Boris Jareb Bardalez Lucero

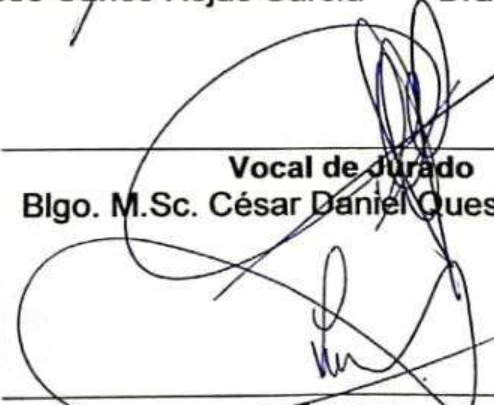
Sustentado y aprobado el 02 de junio del 2023, por los jurados:




Presidente de Jurado
Ing. M.Sc. José Carlos Rojas García



Secretaria de Jurado
Dra. Ana Noemi Sandoval Vergara



Vocal de Jurado
Blgo. M.Sc. César Daniel Quesquén López



Asesor:
Ing. M.Sc. Luis Alberto Ordoñez Sánchez

Tarapoto, Perú

2023



"Año de la Unidad, la paz y el desarrollo"

ACTA DE SUSTENTACIÓN

Para optar el Título de Ingeniero Agrónomo Modalidad Informe de Tesis

(Resolución N° 762-2022-UNSM/CU-R, de fecha 04 de octubre del 2022) (Resolución de Consejo de Facultad N° 090-2022-UNSM/FCA/CF)

En la Universidad Nacional de San Martín, Auditorio de la Facultad de Ciencias Agrarias Ciudad Universitaria, a las... 8:00... horas, del día ... 02... del mes... junio... del año dos mil veintitres, se reunió el Jurado de Tesis, integrado por:

- PRESIDENTE : Ing. M.Sc. JOSÉ CARLOS ROJAS GARCÍA
SECRETARIO : Dra. ANA NOEMI SANDOVAL VERGARA
VOCAL : Blgo. M.Sc. CÉSAR DANIEL QUESQUÉN LÓPEZ
ASESOR : Ing. M. Sc. LUIS ALBERTO ORDOÑEZ SÁNCHEZ

Para evaluar el Informe de tesis titulado: "Determinación de los sistemas agroforestales en plantaciones de cacao de la provincia de Rioja, Región San Martín" Presentado por el Bachiller en Agronomía: BORIS JAREB BARDALES LUCERO.

Los Miembros del Jurado de Informe de Tesis, después de haber observado la sustentación, las respuestas a las preguntas formuladas y terminada la réplica, luego de debatir entre sí, reservada y libremente lo declaran... aprobado... con el calificativo de... muy bueno... en fe de lo cual se firmó la presente acta, siendo las... 8:50 am... horas del mismo día, dándose por terminado el acto de sustentación.

Ing. M.Sc. José Carlos Rojas García PRESIDENTE

Dra. Ana Noemi Sandoval Vergara SECRETARIO

Blgo. M.Sc. César Daniel Quesquén López VOCAL

Ing. M. Sc. Luis Alberto Ordoñez Sánchez ASESOR

Boris Jareb Bardales Lucero SUSTENTANTE

RECIBIDO POR: Boris Jareb Bardales Lucero DNI N° 46436034 FECHA: 02/06/2023

Declaratoria de autenticidad

Boris Jareb Bardalez Lucero, con DNI N° 46436034, egresado de la Escuela Profesional de Agronomía, Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Martín, autor de la tesis titulada: Determinación de los sistemas agroforestales en plantaciones de cacao de la provincia de Rioja, Región San Martín.

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de nuestra autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencia de las fuentes bibliográficas consultadas, siguiendo las normas APA actuales.
3. Toda información que contiene la tesis no ha sido plagiada;
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumimos bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de mi accionar, sometiéndome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín.

Tarapoto, 02 de junio de 2023



Boris Jareb Bardález Lucero
D.N.I. 46436034

Ficha de identificación

<p>Título del proyecto Determinación de los sistemas agroforestales en plantaciones de cacao de la provincia de Rioja, región San Martín</p>	<p>Área de investigación: Ciencias Agrícolas y Forestales Línea de investigación: Cultivos Nativos y Patrimonio Genético Sublínea de investigación: Sacha Inchik Grupo de investigación: N° 044-2022-UNSM/FCA Tipo de investigación: Básica <input checked="" type="checkbox"/>, Aplicada <input type="checkbox"/>, Desarrollo experimental <input type="checkbox"/></p>
<p>Autor: Boris Jareb Bardalez Lucero</p>	<p>Facultad de Ciencias Agrarias Escuela Profesional de Agronomía https://orcid.org/0000-0002-7608-3901</p>
<p>Asesor: Ing. M. Sc. Luis Alberto Ordoñez Sánchez</p>	<p>Dependencia local de soporte: Facultad de Ciencias Agrarias Escuela Profesional de Agronomía Unidad o Laboratorio Agronomía https://orcid.org/0000-0003-3860-4224</p>

Dedicatoria

Le dedico el resultado de este trabajo a toda mi familia. Principalmente, a mis padres Javier Bardález Bardález y Elida Paula Lucero García que me apoyaron y fueron mi motor de esperanza para seguir adelante. Gracias por enseñarme a afrontar las dificultades sin perder nunca la cabeza ni morir en el intento.

Agradecimientos

Agradezco a Dios, por guiarme y darme fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad. Gracias a mis padres: Javier Bardález Bardález y Elida Paula Lucero García, quiero expresar mi gratitud a quienes han depositado su confianza en mí y han creído en mis capacidades. También agradezco por los valiosos consejos, valores y principios que me han transmitido. Quiero hacer especial mención de nuestros profesores de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Martín, quienes han compartido sus conocimientos a lo largo de nuestra formación profesional., al Ing. Mg. Sc M. Sc. Luis Alberto Ordoñez Sánchez, mi asesor de tesis ha sido una guía invaluable a lo largo de este proceso, demostrando paciencia y una gran integridad en su orientación.

Índice general

Ficha de identificación	6
Dedicatoria	7
Agradecimientos.....	8
Índice general.....	9
Índice de tablas	11
Índice de figuras	12
RESUMEN	13
ABSTRACT	14
CAPÍTULO I	15
INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN	15
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	18
2.1. Antecedentes de la investigación	18
2.2. Fundamentos teóricos	21
CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS	30
3.1. Ámbito y condiciones de la investigación.....	30
3.1.1.Ubicación política	30
3.1.2.Ubicación geográfica	30
3.1.3.Condiciones climáticas	30
3.1.4.Periodo de ejecución	30
3.1.5.Autorizaciones y permisos.....	31
3.1.6.Control ambiental y protocolos de bioseguridad	31
3.1.7.Aplicación de principios éticos internacionales	31
3.2. Sistema de variables	31
3.2.1.Variable de estudio.....	31
3.3. Procedimiento investigación	33
3.3.1.Objetivo específico 1	33
3.3.2.Objetivo específico 2	34
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSION	35

4.1	Resultados del objetivo específico 1	35
4.2	Resultados del objetivo específico 2.....	44
	CONCLUSIONES.....	55
	RECOMENDACIONES.....	56
	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	57
	ANEXOS	63

Índice de tablas

Tabla 1 Descripción de variable por objetivo específico.....	32
Tabla 2 Descripción de los sistemas agroforestales asociados al cultivo de cacao en la provincia de Rioja, región San Martín	35
Tabla 3 Determinar los beneficios de los sistemas agroforestales en plantaciones de cacao en la provincia de Rioja, región San Martín	44
Tabla 4 Desventajas de los sistemas agroforestales en plantaciones de cacao en la provincia de Rioja, región San Martín	51
Tabla 5 Caracterización de la producción de cacao en la provincia de Rioja, región San Martín, 2022	54
Tabla 6 Diversidad de especies arboréas en sistemas agroforestales con cultivo de cacao (theobroma cacao L.) (1).....	65
Tabla 7 Diversidad de especies arboréas en sistemas agroforestales con cultivo de cacao (theobroma cacao L.) (2).....	66
Tabla 8 Posibles ventajas de los sistemas agroforestales y disponibilidad de información	69

Índice de figuras

Figura 1 Especie arbórea (Naranja: <i>Citrus sinensis</i>) asociada al cultivo de cacao.....	63
Figura 2 Especie arbórea (Plátano: <i>Musa paradisiaca</i>) asociada al cultivo de cacao..	63
Figura 3 Especie arbórea (Bototo: <i>Crescentia cujete</i>) asociada al cultivo de cacao....	64
Figura 4 Especie arbórea (Jackfruit: <i>Artocarpus integer</i>) asociada al cultivo de cacao64	
Figura 5 Normales climatológicas, estación Rioja.....	67
Figura 6 Beneficios de los sistemas agroforestales	68
Figura 7 Perfil Productivo del cultivo de cacao en la provincia de Rioja, 2022	70

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar los sistemas agroforestales de las plantaciones de cacao de la provincia de Rioja, región San Martín, durante el periodo 2022. Respecto a la metodología el estudio fue de tipo descriptivo y exploratorio, se utilizó fuentes y antecedentes bibliográficos confiables de los últimos 5 años, se describió los sistemas agroforestales de cacao en la provincia de Rioja, región San Martín, asimismo determinó los beneficios de los sistemas agroforestales en plantaciones de cacao en la provincia de Rioja, región San Martín. Por ende, se concluye Los sistemas agroforestales asociados al cultivo de cacao en la provincia de Rioja, región San Martín, se utilizan seis como son cacao sin sombra, asociado con otros cultivos, con sombra variada, rustico y en agro bosques, representan una estrategia agrícola sostenible y beneficiosa tanto para el medio ambiente como para los agricultores, estos sistemas combinan el cultivo de cacao con árboles de sombra cuidadosamente seleccionados, hay sistemas asociados con una sola especie, con varias especies, con otros cultivos, con bosque natural, agro bosques diversificando el paisaje agrícola promoviendo la interacción entre las diferentes especies. Para los beneficios de los sistemas agroforestales en plantaciones de cacao en la provincia de Rioja, brindan una serie de beneficios que contribuyen a la sostenibilidad y productividad del cultivo, ofrecen una solución integral al combinar la producción con la conservación del suelo, mejora de la calidad del agua, captura de carbono, mitigación del cambio climático, la resiliencia ante eventos climáticos extremos. También presentan desventajas como menor productividad al inicio, el manejo del cultivo es más complejo. Así mismo en la provincia hay 207 productores que se dedican a esta actividad con un total de 1209,50 ha⁻¹ a un rendimiento de 0,98 t/ha⁻¹.

Palabras clave: *Theobroma cacao* L., plantaciones, cacao, sistemas agroforestales, bosques.

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the agroforestry systems of cocoa plantations in the province of Rioja, San Martin region, during the period 2022. Regarding the methodology, the study was descriptive and exploratory, using reliable sources and bibliographic background of the last 5 years, agroforestry systems of cocoa in the province of Rioja, San Martin region were described, and the benefits of agroforestry systems in cocoa plantations in the province of Rioja, San Martin region were also determined. It is concluded that there are six agroforestry systems associated with cocoa cultivation in the province of Rioja, San Martin region, which are: cultivation without shade, associated with other crops, with varied shade, rustic and in agroforests, which represent a sustainable and beneficial agricultural strategy for both the environment and farmers. These systems combine cocoa cultivation with carefully selected shade trees, some of them are associated with a single species, several species, other crops, natural forest, agroforests, diversifying the agricultural landscape by promoting the interaction between the different species. In terms of the benefits of agroforestry systems in cocoa plantations in the province of Rioja, they provide a series of benefits that contribute to the sustainability and productivity of the crop, offering an integral solution by combining production with soil conservation, improved water quality, carbon sequestration, climate change mitigation, and resilience to extreme weather events. They also have disadvantages such as lower productivity at the beginning, crop management is more complex. Likewise, the province has 207 producers engaged in this activity with a total of 1209.50 ha-1 at a yield of 0.98 t/ha-1.

Keywords: *Theobroma cacao* L., plantations, cocoa, agroforestry systems, forests.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN

La investigación de la producción de cacao en combinación con árboles de sombra es de gran relevancia, ya que, en América Latina tropical, los sistemas agroforestales con cacao son ampliamente utilizados, y alrededor del 70% de la producción de cacao es llevada a cabo por agricultores pequeños.

Cumbicus y López (2021), sostiene que, durante el año 2020, las actividades relacionadas con la agricultura, ganadería, caza y silvicultura experimentaron un crecimiento interanual del 10,7%, lo que las posicionó como la principal fuente de Valor Agregado Bruto en la región, representando el 29,1%. Estas actividades desempeñan un papel fundamental al generar empleo en áreas rurales, además de ser una importante fuente de alimentos y materias primas para la industria agroindustrial a nivel local, nacional e internacional. Por otro lado, el cacao es uno de los principales productos de exportación de Perú y es cultivado de manera exitosa en sistemas agroforestales, una práctica cada vez más común en las plantaciones de cacao del país. Estos sistemas combinan el cultivo de árboles de cacao con otros árboles y plantas, lo que puede mejorar la calidad del suelo, aumentar la biodiversidad y reducir el impacto ambiental del cultivo.

La provincia de Rioja se caracteriza por su importante producción de cacao, la cual La producción de cacao se ha convertido en una fuente crucial de ingresos económicos para los agricultores de la región. Con el objetivo de mejorar la eficiencia y sostenibilidad de las plantaciones de cacao, se ha adoptado la práctica de sistemas agroforestales. Estos sistemas tienen como finalidad optimizar la utilización de los recursos naturales y aumentar la diversificación de la producción agrícola, al mismo tiempo que se preserva el entorno ambiental. En este contexto, es esencial determinar cuáles son los tipos de sistemas agroforestales más apropiados para las plantaciones de cacao en la provincia de Rioja. Para abordar esta cuestión, se han realizado investigaciones con el propósito de evaluar los impactos de los sistemas agroforestales en la calidad y cantidad de la producción de cacao, así como en la conservación del suelo y la biodiversidad. parafrasear y resumir.

Sanial et al. (2021), menciona que los sistemas agroforestales de cacao pueden proporcionar diversos beneficios ecológicos, tales como la preservación de la variedad de especies vegetales y animales desempeña un papel fundamental en la retención de carbono y en el mantenimiento de los niveles adecuados de humedad y fertilidad en el suelo, la contribución al control de plagas y al control del microclima, como la estimulación de la lluvia.

Aunque en comparación con los sistemas agrícolas tradicionales, las fincas que implementan sistemas agroforestales muestran una menor productividad parcial. Sin embargo, se observa que las fincas que han obtenido certificaciones presentan una productividad parcial superior en relación a aquellas que no cuentan con dicha certificación.

Además, se observó que la productividad de los cultivos disminuye a medida que aumenta la altitud, y que a medida que aumenta la superficie de cultivo, los rendimientos disminuyen. En conclusión, se encontró que los factores de biodiversidad tienen un impacto positivo en los sistemas agroforestales, así como en muchos otros beneficios.

Collazos (2018), menciona que se ha constatado que las fincas que emplean sistemas agroforestales muestran una productividad parcial inferior en comparación con las fincas que siguen métodos agrícolas convencionales. Además, se ha verificado que aquellas fincas que cuentan con certificaciones logran una productividad parcial superior en relación a las que no tienen certificación. Por otro lado, se ha comprobado que la altitud de las plantaciones está inversamente relacionada con la productividad, y que a medida que aumenta la extensión de los cultivos, los rendimientos disminuyen. En resumen, se ha llegado a la conclusión de que los factores de biodiversidad ejercen un efecto positivo en los sistemas agroforestales.

La agricultura tradicional implica la deforestación a través de la tala y quema de zonas boscosas para dar paso a la agricultura, se está volviendo obsoleta debido a su impacto negativo en el ecosistema y el desgaste del suelo. Como resultado, han surgido técnicas como los sistemas agroforestales, que continúan evolucionando para su posterior aplicación en los cultivos.

Gamarra (2019), menciona que después de brindar Después de proporcionar capacitación y asistencia técnica en el campo sobre sistemas agroforestales, se notó un cambio significativo en la permanencia de los agricultores en la comunidad. En el pretest, solo un agricultor (3.1%) había vivido en la comunidad de 5.1 a 7.5 años. Sin embargo, en el posttest, se observó que 24 agricultores (75.0%), la mayoría de los encuestados, habían residido en la comunidad durante el mismo período de tiempo.

En lo que respecta a la elección de los sistemas de producción de cultivos, en el pretest, el 90.6% de los 29 agricultores practicaban el monocultivo. En contraste, en el postest, el 78.1% de los 25 agricultores encuestados habían adoptado la agroforestería como su enfoque de producción.

Para ello el objetivo principal fue Determinar los sistemas agroforestales de las plantaciones de cacao de la provincia de Rioja, región San Martín, para lo cual se fijó los siguientes objetivos específicos:

- a) Describir los sistemas agroforestales de cacao en la provincia de Rioja, región San Martín.
- b) Determinar los beneficios de los sistemas agroforestales en plantaciones de cacao en la provincia de Rioja, región San Martín.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Avellán-Rivera et al. (2018), menciona en su artículo titulado " Contenido de carbono en la biomasa aérea de sistemas agroforestales de *Theobroma cacao* L. en Los Laureles 2018". El objetivo fue calcular la cantidad de carbono retenido en la parte aérea del sistema agroforestal (SAF). Se empleó un método no destructivo que consistió en aplicar un porcentaje de carbono (50%) sobre la bioenergía seca. Se llevó a cabo un inventario completo de todos los árboles forestales y frutales, mientras que el cacao se muestreó con una intensidad del 8.45%. Para ello, se establecieron 12 parcelas rectangulares de 10 por 20 metros de manera sistemática. Los resultados del estudio revelaron que el sistema agroforestal tenía una bioenergía aérea total de 10.35 toneladas (t), que se distribuyó entre árboles frutales (0.44 t), especies forestales (4.70 t) y cacao (5.21 t).

Cabrera-Verdesoto et al. (2019), menciona El objetivo del estudio titulado "Determinación del aumento promedio anual de *Tectona grandis* L.F. y *Triplaris cumingiana* FISCH., plantados en un sistema agroforestal junto con cacao (*Theobroma Cacao* L.)" fue evaluar el crecimiento anual promedio de *Tectona grandis* L.f., *Triplaris cumingiana* F. y cacao (*Theobroma cacao* L.) en un sistema agroforestal experimental. El estudio se realizó utilizando un diseño completamente aleatorizado con tres repeticiones en 24 unidades experimentales, con 12 unidades dedicadas a cada especie. El cacao se plantó con una distancia de 3 x 3 metros entre plantas e hileras, mientras que las especies forestales se establecieron con una distancia de 9 x 9 metros entre plantas y hileras. Después de cinco años de seguimiento, se llegó a la conclusión de que la especie forestal *Tectona grandis* L.f. registró los mayores promedios de Incremento Medio Anual en términos de diámetro, altura, área basal y volumen en el sistema agroforestal experimental.

Drout-Candell et al. (2019), en su artículo titulado "Factores que fomentan la sostenibilidad en sistemas agroforestales de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Madre de Dios (Perú) y San Plácido (Ecuador) es desarrollar indicadores apropiados para analizar los sistemas de cultivo agroforestal de cacao y establecer una metodología para su caracterización y evaluación. El propósito final es transformar los monocultivos de cacao dentro de sistemas de producción de cacao sostenibles. Se han creado indicadores y variables que permiten evaluar la sostenibilidad de sistemas de producción, como el cultivo convencional y agroforestal de cacao combinado con el guadúa, en las áreas mencionadas, utilizando la metodología de MESMI como base.

Se han desarrollado indicadores apropiados para analizar los sistemas agroforestales de cacao en las regiones de Madre de Dios en Perú y San Plácido en Ecuador. Estos indicadores han posibilitado la evaluación de la sostenibilidad en los sistemas de producción que incluyen el cacao convencional y el cacao combinado con el guadúa.

Piña y Márquez (2019), en su tesis titulado " Evaluación completa de sistemas agroforestales que incluyen cultivos de cacao en dos municipios del departamento de Sucre" es realizar una evaluación abarcadora de tres sistemas agroforestales que incluyen el cultivo de cacao en dos municipios del departamento de Sucre. Esta evaluación comprende la medición de indicadores relacionados con la calidad del suelo, así como parámetros dasométricos que caracterizan el crecimiento de los árboles en los sistemas agroforestales. Además, se llevó a cabo un análisis del potencial económico de estos sistemas mediante la evaluación de la relación costo-beneficio. Un año después de la creación de los sistemas agroforestales, se observaron mejoras significativas en las variables que son determinantes para mantener la fertilidad del suelo y favorecer el desarrollo de las plantas, lo que sugiere que los sistemas agroforestales pueden ser una estrategia efectiva para la recuperación de suelos degradados.

Zavala y Vega (2021), menciona en su El estudio titulado "Captura y retención de carbono en distintas fases de cultivo de cacao dentro de sistemas agroforestales en Tingo María " tiene como objetivo determinar la cantidad de carbono retenido en sistemas agroforestales que contienen cacao de diferentes edades en los bancos de germoplasma de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS). La investigación se centra en analizar cuánto carbono se almacena en los agrosistemas que incluyen cacaos de diversas edades conservados en los bancos de germoplasma mencionados. La hipótesis científica propuesta sugiere que la producción anual neta de biomasa al cultivar cacao en sistemas agroforestales igualará o superará a la del bosque tropical. Como resultado de la investigación, se encontró que el cacao de más de 16 años mostró el mayor almacenamiento total de carbono registrado, con un valor de 344.24 toneladas de carbono por hectárea ($t C/h^{-1}$). Le siguieron en almacenamiento los sistemas agroforestales que contienen cacao en el rango de 8 a 16 años acumularon 178.61 toneladas de carbono por hectárea por hora, mientras que aquellos con cacao menor de 8 años acumularon 154.91 toneladas por hectárea por hora.

Suatunce y España (2022), menciona en su proyecto de investigación titulada El propósito del estudio titulado "Cálculo del Incremento Medio Anual (IMA) de *Tectona grandis* L.f. (teca) y *Triplaris cumingiana* Fisch. & C.A. Mey (fernansánchez) en un

sistema agroforestal con *Theobroma cacao* L. (cacao) en el cantón Vinces, provincia de Los Ríos" fue establecer el Incremento Medio Anual (IMA) de las especies forestales *Tectona grandis* y *Triplaris cumingiana* en una plantación ya establecida. Se empleó un diseño experimental completamente al azar que incluyó dos tratamientos (T1=teca y T2=fernansánchez) y tres repeticiones. Se establecieron seis parcelas experimentales y se registraron datos de seis plantas por unidad experimental. Se evaluaron variables incluyeron el diámetro de los árboles a la altura del pecho (DAP), la altura total (HT) y la altura comercial (HC), área basal (AB), volumen total (VolT) y volumen comercial (VolC), así como el IMA promedio para cada una de ellas, los resultados demostraron que existe diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos. *Tectona grandis* obtuvo promedios superiores de IMA a los 13 años, con valores como DAP 3.51 cm/año, HT 1.63 m/año, HC 0.70 m/año, AB 0.0126 m²/año, VolT 0.1601 m³/año, VolC 0.0693 m³/año y VolC por hectárea 8.53 m³/año. Mientras que *Triplaris cumingiana* mostró valores inferiores, con IMA como DAP 1.71 cm/año, HT 1.12 m/año, HC 0.52 m/año, AB 0.0031 m²/año, VolT 0.0272 m³/año, VolC 0.0124 m³/año y VolC por hectárea 1.53 m³/año.

Oliveira et al. (2023), en su trabajo titulado "Evaluación Rápida de la Biodiversidad en Campos de Cacao de África Occidental: Avances en la Monitorización Ambiental", en donde el objetivo fue desarrollar un método efectivo y escalable para evaluar la biodiversidad en campos de cacao en África occidental, utilizando herramientas de mapeo y encuestas de muestreo. Además, se busca identificar áreas prioritarias y recomendaciones para mejorar prácticas amigables con la biodiversidad en estos agrobosques. Concluyeron que el método de evaluación rápida aplicado en campos de cacao en ha demostrado ser una herramienta valiosa para monitorear la biodiversidad en cultivos agroforestales de cacao a gran escala. A través de la recopilación de datos de más de 8700 granjas, se han identificado áreas con bajos niveles de riqueza de especies, cobertura de sombra y potencial de sucesión, lo que sugiere la necesidad de mejoras en prácticas agrícolas y de conservación. Este enfoque automatizado y replicable no solo proporciona información relevante para la toma de decisiones en la agricultura de cacao, sino que también contribuye al monitoreo continuo de la biodiversidad en el tiempo, promoviendo la sostenibilidad y la preservación de los agrobosques.

2.2. Fundamentos teóricos

2.2.1. Generalidades del cultivo de cacao

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI, 2021), indica que el cacao pertenece a la familia Malvaceae, se cultiva en áreas tropicales, incluyendo América del Sur, África Occidental y el Sudeste Asiático. Los granos de esta cosecha son principalmente exportados a América del Norte y Europa, donde se utilizan en la fabricación de chocolate en la industria de confitería, contribuyendo a su desarrollo y producción.

Irigoin y Trigoso (2022), mencionan que la especie *Theobroma cacao* L., es nativo de los bosques neotropicales, principalmente en la cuenca del Amazonas y posiblemente en las tierras altas de Guayana, investigaciones recientes sugieren que puede haberse originado en el Triángulo del Amazonas, incluidos Ecuador, Colombia y Perú (p.11-12).

2.2.2. Taxonomía

Quispe (2022), nos indica la siguiente clasificación taxonómica:

Reino: Plantae

Subreino: Viridiplantae

Infrareino: Streptophyta

Superdivision: Embryophyta

División: Tracheophyta

Subdivisión: Spermatophytina

Clase: Magnoliopsida

Superorden: Rosanae

Orden: Malvales

Familia: Malvaceae

Género: *Theobroma* L.

Especie: *Theobroma cacao* L.

2.2.3. Clasificación del cacao

El Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA, 2022), menciona que tradicionalmente se conocen principalmente tres grandes tipos de cacao los cuales son Criollos, Forasteros y Trinitarios, los cuales se explicaran a continuación por los siguientes autores:

Durán y Dubón (2016), señala que, el cacao criollo se encuentra principalmente en la parte norte de Ecuador, Colombia, Venezuela y América Central; se caracteriza por mazorcas rugosas, surcos prominentes, largos y puntiagudos, color verdoso rojizo y en su madurez de amarillo a rojizo anaranjado, amígdalas mayoritariamente de color blanco marfil, sabor dulce mucilaginoso y retrogusto muy penetrante.

Estrada et al. (2011), argumentan que, el cacao Forastero, es una variedad que se considera autóctono de la cuenca alta del Amazonas y se clasifica como silvestre en la Amazonía de Ecuador, Colombia, Perú, Venezuela y Brasil, el fruto tiene una piel dura, más o menos lisa, el color varía del verde nieve al rosa pálido, y luego se torna amarillo, por lo general, su forma es redonda, almendrada, morada y amarga.

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE, 2012), señala que, el cacao trinitario es un tipo de cacao muy diverso genéticamente y morfológicamente, con frutos verdes pigmentados, semillas de color púrpura oscuro y rosa pálido, originario de Trinidad y Tobago, resultado de la hibridación procedente de un cruce espontáneo y natural, con un sabor a cacao medio fuerte, normalmente con un regusto afrutado y a nuez.

2.2.4. Productores de Cacao

MIDAGRI (2020), menciona que, en el Perú hay 16 departamentos productores de cacao que suman entre sí 57 provincias, de entre los cuales siete departamentos sobresalen; siendo estos San Martín, Junín, Ucayali, Cusco, Huánuco, Amazonas y Ayacucho; destacando en el año 2018 el departamento de San Martín con alrededor de 56 136 toneladas con el 42 % de participación.

Ministerio de Comercio Exterior y Turismo (MICETUR, 2018), señala que, en los últimos años, el cacao ha sido uno de los cultivos más rentables para los agricultores de la región de San Martín. Según los datos, Perú exportó cacao en grano por un valor de US\$159 millones, y San Martín fue responsable del 12% de esta producción, que representa el 41% de la producción de cacao a nivel nacional. A pesar de que la región tiene una gran producción de cacao, la falta de información sobre sistemas agroforestales es uno de los principales desafíos a los que se enfrenta esta industria, lo que dificulta el desarrollo óptimo de la producción para los agricultores.

Fernández-Jeri et al. (2022), el cultivo del cacao en el Perú ha adquirido un gran valor comercial el aumento en los precios y a la demanda no cubierta tanto en el mercado nacional como en el internacional. Esto ha permitido a miles de familias de productores cacaoteros obtener beneficios económicos a través de la exportación.

Para poder diseñar programas de desarrollo acordes al ecosistema, es importante clasificar o tipificar las fincas, con el objetivo de conocer sus características productivas y socioeconómicas.

MIDAGRI (2020), el cacao fino y de aroma que representa el 75% de las exportaciones peruanas, es un factor diferenciador respecto al cacao africano o asiático. Es importante destacar que, si el cacao obtiene una calificación superior en la cata, su precio por kilogramo aumenta. Perú alberga el 60% de la diversidad genética del cacao a nivel mundial, y en el país se cultivan distintas variedades genéticas de cacao: el Trinitario, que constituye el 53,3% de la producción en Junín; el Forastero amazónico, que representa el 37,3% en Cusco y Ayacucho; y el Criollo, con el 9,4% en la zona norte de San Martín, Amazonas y Cajamarca.

Gavilanez-Dalgo et al. (2021), reportó que la producción de cacao en grano creció alrededor de un 12.6% anual en los últimos 10 años; beneficiando directamente a cerca de 90 mil familias, donde Perú logró alcanzar el tercer lugar como productor de cacao a nivel latinoamericano y el octavo a nivel mundial, con un total de 120 mil toneladas en promedio. Mientras que el reporte de producción para el ciclo 2018-2019 fue de 136 mil toneladas y para el ciclo 2019-2020 disminuyó a 125 mil toneladas por consecuencia de las restricciones atravesadas en pandemia.

Peruano (2021) menciona que la Región San Martín se ha convertido en la principal proveedora de cacao de Perú, mayormente proveniente de las provincias de Mariscal Cáceres y Tocache, en el año 2020 fue el primer productor de cacao (42,7 por ciento del total nacional), registrando 68,4 mil toneladas, mayor en 26,3 por ciento respecto al año anterior, por mayores cosechas las siembras de la campaña 2020, 2021, periodo agosto-junio totalizaron 1,7 mil hectáreas (p.5.).

2.2.5. Generalidades del sistema agroforestal

En el diario El Peruano (2021), en su publicación por la semana forestal nacional reporta que:

En Cajamarca y Junín, se han implementado sistemas agroforestales inteligentes por parte de las cooperativas locales. Estos sistemas ofrecen numerosos beneficios, como el uso sostenible de los recursos y la creación de microclimas, y son una alternativa al uso intensivo de recursos de los monocultivos.

La agricultura latinoamericana se encuentra en un período crítico debido a factores como la pérdida de suelos, el aumento de los costos de producción y las precipitaciones severas relacionadas con el cambio climático, lo que genera una gran presión sobre los agricultores. Los sistemas agroforestales son de vital importancia para el desarrollo adecuado de la agricultura en la región, y por ello, investigaciones como el estudio mencionado son cruciales para enriquecer la literatura sobre este tema, especialmente en relación con un cultivo de gran importancia en el mercado nacional.

2.2.6. Sistemas agroforestales con cacao en el Perú.

Arvelo-Sánchez et al. (2017), manifiesta que, el cacao de nombre científico *Theobroma cacao* L. es de origen sudamericano y una especie perteneciente al género *Theobroma* en la familia Malvaceae, existen aproximadamente 22 especies, suele crecer en climas cálidos y húmedos, se cultiva en unos 50 países en los continentes de África, América, Asia y Oceanía; especialmente en Sudamérica con 23 países, gracias a su origen y posterior domesticación mesoamericana.

Goñas (2022), pequeños agricultores en regiones tropicales húmedas utilizan el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en sistemas agroforestales (SAF) como una fuente importante de ingresos. Por lo general, estos agricultores establecen sus cultivos de cacao al talar parcialmente los bosques, manteniendo algunos árboles cumplen la función de ofrecer sombra al cultivo de cacao y permiten la coexistencia de diferentes cultivos. Además, la capa de hojas en descomposición de los árboles de sombra y los nutrientes presentes en el suelo forestal ayudan a incrementar la productividad del cacao. Estos sistemas son considerados como una alternativa socioeconómicamente viable, en la que los agricultores combinan de manera consciente árboles de sombra, cacao y cultivos alimentarios en la misma área de cultivo.

Clemente (2021), estos sistemas, principalmente utilizados en la Amazonía, ofrecen beneficios económicos y ecológicos, como la conservación del suelo, agua y biodiversidad, y la captura de carbono a largo plazo. El artículo analiza mediciones de stock en carbono en sistemas agroforestales de diversas áreas de la Amazonía peruana y resalta la carencia de uniformidad en los enfoques utilizados para calcular la cantidad de carbono. Se concluye que los sistemas agroforestales representan una tecnología sostenible para la captura de carbono después de los bosques naturales.

Cruz (2022), en los estudios sobre agroecosistemas del cacao, es común que se omita la diversidad de árboles de sombra debido a que la mayoría se enfoca en describir los aspectos agronómicos de la producción.

Sin embargo, es crucial conocer la composición, estructura, diversidad y funciones de los árboles se emplean árboles tanto como plantas de sombra como compañeros, y es fundamental entender cómo estas especies afectan el entorno ecológico. A pesar de esto, en la región del Amazonas, aún no se han realizado investigaciones exhaustivas sobre la diversidad de árboles que coexisten con los cultivos de cacao. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue identificar las especies de árboles que se encuentran en medio de los cultivos de cacao, agruparlas por familias, evaluar su abundancia en los SAF de cacao y comparar la diversidad arbórea en sistemas de cacao ubicados en dos niveles altitudinales diferentes. Todo ello con la finalidad de resaltar la importancia de la diversidad de especies arbóreas en estos sistemas agroforestales.

2.2.7. Características de los sistemas agroforestales

Altieri (1999), proponen cuatro características para un sistema agroforestal:

Estructura

Combina árboles, cultivos y animales en forma conjunta, durante muchos siglos, los agricultores tradicionales han cubierto sus necesidades básicas cultivando alimentos, árboles y animales de forma simultánea.

Sustentabilidad

Se busca maximizar los resultados positivos de las relaciones entre las especies de árboles y los cultivos o ganado al adoptar enfoques que se inspiren en los ecosistemas naturales y apliquen sus características ecológicas al sistema agrícola. El objetivo es lograr que la productividad a largo plazo se mantenga sin provocar la degradación del suelo.

Incremento en la productividad

Al promover una interacción más efectiva entre los diferentes elementos de la finca, optimizando las condiciones de crecimiento y haciendo un uso eficiente de los recursos naturales disponibles, se anticipa que la producción en sistemas agroforestales superará la de los sistemas convencionales de uso del suelo.

Adaptabilidad cultural/socioeconómica

Aunque la agroforestería es adecuada para una variedad de propiedades agrícolas en términos de tamaño y condiciones socioeconómicas, su valor se ha destacado especialmente en el contexto de agricultores de pequeña escala que trabajan en regiones tropicales y subtropicales desfavorecidas y empobrecidas.

Dado que los campesinos en general no suelen contar con la capacidad para adoptar tecnologías costosas y avanzadas, y que a menudo han sido pasados por alto por la investigación agrícola, y además, carecen de influencia social o poder político para tomar decisiones informadas, la agroforestería se ajusta de manera especialmente adecuada a las circunstancias de los agricultores de pequeña escala.

Ruiz-Agudelo (2019), el interés en la agroforestería ha aumentado debido a la necesidad de métodos sostenibles en la agricultura. Se ha creado un modelo conceptual que relaciona los sistemas agroforestales tropicales, el tipo e intensidad de sombra y los servicios ecosistémicos. Se enfatiza la importancia del diseño y gestión de agroecosistemas tropicales, y se señalan las áreas que requieren más investigación.

Piña y Márquez (2019), El cacao (*Theobroma Cacao*) es una especie que se encuentra en el sotobosque de las regiones tropicales lluviosas de América Central, América del Sur, el Sureste de Asia y África. Se considera el cultivo comercial perenne más importante del mundo y sustenta a millones de agricultores, principalmente pequeños productores, como su principal fuente de ingresos. Las prácticas de cultivo tradicionales implican la plantación de cacao debajo de los bosques primarios, con ajustes menores en la cobertura del dosel forestal. Sin embargo, el cultivo de cacao abarca una variedad de sistemas de manejo que van desde agroforestería con sombra (donde se cultiva bajo la protección de otros árboles) hasta monocultivos sin sombra.

2.2.8. Clasificación de los sistemas agroforestales

Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR, 2021), clasifica a los sistemas agroforestales en dos categorías en primer lugar teniendo en cuenta sus:

Componentes:

- Sistemas agrosilviculturales (compuestos por cultivos agrícolas además de cultivos forestales) (p.9).
- Sistemas silvopastoriles (compuestos por cultivos forestales además de ganadería) (p.9).
- Sistemas agrosilvopastoriles (Compuestos por cultivos agrícolas más cultivos forestales y además ganadería) (p.9).

Temporalidades

- Sistemas agroforestales secuenciales (son cultivos anuales y las plantaciones tienden a sucederse en el tiempo) (p.9).

Existen sistemas que se caracterizan por una relación temporal entre los productos obtenidos de los árboles y las cosechas anuales. Además, existen prácticas de agricultura migratoria que involucran el manejo de barbechos, y se utilizan métodos de establecimiento de plantaciones forestales conocidos como sistemas Taungya, en los cuales las plantaciones de árboles se establecen simultáneamente con los cultivos anuales, hasta que el follaje de los árboles se ha desarrollado.

- Sistemas agroforestales simultáneos (integran simultánea y continuamente cultivos con árboles más ganadería) (p.9).

Los sistemas agroforestales son aquellos en los que se cultivan cosechas agrícolas o se crían animales junto con árboles, y todos los componentes se desarrollan en el mismo tiempo y espacio. En estos sistemas, los árboles compiten por luz, minerales y agua, por lo que se utilizan técnicas de espaciamiento y otras medidas para minimizar la competencia por nutrientes. En un sistema simultáneo, se procura que los árboles no crezcan tan rápido como la cosecha, tengan raíces más profundas que las del cultivo para disminuir la competencia, y un dosel pequeño para evitar que sombreen demasiado los cultivos durante su rápido crecimiento.

2.2.9. Importancia

Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR, 2021), menciona que:

En las últimas décadas los sistemas agroforestales han tenido gran reconocimiento por su contribución al impulso y desarrollo en la agricultura, por ello destacan su importancia al intervenir activamente en la mejora de la biodiversidad y fertilidad del suelo generando a su vez mayor productividad, al mismo tiempo que reduce la tasa de erosión, prioriza el restablecimiento en los procesos ecológicos además de diversificar la producción e inducir al alza de los rendimientos (p.7).

2.2.10. Estudios realizados

Zambrano et al. (2022), el objetivo del informe es proporcionar información contextual sobre el proyecto Clima-LoCa, liderado por la Alianza de Bioversity International y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y respaldado por la Comisión Europea, se enfoca en priorizar regiones específicas para el desarrollo de estrategias adaptadas y la promoción de prácticas sostenibles en la producción de cacao. Para alcanzar estos objetivos, se emplearon diversas metodologías, incluyendo la revisión de la literatura, análisis financiero de sistemas de producción y evaluación de modelos de negocio representativos en las áreas seleccionadas por el proyecto.

Agroecología

Lugo y Rodríguez (2018), refiere que la disciplina que se enfoca en investigar las relaciones ecológicas y culturales que surgen en, desde y debido a diversas formas de agricultura en diferentes niveles de complejidad.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2023), La agroecología engloba una disciplina científica, una serie de técnicas y un movimiento social. En su faceta científica, se enfoca en analizar las interacciones entre los distintos elementos del agroecosistema. Por otro lado, en cuanto a las prácticas que promueve, busca fomentar sistemas agrícolas sustentables que mejoren la producción y la estabilicen a largo plazo.

Agroecosistemas

Machado y Campos (2008), sostiene que los agroecosistemas son áreas que se han modificado para beneficiar el cultivo agrícola, donde intervienen, diversos factores naturales, así como modificaciones hechas por los seres humanos de acuerdo a su conocimiento, cultura, costumbres y tecnología manejada para cultivar la tierra

Lugo y Rodríguez (2018), El concepto más fundamental de la agroecología como ciencia es el agroecosistema, que se refiere a las interrelaciones ecosistémicas y culturales que se desarrollan en diferentes sistemas agrícolas, en distintas escalas de complejidad.

Agroforestería

Benites (2007), menciona que se refiere a las prácticas agrícolas que involucran la combinación estratégica de árboles forestales con cultivos, ya sean de corto plazo (anuales) o de largo plazo (perennes), así como con la crianza de animales, en una misma parcela. Esta combinación puede llevarse a cabo de manera simultánea o en secuencia, con el propósito de aprovechar los beneficios derivados de esta asociación.

Centro Nacional de Agroforestería (NAC, 2013), indica que, la agroforestería es una práctica que consiste en la combinación intencional de árboles y arbustos con cultivos o sistemas de producción animal, con el fin de obtener beneficios económicos, sociales y ambientales de manera sustentable desde el punto de vista ecológico.

Cacao

Cayetano-Terrel et al. (2021), expone que el cacao, oficialmente llamado *Theobroma cacao* L., es un árbol perteneciente a la familia Malvaceae y se encuentra en regiones tropicales de América del Sur, África Occidental y Asia Sudoriental.

Los granos de cacao se exportan principalmente a América del Norte y Europa, donde se usan mayormente en la fabricación de chocolate y otros productos de confitería. Perú es uno de los lugares de origen del cacao y alberga cerca del 60% de las variedades de cacao existentes en el mundo. La producción de cacao en el país se concentra principalmente en siete departamentos: San Martín, Junín, Cusco, Ucayali, Huánuco, Ayacucho y Amazonas, que en conjunto representan aproximadamente el 96% de la producción total a nivel nacional.

Sistema agroforestal

Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (2021), define como una técnica de uso del suelo en la que los árboles o arbustos conviven y participan en interacciones ecológicas en la misma región donde se cultivan cosechas y/o se crían animales.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ámbito y condiciones de la investigación

3.1.1. Ubicación política

La provincia de Rioja se encuentra ubicada en el valle del Alto Mayo, en la parte norte del departamento de San Martín, cuenta con una población de aproximadamente 135 554 habitantes.

La provincia de Rioja limita por:

Norte: Moyobamba

Este: Moyobamba

Sur: Departamento de Amazonas

Oeste: Departamento de Amazonas

3.1.2. Ubicación geográfica

Latitud sur : 6° 02' 00"

Longitud oeste : 77°08'30"

Altitud : 843 m.s.n.m.m.

3.1.3. Condiciones climáticas

Ecosistema : Bosque cálido y húmedo

Precipitación : 1465.8 mm/añual

Temperatura : Máx= 28.7°C; Mín= 18.2°C; Prom= 23.45°C

Altitud : 843 m.s.n.m.m.

Humedad relativa : 97%.

3.1.4. Período de ejecución

El presente trabajo de investigación se ejecutó entre enero a marzo del 2023.

3.1.5. Autorizaciones y permisos

Para este trabajo de investigación no se contó con ninguna autorización ya que no afecta por ningún motivo al medio ambiente.

3.1.6. Control ambiental y protocolos de bioseguridad

La Investigación presente no generó impactos negativos al medio ambiente.

3.1.7. Aplicación de principios éticos internacionales

La investigación presentada respetó los principios éticos generales de la investigación, entre los que cabe destacar: integridad, respeto a las personas, al ecosistema y justicia.

3.2. Sistema de variables

3.2.1. Variable de estudio

- Describir los sistemas agroforestales de cacao.
- Beneficios de los sistemas agroforestales de cacao.

Tabla 1*Descripción de variable por objetivo específico*

Objetivo específico 1: Describir los sistemas agroforestales de cacao en la provincia de Rioja, región San Martín.			
Variable abstracta	Variable concreta	Medio de registro	Unidad de medida
Describir los sistemas agroforestales	- Cacao sin sombra	- Referencia Bibliográfica	-Tabla
	- Cacao con una especie de sombra		
	- Cacao asociado con otros cultivos		
	- Cacao con sombra variada		
	- Cacaotal rústico		
	- Cacao en agro bosques		
Objetivo específico 2: Determinar los beneficios de los sistemas agroforestales en plantaciones de cacao en la provincia de Rioja, región San Martín.			
Variable abstracta	Variable concreta	Medio de registro	Unidad de medida
Beneficios de sistemas agroforestales	- Diversificación de ingresos	- Referencia Bibliográfica	-Tabla
	- Mejora de la calidad del suelo		
	- Conservación de la biodiversidad		
	- Control de plagas y enfermedades		
	- Protección del microclima		
	- Captura de carbono y mitigación del cambio climático		
	- Conservación del agua		
	- Resiliencia ante eventos climáticos extremos		

3.3. Procedimiento investigación

El presente trabajo se caracterizó por ser un estudio de tipo descriptivo, de acuerdo a las fuentes bibliográficas confiables revisadas y a los antecedentes obtenidos, para determinar los sistemas agroforestales en plantaciones de cacao de la provincia de Rioja, región San Martín.

3.3.1. Objetivo específico 1

Describir los sistemas agroforestales de cacao en la provincia de Rioja, región San Martín

Búsqueda de la Información: Se llevaron a cabo búsquedas en diversos repositorios autorizados para recopilar información relevante sobre la variable del problema, citando a los autores en cada investigación utilizada en la tesis.

Análisis de la Información: Luego, se analizó y seleccionó la información adecuada para enriquecer el producto final.

Sistematización: La información se sistematizó siguiendo las normas APA séptima edición, utilizando herramientas como Mendeley y Zotero, y aplicando la técnica de parafraseo.

Redacción de la Información: Finalmente, se redactó la tesis conforme a la estructura y el reglamento de la universidad, siguiendo los lineamientos, directivas y el manual de estructura y redacción de proyectos de investigación de la UNSM 2022.

3.3.2. Objetivo específico 2

Determinar los beneficios de los sistemas agroforestales en plantaciones de cacao en la provincia de Rioja, región San Martín.

Búsqueda de la Información: Se llevaron a cabo búsquedas en diversos repositorios autorizados para recopilar información relevante sobre la variable del problema, citando a los autores en cada investigación utilizada en la tesis.

Análisis de la Información: Luego, se analizó y seleccionó la información adecuada para enriquecer el producto final.

Sistematización: La información se sistematizó siguiendo las normas APA séptima edición, utilizando herramientas como Mendeley y Zotero, y aplicando la técnica de parafraseo.

Redacción de la Información: Finalmente, se redactó la tesis conforme a la estructura y el reglamento de la universidad, siguiendo los lineamientos, directivas y el manual de estructura y redacción de proyectos de investigación de la UNSM 2022.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Resultados del objetivo específico 1

El cultivo de cacao en la provincia de Rioja, ubicada en la región San Martín, se desarrolla bajo diferentes sistemas agroforestales que combinan el cacao con árboles y otras especies vegetales. Estos sistemas agroforestales promueven la diversificación productiva, la conservación de los recursos naturales y la sostenibilidad en la producción de cacao.

Tabla 2

Descripción de los sistemas agroforestales asociados al cultivo de cacao en la provincia de Rioja, región San Martín

Sistema Agroforestal	Aspectos a considerar
Cacao sin sombra	<p>Manejo del dosel: Se hace un manejo riguroso mediante podas y control de la vegetación circundante, lo que implica la eliminación de árboles que puedan competir con el cacao por la luz solar y otros recursos.</p> <p>Selección de variedades: Es de suma importancia ya que algunas variedades de cacao son más tolerantes a la luz solar y pueden desarrollarse bien en condiciones de mayor exposición lumínica.</p> <p>Manejo del suelo y la nutrición: Implica la aplicación adecuada de fertilizantes y enmiendas para garantizar una nutrición equilibrada y una adecuada disponibilidad de nutrientes.</p> <p>Control de malezas y plagas: La ausencia de árboles de sombra en el sistema aumenta la incidencia de malezas y plagas, por lo tanto, es importante implementar estrategias efectivas de control de malezas y plagas, como el uso de herbicidas selectivos y el monitoreo regular.</p> <p>Riego y manejo del agua: Un sistema sin sombra requiere un mayor manejo del riego debido a la mayor exposición del cacao a la luz solar directa, por lo que se debe asegurar un suministro adecuado de agua especialmente durante períodos de sequía.</p> <p>Beneficios y desafíos: El sistema de cacao sin sombra presenta ventajas potenciales, como una mayor densidad de plantación y un mayor rendimiento por hectárea, sin embargo, también puede presentar desafíos, como una mayor demanda de insumos externos y una mayor susceptibilidad del cacao a condiciones ambientales extremas.</p>

Nota: adaptado de Mendieta y Rocha (2017), Bardales (2022) experiencia propia no publicada

Sistema Agroforestal	Aspectos a considerar
Cacao con una especie de sombra	<p>Selección de la especie de sombra: Una parte fundamental de este sistema es la elección de la especie de árbol de sombra que se plantará junto al cacao, la cual debe ser compatible con el cultivo y debe tener características complementarias que beneficien al suelo, como la captación de nitrógeno o la atracción de polinizadores, el género más utilizado como sombra es el inga (<i>Inga edulis</i>).</p> <p>Diseño y distribución de las plantaciones: Se deben considerar aspectos como la densidad de plantación, la disposición de las filas y los árboles de sombra; la elección del diseño debe maximizar la eficiencia de la producción y la utilización del espacio, es recomendable utilizar el diseño de sistema en franjas o hileras alternas.</p> <p>Manejo del dosel: Se busca establecer un dosel estratificado con diferentes niveles de sombra para proporcionar una distribución adecuada de la luz solar, lo que implica un manejo mediante podas donde se regula la altura y densidad de los árboles de sombra.</p> <p>Beneficios para el cacao: La sombra proporcionada por los árboles protege al cacao de la radiación solar directa, reduce la temperatura ambiental, evitar el estrés hídrico y promueve un microclima favorable para el crecimiento y desarrollo del cultivo.</p> <p>Beneficios para la biodiversidad: Un sistema agroforestal entre cacao y una especie de sombra promueve la conservación de la biodiversidad al proporcionar hábitats y corredores para diversas especies de plantas y animales, albergando aves, insectos polinizadores y otros organismos beneficiosos que contribuyen a la polinización y el control de plagas.</p> <p>Consideraciones económicas y sociales: Es importante analizar los aspectos económicos y sociales de este sistema, como la rentabilidad económica, la diversificación de productos, el impacto en la calidad del cacao y la participación de los productores locales, además se deben considerar beneficios para las comunidades locales en términos de empleo, seguridad alimentaria y conservación de los recursos naturales.</p>

Nota: adaptado de Mendieta y Rocha (2017), Bardales (2022) experiencia propia no publicada

Sistema Agroforestal	Aspectos a considerar
Cacao asociado con otros cultivos	<p>Selección de cultivos complementarios: En el sistema se eligen cuidadosamente los cultivos complementarios que se plantarán junto al cacao que pueden ser frutales, hortalizas, plantas medicinales u otros productos agrícolas que sean compatibles con las condiciones de crecimiento del cacao y que generen una combinación beneficiosa en términos de interacciones ecológicas y de mercado.</p> <p>Diseño y distribución de la plantación: Se considera el diseño y la distribución de los cultivos dentro de la plantación, lo que implica decidir la disposición de las filas, la combinación de cultivos y la forma en que se interactúan entre sí, maximizando la utilización del espacio y manejo de cultivos, se recomienda utilizar el diseño que implica el sistema en dosel de sombra, así como el sistema en mosaico.</p> <p>Beneficios de la asociación: La asociación de cultivos proporciona beneficios mutuos, como, por ejemplo, los cultivos complementarios brindan sombra parcial al cacao, protegiéndolo de las condiciones climáticas adversas, además, mejora la calidad del suelo, atrae polinizadores y controla plagas y enfermedades, lo que permite generar ingresos adicionales y mitigar los riesgos asociados con la dependencia de un solo cultivo.</p> <p>Manejo integrado de plagas y enfermedades: En este sistema es importante implementar prácticas de manejo integrado de plagas y enfermedades, esto, implica monitorear regularmente los cultivos, aplicar medidas preventivas y utilizar métodos de control biológico y cultural para minimizar el uso de productos químicos y promover la salud de los cultivos de manera sostenible.</p> <p>Beneficios socioeconómicos: La diversificación de cultivos permite una mayor diversidad de productos para la venta y consumo local, mejorando la seguridad alimentaria y los ingresos de las familias agrícolas, además, la combinación de cultivos facilita la gestión de mano de obra y contribuye a la resiliencia económica de los agricultores.</p> <p>Consideraciones culturales y tradicionales: Es importante tener en cuenta las prácticas culturales y tradicionales para la elección de los cultivos complementarios, para esto, se deben considerar los conocimientos locales y las preferencias de los agricultores para garantizar la viabilidad y aceptación del sistema agroforestal.</p>

Nota: adaptado de Mendieta y Rocha (2017), Bardales (2022) experiencia propia no publicada

Sistema Agroforestal	Aspectos a considerar
Cacao con sombra variada	<p>Selección de especies de sombra: En este sistema se busca incorporar una combinación de árboles de diferentes alturas, tamaños, formas y características para crear un dosel diverso y estratificado como <i>Inga</i> spp., <i>Cedrela odorata</i> (cedro), <i>Colubrina glandulosa</i> (shaina), <i>Guazuma ulmifolia</i> (bolaina).</p> <p>Diseño y distribución de la plantación: Implica decidir la disposición de las filas, la distancia entre los árboles y su interacción con las plantas de cacao, lo que permite una distribución equilibrada de la sombra y facilita el manejo y la cosecha de los cultivos, así mismo en este sistema agroforestal es recomendable utilizar el diseño bajo el sistema escalado o multicapa.</p> <p>Beneficios de la sombra variada: La sombra proporcionada por los árboles de diferentes ayuda a regular la temperatura y la humedad, reduce la incidencia de radiación solar directa, evita el estrés hídrico y proporciona un microclima favorable para el crecimiento y desarrollo del cacao.</p> <p>Interacciones ecológicas: En este sistema, se establecen interacciones y beneficios como, por ejemplo, algunos árboles de sombra fijan nitrógeno al suelo, proporcionando nutrientes adicionales al cacao, atraen polinizadores y depredadores naturales de plagas.</p> <p>Manejo del dosel: Se recomienda realizar una poda selectiva de los árboles de sombra para mantener un equilibrio adecuado entre la luz y la sombra.</p> <p>Rentabilidad y sostenibilidad: Este sistema es rentable y sostenible a largo plazo, ya que resulta en una mayor productividad, mejor calidad del cacao y una mayor resiliencia frente a enfermedades y cambios climáticos.</p>

Nota: adaptado de Mendieta y Rocha (2017), Bardales (2022) experiencia propia no publicada

Sistema Agroforestal	Aspectos a considerar
Cacaotal rústico o sistema de protección de la biodiversidad	<p>Selección del sitio: El cultivo se establece en áreas donde existe vegetación natural o bosque secundario, para lo cual se selecciona cuidadosamente el sitio considerando aspectos como la calidad del suelo, el drenaje, la exposición solar y la presencia de especies vegetales nativas que sean compatibles con el cacao.</p> <p>Coexistencia con la vegetación natural: En este sistema se permite que la vegetación nativa coexista con las plantas de cacao, lo que implica un manejo menos intensivo y menos intervención en la estructura del bosque, permitiendo la presencia de especies arbóreas y arbustivas nativas que proporcionan sombra, protección contra el viento y hábitat para la fauna silvestre.</p> <p>Beneficios de la diversidad vegetal: La presencia de vegetación nativa en el cacaotal contribuye a la diversidad de especies y la conservación de la biodiversidad, además, la diversidad vegetal ayuda a controlar plagas y enfermedades, mejora la calidad del suelo, atrae polinizadores y promueve la fertilidad y la salud del ecosistema.</p> <p>Manejo mínimo: En este sistema, se realiza un manejo mínimo del cacao, lo que implica actividades como la poda selectiva, el control de malezas y el manejo de plagas y enfermedades de manera más limitada.</p> <p>Conservación de recursos naturales: El cacaotal rústico se considera un enfoque de producción sostenible que promueve la conservación de los recursos naturales al permitir que la vegetación natural coexista con el cacao, se protege la biodiversidad, se evita la deforestación y se conserva la estructura y la funcionalidad del ecosistema.</p> <p>Aspectos socioeconómicos: El cacaotal rústico proporciona beneficios socioeconómicos, especialmente en áreas donde la conservación de los recursos naturales y la protección del medio ambiente son valoradas.</p>

Nota: adaptado de Mendieta y Rocha (2017), Bardales (2022) experiencia propia no publicada

Sistema Agroforestal	Aspectos a considerar
Cacao en agro bosques	<p>Diseño del agro bosque: En este sistema se planifica cuidadosamente el diseño de la plantación para recrear un ambiente similar al bosque, para lo cual se establecen diferentes estratos de vegetación, incluyendo árboles altos, medianos y bajos, así como arbustos y cultivos complementarios, en este sistema es recomendable utilizar el sistema de árboles vivos.</p> <p>Selección de especies: Se eligen especies de árboles y cultivos complementarios que sean compatibles con el cacao y que proporcionen beneficios adicionales al ecosistema agroforestal, para lo cual se consideran características como la resistencia a plagas y enfermedades, la habilidad para fijar nitrógeno en el suelo, la atracción de polinizadores y la contribución a la diversidad de productos.</p> <p>Beneficios ecológicos: Este sistema ofrece múltiples beneficios ecológicos ya que los árboles y la vegetación diversa ayudan a conservar la biodiversidad, mejorar la calidad del suelo, regular el microclima, controlar la erosión y promover la conservación del agua.</p> <p>Interacciones beneficiosas: En el agro bosque de cacao, se establecen interacciones beneficiosas entre las diferentes especies vegetales, como, por ejemplo, los árboles de sombra pueden proporcionar sombra parcial al cacao, protegerlo de condiciones climáticas adversas y atraer polinizadores.</p> <p>Manejo integrado: El manejo del agro bosque de cacao implica prácticas agrícolas integradas que promueven la salud del ecosistema y reducen la dependencia de insumos externos, para esto se promueve una gestión adecuada que involucre la poda, el manejo de malezas, plagas y enfermedades, y que fomente la fertilidad del suelo a través de prácticas como la incorporación de materia orgánica</p> <p>Beneficios socioeconómicos: La diversificación de productos agrícolas y la posibilidad de obtener ingresos adicionales a través de la venta de madera, frutas u otros productos mejoran la seguridad alimentaria y los ingresos de las familias agrícolas.</p>

Nota: adaptado de Mendieta y Rocha (2017), Bardales (2022) experiencia propia no publicada

Para la descripción de los sistemas agroforestales asociados al cultivo de cacao en la provincia de Rioja, región San Martín, en la tabla 2 se refleja que, el sistema agroforestal del cacao sin sombra, que en el manejo del dosel en el cultivo del cacao implica podas y control de la vegetación circundante para evitar la competencia por la luz solar y otros recursos. Se recomienda seleccionar variedades de cacao adecuadas para el cultivo sin sombra, considerando su tolerancia a la luz solar directa. Es importante prestar atención al manejo del suelo y la nutrición, aplicando fertilizantes y enmiendas para garantizar una nutrición equilibrada. Se deben implementar estrategias efectivas de control de malezas y plagas, debido al aumento de su incidencia en el sistema sin sombra. El riego y el manejo del agua también requieren atención, especialmente durante períodos de sequía. El sistema sin sombra ofrece ventajas potenciales, como mayor densidad de plantación y rendimiento por hectárea, pero también presenta desafíos, como mayor demanda de insumos externos y mayor susceptibilidad a condiciones ambientales extremas. Sería interesante realizar una evaluación comparativa entre el sistema sin sombra y otros sistemas agroforestales asociados al cacao para analizar aspectos clave.

Para el cacao con una especie de sombra, en el sistema agroforestal con cacao y árboles de sombra, es crucial seleccionar cuidadosamente la especie de árbol de sombra que se plantará junto al cacao. Esta especie debe ser compatible con el cacao, proporcionar la cantidad adecuada de sombra y tener características beneficiosas como la captación de nitrógeno o la atracción de polinizadores. Además, se deben considerar aspectos como la densidad de plantación, la disposición de las filas de cacao y los árboles de sombra, y la interacción entre ellos. Un diseño adecuado puede maximizar la eficiencia de la producción y el uso del espacio, y facilitar el manejo y la cosecha. El manejo del dosel es esencial para establecer niveles estratificados de sombra y regular la proporción de luz y sombra mediante podas y/o ajustes en la altura y densidad de los árboles de sombra.

Este sistema ofrece beneficios significativos para el cacao. La sombra proporcionada por los árboles protege al cacao de la radiación solar directa, reduce la temperatura ambiental, evita el estrés hídrico y crea un microclima favorable para su crecimiento. Además, los árboles de sombra ayudan a mantener la humedad del suelo y a prevenir la erosión. Asimismo, este sistema promueve la conservación de la biodiversidad al proporcionar hábitats y corredores para diversas especies de plantas y animales. Los árboles de sombra actúan como refugio para aves, insectos polinizadores y otros organismos beneficiosos que ayudan en la polinización y el control de plagas.

Otro sistema agroforestal es el cacao asociado con otros cultivos, en el sistema agroforestal de cacao asociado con otros cultivos, se seleccionan cuidadosamente los cultivos complementarios que se plantarán junto al cacao, considerando su compatibilidad y beneficios mutuos. El diseño y la distribución de la plantación se planifican para maximizar la eficiencia y facilitar el manejo. La asociación de cultivos proporciona sombra, protección contra condiciones adversas, mejor calidad del suelo y control de plagas. Además, la diversificación de cultivos genera ingresos adicionales y reduce los riesgos. Se implementa un manejo integrado de plagas y enfermedades, minimizando el uso de químicos. Esta asociación también tiene beneficios socioeconómicos, como mayor seguridad alimentaria y resiliencia económica. Se consideran las prácticas culturales y tradicionales para asegurar la viabilidad y aceptación del sistema agroforestal.

Otro sistema agroforestal es el cacao con sombra variada, ya que, en el sistema agroforestal de cacao con sombra variada, se seleccionan cuidadosamente las especies de árboles de sombra para crear un dosel diverso. El diseño y la distribución de los árboles de sombra se planifican para maximizar los beneficios y facilitar el manejo de los cultivos. La sombra variada proporciona múltiples beneficios al cacao, como la regulación de temperatura y humedad, reducción de la radiación solar directa y creación de un microclima favorable. Además, se establecen interacciones beneficiosas entre el cacao y las especies de sombra, como la fijación de nitrógeno y la promoción de polinizadores y depredadores naturales. El manejo adecuado del dosel es esencial para equilibrar la luz y la sombra. Este sistema puede ser rentable y sostenible a largo plazo, con mayor productividad y resiliencia frente a enfermedades y cambios climáticos.

Otro sistema agroforestal es el Cacaotal rústico, el cacaotal rústico se establece en áreas con vegetación natural, permitiendo la coexistencia con la vegetación nativa. Se selecciona cuidadosamente el sitio considerando aspectos como el suelo, el drenaje y la exposición solar. La diversidad vegetal aporta beneficios al control de plagas, mejora del suelo y atrae polinizadores. Se realiza un manejo mínimo del cacao, promoviendo su adaptación al entorno y aprovechando la interacción con la vegetación nativa. Este sistema contribuye a la conservación de los recursos naturales, protegiendo la biodiversidad y evitando la deforestación. Además, ofrece beneficios socioeconómicos al promover la diversificación de ingresos y generar empleo, especialmente en áreas valoradas por la conservación ambiental.

Otro sistema agroforestal es el cacao en agro bosques, el diseño del agro bosque de cacao se planifica cuidadosamente para recrear un ambiente similar al bosque, con

diferentes estratos de vegetación. Se seleccionan especies compatibles que brinden beneficios adicionales al ecosistema. Este sistema ofrece beneficios ecológicos como la conservación de la biodiversidad, la mejora del suelo y la regulación del microclima. Se establecen interacciones beneficiosas entre las especies, y se implementa un manejo integrado que promueve la salud del ecosistema. Además, el agro bosque de cacao puede generar beneficios socioeconómicos al diversificar productos agrícolas y generar ingresos adicionales.

Estos resultados son respaldados por Roca (2017), quien señala que en estos sistemas agroforestales, se seleccionan cuidadosamente especies de árboles de sombra que sean compatibles con el cacao y que proporcionen beneficios adicionales al ecosistema. Se busca recrear un ambiente similar al bosque, estableciendo diferentes estratos de vegetación, como árboles altos, medianos y bajos, así como arbustos y cultivos complementarios.

Asimismo, Santos (2019), expone que la presencia de árboles de sombra en los sistemas agroforestales ofrece múltiples beneficios; estos árboles proporcionan sombra parcial al cacao, protegiéndolo de condiciones climáticas adversas como altas temperaturas y radiación solar directa; además, contribuyen a regular el microclima, reduciendo la evaporación del agua y evitando el estrés hídrico en las plantas de cacao.

García y Torres (2018), añaden que estos sistemas agroforestales asociados al cultivo de cacao en la provincia de Rioja no solo brindan beneficios ambientales, sino también beneficios socioeconómicos; la diversificación de productos agrícolas permite obtener ingresos adicionales a través de la venta de madera, frutas u otros productos, mejorando así la seguridad alimentaria y los ingresos de las familias agrícolas.

De la misma manera, Pérez y Gómez (2020), recalcan que, la diversidad de especies de árboles de sombra en estos sistemas agroforestales contribuye a la creación de un microclima favorable para el cultivo de cacao. Los árboles de sombra ayudan a regular la temperatura, reducir la evaporación y mejorar la retención de humedad en el suelo. Esto es especialmente beneficioso en áreas con altas temperaturas y periodos de sequía.

Además, Vásquez y Mendieta (2018), indican que estos sistemas agroforestales promueven la conservación de los recursos naturales y la protección del medio ambiente. Al mantener la vegetación nativa y fomentar la biodiversidad, se evita la deforestación y se preservan los ecosistemas locales, lo que a su vez contribuye a la mitigación del cambio climático y al mantenimiento de servicios ecosistémicos esenciales

4.2 Resultados del objetivo específico 2

Los sistemas agroforestales en las plantaciones de cacao de la provincia de Rioja ofrecen una serie de ventajas que contribuyen a la sostenibilidad y productividad de las plantaciones. Ya que los árboles y cultivos adicionales permiten a los agricultores obtener ganancias adicionales de la venta de otros productos. Además, estos sistemas promueven y aumentan la materia orgánica del suelo reduciendo la erosión. También fomentan la conservación de la biodiversidad, al proporcionar hábitats adecuados para diversas especies de plantas y animales. A continuación, se describen los beneficios de los sistemas agroforestales:

Tabla 3

Determinar los beneficios de los sistemas agroforestales en plantaciones de cacao en la provincia de Rioja, región San Martín

Beneficio	Descripción
Diversificación de ingresos	Permite que los agricultores generen diferentes fuentes de ingresos más allá de la producción de cacao, el cual se logra mediante la inclusión de cultivos complementarios, la venta de productos forestales no maderables, la promoción del turismo rural y la participación en actividades complementarias, lo que proporciona estabilidad económica a los agricultores al reducir la dependencia exclusiva del cacao y ofrecer alternativas para generar ingresos adicionales, además, fortalece la seguridad alimentaria al proporcionar una dieta diversa y equilibrada para los agricultores y sus comunidades, mejorando la resiliencia económica de las plantaciones de cacao al mitigar los riesgos asociados con las fluctuaciones del mercado y los precios del cacao contribuyendo al desarrollo sostenible de las comunidades agrícolas en la región.
Mejora de la calidad del suelo	Se logra mediante la incorporación de materia orgánica, lo que ayuda en la retención de humedad, el ciclo de nutrientes, la prevención de la erosión y la reducción de la compactación del suelo. Además, aumenta la actividad biológica, lo que contribuye a una mayor fertilidad, estructura y capacidad de retención de agua del suelo, beneficiando el crecimiento y desarrollo saludable del cacao. La mejora del suelo también aumenta la disponibilidad de nutrientes para las plantas, lo que favorece su nutrición y producción.

Nota: Adaptada de Mata et al. (2017)

Beneficio	Descripción
Conservación de la biodiversidad	Son esenciales para mantener la diversidad de especies vegetales y animales, estos sistemas, actúan como hábitats y corredores ecológicos, permitiendo la presencia y reproducción de especies nativas y contribuyendo a la protección de especies amenazadas, además, la diversidad de plantas en los sistemas agroforestales favorece la polinización natural y la utilización de organismos vivos para controlar plagas, reduciendo la dependencia de productos químicos, contribuye a la protección del suelo y del agua al prevenir la erosión y reducir la contaminación.
Control de plagas y enfermedades	La diversidad de plantas en estos sistemas actúa como una barrera natural contra las plagas y enfermedades, reduciendo la necesidad de pesticidas químicos, además, fomentan el control biológico, atrayendo enemigos naturales que controlan las plagas. Las prácticas culturales adecuadas, como la poda y la eliminación de residuos de cultivos ayudan a prevenir la propagación de enfermedades, así mismo, el manejo integrado de plagas se enfoca en el monitoreo regular de la plantación y la aplicación selectiva de pesticidas solo cuando es necesario promoviendo un enfoque más sostenible.
Protección del microclima	La presencia de árboles y vegetación diversa en estos sistemas ayuda a regular la temperatura, retener la humedad, proteger contra vientos fuertes y reducir la radiación solar directa creando un microclima más equilibrado y favorable para el crecimiento saludable del cacao, además, contribuye a la conservación del agua y a la estabilidad de las condiciones climáticas en la plantación de cacao.
Captura de carbono y mitigación del cambio climático	A través de la fotosíntesis, los árboles y la vegetación en estos sistemas absorben dióxido de carbono (CO ₂) de la atmósfera y lo almacenan en su biomasa y en el suelo, lo que ayuda a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y contribuye a la mitigación del cambio climático, así mismo, estos sistemas agroforestales mejoran el ciclo del carbono al promover la acumulación de materia orgánica en el suelo y aumentar su capacidad de retención de carbono, además, ofrecen resiliencia al cambio climático al proporcionar sombra y protección contra eventos extremos.

Nota: Adaptada de Mata et al. (2017)

Beneficio	Descripción
Conservación del agua	La presencia de árboles y vegetación en estos sistemas contribuye a retener la humedad del suelo, reducir la escorrentía y proteger las fuentes de agua, lo que promueve un equilibrio hídrico saludable conservando el agua en las zonas de cultivo, además, los sistemas agroforestales actúan como filtros naturales, purificando el agua que se escurre a través del suelo y reduciendo la contaminación, así mismo al reducir el uso de agroquímicos y promover prácticas de manejo sostenible, los sistemas agroforestales también minimizan el impacto negativo en la calidad del agua.
Resiliencia ante eventos climáticos extremos	La presencia de árboles proporciona sombra, reduciendo la exposición de las plantas de cacao a sequías y altas temperaturas, así como protección contra inundaciones y tormentas, además, la diversidad de especies en estos sistemas contribuye a una mayor adaptabilidad y capacidad de recuperación frente a eventos climáticos adversos, lo que permite mantener un microclima más estable en las plantaciones de cacao, reduciendo las fluctuaciones de temperatura y minimizando el estrés del cultivo.

Nota: Adaptada de Mata et al. (2017)

Para determinar los beneficios de los sistemas agroforestales en plantaciones de cacao en la provincia de Rioja, región San Martín, en la tabla 3 se refleja en los resultados que, uno de los beneficios es la diversificación de ingresos, hace referencia a la habilidad de los agricultores para generar diversas fuentes de ingresos más allá de la producción de cacao. Esto se logra mediante la inclusión de cultivos complementarios, la comercialización de productos forestales no maderables, el impulso del turismo rural y la participación en actividades adicionales. La diversificación de ingresos brinda estabilidad económica a los agricultores al reducir su dependencia exclusiva del cacao y brindar alternativas para generar ingresos adicionales. Además, fortalece la seguridad alimentaria al proporcionar una dieta variada y equilibrada tanto para los agricultores como para sus comunidades. Esta estrategia también mejora la resiliencia económica de las plantaciones de cacao al mitigar los riesgos asociados con las fluctuaciones del mercado y los precios del cacao. La diversificación de ingresos en los sistemas agroforestales fomenta la sostenibilidad económica de los agricultores y contribuye al desarrollo sostenible de las comunidades agrícolas en la región.

Otro beneficio es la mejora la calidad del suelo se incrementa gracias a la introducción de materia orgánica, la retención de humedad, el ciclo de nutrientes y la protección contra la erosión, la reducción de la compactación del suelo y el aumento de la actividad biológica. Estos factores contribuyen a mejorar la fertilidad, estructura y capacidad de retención de agua del suelo, lo cual beneficia el crecimiento y desarrollo saludable del cacao. Además, al mejorar el suelo, se incrementa la disponibilidad de nutrientes para las plantas, favoreciendo su nutrición y producción. También se evita la pérdida de suelo debido a la erosión y se previene la compactación del mismo, permitiendo un adecuado desarrollo de las raíces. La presencia de una mayor diversidad de plantas y organismos beneficiosos en los sistemas agroforestales facilita la descomposición de la materia orgánica, la liberación de nutrientes y la formación de una estructura de suelo más favorable. En conjunto, la mejora de la calidad del suelo en los sistemas agroforestales contribuye a la sustentabilidad y productividad del cultivo de cacao.

Otro beneficio es la conservación de la biodiversidad, puesto que, en sistemas agroforestales es crucial para mantener la diversidad de especies vegetales y animales, así como los servicios ecosistémicos. Estos sistemas actúan como hábitats y corredores ecológicos, permitiendo la presencia y reproducción de especies nativas y protegiendo a especies en peligro. La diversidad de plantas en los agroecosistemas favorece la polinización natural y el control biológico de plagas, reduciendo la necesidad de productos químicos. La conservación de la biodiversidad también protege el suelo y el agua al prevenir la erosión y reducir la contaminación. Estos aspectos promueven la sostenibilidad y resiliencia de las plantaciones de cacao, asegurando su viabilidad a largo plazo. La conservación de la biodiversidad en los sistemas agroforestales busca un equilibrio entre la producción agrícola, la protección del medio ambiente y la preservación de la diversidad biológica.

Asimismo, otro beneficio es el control de plagas y enfermedades, ya que proporcionan beneficios notables en términos de control de plagas y enfermedades. La presencia de una variedad de plantas en estos sistemas actúa como una barrera natural contra los problemas de plagas y enfermedades, lo que reduce la necesidad de utilizar pesticidas químicos. Además, fomentan el control biológico al atraer a enemigos naturales que regulan las poblaciones de plagas. Prácticas culturales apropiadas, como la poda y la eliminación de residuos de cultivos, también contribuyen a prevenir la propagación de enfermedades. El enfoque del manejo integrado de plagas se basa en la observación periódica de la plantación y la aplicación selectiva de pesticidas solo cuando sea necesario. Esto disminuye la resistencia a los pesticidas y fomenta un enfoque más sostenible.

En resumen, los sistemas agroforestales en las plantaciones de cacao ofrecen un control efectivo de plagas y enfermedades sin perjudicar al medio ambiente, al tiempo que mantienen la salud y la productividad del cultivo de cacao.

Otro beneficio es la protección del microclima es esencial, ya que proporciona importantes beneficios en la regulación de las condiciones térmicas y de humedad. La presencia de árboles y una variedad de vegetación ayuda a regular la temperatura, mantener la humedad, proteger contra vientos fuertes y reducir la radiación solar directa. Esto crea un microclima equilibrado y propicio para el crecimiento saludable del cacao, previniendo el estrés térmico, la sequía y los daños causados por el viento y la radiación solar intensa. Además, contribuye a la conservación del agua y a mantener condiciones climáticas estables en la plantación de cacao. En resumen, los sistemas agroforestales proporcionan un entorno protegido y propicio para el cultivo de cacao, promoviendo su desarrollo saludable y productivo a largo plazo.

Otro beneficio es la captura de carbono y mitigación del cambio climático, puesto que, desempeñan un papel crucial en la captura de carbono y la mitigación del cambio climático. A través de la fotosíntesis, los árboles y la vegetación en estos sistemas absorben dióxido de carbono (CO₂) de la atmósfera y lo almacenan en su biomasa y en el suelo. Esto ayuda a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y contribuye a la mitigación del cambio climático. Los sistemas agroforestales también mejoran el ciclo del carbono al promover la acumulación de materia orgánica en el suelo y aumentar su capacidad de retención de carbono. Además, estos sistemas ofrecen resiliencia al cambio climático al proporcionar sombra y protección contra eventos climáticos extremos. A nivel global, los sistemas agroforestales en las plantaciones de cacao contribuyen a los compromisos internacionales para reducir las emisiones y limitar el calentamiento global. Su enfoque sostenible y diversificado ayuda a proteger el medio ambiente y a construir una agricultura más resiliente frente al cambio climático.

De la misma manera ayuda en la conservación del agua, ya que, proporcionan beneficios importantes en la conservación del agua. La presencia de árboles y vegetación en estos sistemas ayuda a retener la humedad del suelo, reducir la escorrentía y proteger las fuentes de agua. Esto promueve un equilibrio saludable de agua y contribuye a la conservación del agua en las áreas de cultivo. Además, los sistemas agroforestales actúan como filtros naturales, purificando el agua que se infiltra a través del suelo y reduciendo la contaminación.

Esto es especialmente relevante para mantener la calidad del agua y proteger los ecosistemas acuáticos cercanos. Al reducir el uso de agroquímicos y promover prácticas de manejo sostenible, los sistemas agroforestales también minimizan el impacto negativo en la calidad del agua.

En resumen, los sistemas agroforestales en las plantaciones de cacao desempeñan un papel esencial en la conservación del agua, contribuyendo a la sostenibilidad de los recursos hídricos y al mantenimiento de la salud y productividad del cacao.

El último beneficio es la resiliencia ante eventos climáticos extremos, ya que, ofrecen beneficios significativos en términos de resiliencia ante eventos climáticos extremos, la presencia de árboles proporciona sombra, reduciendo la exposición de las plantas de cacao a sequías y altas temperaturas, así como protección contra inundaciones y tormentas. La diversidad de especies en estos sistemas agroforestales contribuye a una mayor adaptabilidad y capacidad de recuperación frente a eventos climáticos adversos. Además, los sistemas agroforestales ayudan a mantener un microclima más estable en las plantaciones de cacao, reduciendo las fluctuaciones de temperatura y minimizando el estrés del cultivo. En resumen, los sistemas agroforestales fortalecen la resiliencia del cultivo de cacao al proporcionar protección física, regular el clima local y promover la diversidad de especies. Estos beneficios son cruciales para asegurar la estabilidad y la productividad a largo plazo de las plantaciones de cacao en un contexto de cambio climático y eventos climáticos extremos.

Estas conclusiones están respaldadas por Rueda y Soto (2017), quienes señalan que, los sistemas agroforestales ayudan a reducir la erosión del suelo al proporcionar una cobertura vegetal diversa y raíces que ayudan a mantener la estructura del suelo, esto evita la pérdida de nutrientes y protege la calidad del suelo en las plantaciones de cacao.

Igualmente, Somarriba y García (2017), aducen que, los sistemas agroforestales actúan como filtros naturales, ayudando a purificar el agua y reducir la contaminación, la presencia de vegetación y árboles ayuda a retener la humedad y reduce la escorrentía, evitando la erosión y protegiendo las fuentes de agua cercanas.

De la misma manera lo señalan Schroth y Harvey (2018), quienes indican que, los árboles en los sistemas agroforestales absorben dióxido de carbono de la atmósfera a través de la fotosíntesis, lo que contribuye a la captura de carbono y ayuda a mitigar el cambio climático, esto es especialmente relevante en un contexto global de reducción de emisiones y calentamiento global.

Además, Tschardtke y Leuschner (2020), argumentan que, los sistemas agroforestales brindan protección contra eventos climáticos adversos, como sequías, altas temperaturas, inundaciones y tormentas; los árboles proporcionan sombra, reduciendo el estrés del cultivo de cacao y ayudando a mantener un microclima más estable.

Rapidel y DeClerck (2019), añaden que, la presencia de diferentes especies de árboles y plantas en los sistemas agroforestales promueve la biodiversidad y crea hábitats para una variedad de especies vegetales y animales, puesto que, esto contribuye a la conservación de la flora y fauna nativa, incluyendo especies amenazadas o en peligro de extinción.

Finalmente, los sistemas agroforestales en las plantaciones de cacao en la provincia de Rioja, en la región de San Martín, aportan beneficios como la conservación del suelo, la mejora de la calidad del agua, la mitigación del cambio climático y la resistencia ante eventos climáticos extremos, entre otros. Estas ventajas son indispensables para garantizar la sostenibilidad y productividad a largo plazo de las plantaciones de cacao en la zona.

Tabla 4

Desventajas de los sistemas agroforestales en plantaciones de cacao en la provincia de Rioja, región San Martín

Desventaja	Descripción
Menor producción inicial	Los cacaoteros en sistemas agroforestales a menudo tardan más tiempo en alcanzar su plena producción en comparación con los monocultivos de cacao, lo que significa una menor producción de cacao en los primeros años.
Competencia por recursos	La competencia por la luz solar, agua y nutrientes entre los árboles de cacao y las plantas acompañantes puede reducir el rendimiento del cacao y aumentar la complejidad de la gestión agrícola.
Manejo más complejo	La gestión de un manejo forestal implica más tiempo e inversión en el monitoreo de la plantación.
Necesidad de poda y mantenimiento	Los árboles de sombra y otros cultivos en el sistema agroforestal pueden requerir poda y mantenimiento, lo que implica un trabajo adicional para los agricultores
Transmisión de enfermedades	Los sistemas agroforestales de cacao son más propensos a plagas y enfermedades debido a la mayor diversidad de plantas, por lo que requiere un manejo más intensivo aumentando los costos de control, además la mayor humedad del suelo favorece la aparición de hongos y enfermedades.
Requiere conocimientos agronómicos específicos	El éxito en la implementación de sistemas agroforestales de cacao requiere un conocimiento especializado y habilidades en agroforestería, lo que puede ser un obstáculo para los agricultores sin acceso a capacitación.
Requerimientos de espacio	Los sistemas agroforestales a menudo requieren más espacio en comparación con los monocultivos de cacao, lo que puede limitar su aplicación en áreas con tierras limitadas.

Nota: Adaptado de Caicedo (2019)

Desventaja	Descripción
Manejo más complejo	La gestión de un manejo forestal implica más tiempo e inversión en el monitoreo de la plantación.
Menor densidad de la plantación	En comparación con los monocultivos de cacao, la densidad de cacao en sistemas agroforestales a menudo es menor, lo que puede resultar en una producción total más baja por unidad de tierra.
Influencia Alelopática	Al existir diversificación de la plantación dentro del sistema agroforestal existe una competencia en la lucha por recursos, como luz solar, agua y nutrientes.

Nota: Adaptado de Caicedo (2019)

Para las desventajas de los sistemas agroforestales en plantaciones de cacao en la provincia de Rioja, en la tabla 4 se refleja que, los agricultores al adoptar este enfoque más diversificado. En primer lugar, la menor producción presenta como una dificultad importante, ya que los cacaoteros en sistemas agroforestales requieren más tiempo para alcanzar su plena producción en comparación con los monocultivos de cacao. Esto significa que, en los primeros años, la producción de cacao puede ser considerablemente menor, lo que podría afectar los ingresos de los agricultores. La competencia por recursos naturales como la luz solar, el agua y los nutrientes, entre los árboles de cacao y las plantas acompañantes en estos sistemas, agrega otra capa de complejidad. Si no se gestiona adecuadamente, esta competencia puede reducir el rendimiento del cacao y requerir una atención más detallada en términos de planificación y gestión agrícola. Además, la gestión de un sistema agroforestal resulta ser más compleja y demandante en términos de tiempo e inversión debido a la diversidad de plantas involucradas. El mantenimiento y la poda de los árboles de sombra y otros cultivos complementarios también generan trabajo adicional para los agricultores, lo que puede ser una carga adicional. La transmisión de enfermedades es otra preocupación importante, ya que la mayor diversidad de plantas en sistemas agroforestales puede aumentar la susceptibilidad a plagas y enfermedades. Esto implica un manejo más intensivo y, en última instancia, costos más altos para el control de estas amenazas, especialmente en un entorno donde la humedad del suelo es propicia para la aparición de hongos y enfermedades. El requisito de conocimientos agronómicos específicos representa un desafío adicional, ya que el éxito en la implementación de sistemas agroforestales de cacao depende en gran medida de la capacitación y la experiencia en agroforestería, lo que puede ser un obstáculo para los agricultores sin acceso a dicha formación.

Por último, los sistemas agroforestales a menudo requieren más espacio en comparación con los monocultivos de cacao, lo que podría limitar su aplicación en áreas con tierras limitadas. Además, la menor densidad de plantación en estos sistemas puede resultar en una producción total más baja por unidad de tierra, lo que también debe tenerse en cuenta al evaluar su viabilidad.

Saurith (2016), concluyó que una de las desventajas de los sistemas agroforestales en plantaciones de cacao es la disminución de la producción de cultivos debido a la forma más cónica y ramificada que pueden desarrollar los fustes de los árboles. No obstante, es importante destacar que los sistemas agroforestales aportan beneficios significativos tanto desde el punto de vista ambiental como económico. Además, estos sistemas representan una valiosa técnica de manejo del cultivo que combina la producción de cultivos agrícolas y forestales en el mismo terreno. Esto conlleva mejoras en la calidad del suelo, la reducción de la erosión y el aumento de la biodiversidad, lo que contribuye a la sostenibilidad agrícola y ambiental.

Román-Miranda et al, (2016), concluyeron que la introducción de árboles en el cultivo de cacao plantea desafíos y desventajas para los agricultores, lo que complica la gestión de los diferentes componentes del sistema, provocando competencia entre cultivos, esto quiere decir que se requiere de cambios en las prácticas agrícolas tradicionales. Esta complejidad es un obstáculo inicial para algunos agricultores. Sin embargo, es fundamental destacar que los sistemas agroforestales ofrecen una serie de beneficios significativos. Estos sistemas mejoran la calidad del suelo, reducir la erosión y fomentar la biodiversidad, lo que es valioso tanto desde una perspectiva ambiental como económica. Además, en el contexto específico del cacao, los sistemas agroforestales tienen el potencial de mejorar la calidad de los granos y aumentar la producción de semillas, lo que puede traducirse en mayores ingresos para los agricultores a largo plazo.

Jimenez et al. (2001), concluyeron que, el diseño de un sistema agroforestal eficiente para la producción de cacao es un proceso complejo que requiere una planificación minuciosa. Considera aspectos como el área disponible, la mano de obra, los recursos y la elección de árboles y cultivos complementarios. La definición de distancias entre plantas, basada en el crecimiento y las necesidades nutricionales, es esencial, al igual que la atención a funciones como la regulación de la temperatura, la gestión de la luz y la mejora del suelo. Este enfoque integral asegura mayores ingresos, estabilidad económica y un uso más eficiente de los recursos disponibles.

Tabla 5*Caracterización de la producción de cacao en la provincia de Rioja, región San Martín, 2022*

Número de Productores	Número de Hectáreas	Rendimiento por hectárea (t/h⁻¹)	Precio chacra (Soles/Kg)	Producción Total (t)
207	1 209,50	0,98	7,58	1 189,40

Nota: Estadística SIEA – MIDAGRI (2023)

Para la caracterización de la producción de cacao en la provincia de Rioja, en la tabla 5 se refleja que la actividad agrícola en la zona. Con un total de 207 productores involucrados en una extensión de 1,209.50 hectáreas de tierra dedicada al cultivo de cacao, se destaca un esfuerzo considerable en la producción de este importante cultivo. Sin embargo, es interesante notar que el rendimiento promedio por hectárea se sitúa en 0.98 toneladas por hectárea, lo que sugiere un margen para mejorar la productividad en comparación con el potencial que ofrece la región. Por otro lado, el precio promedio en chacra de 7.58 soles por kilogramo indica el valor en el mercado local, lo que es fundamental para la economía de los productores. En conjunto, estos datos proporcionan una visión general de la producción de cacao en la provincia de Rioja, mostrando áreas de oportunidad para aumentar la eficiencia y la rentabilidad en esta importante actividad agrícola en la región San Martín.

Schroth et al. (2016), concluyeron que la adopción de clones mejorados de cacao fino duplica los ingresos de los agricultores debido a mayores rendimientos y mejores precios en el mercado internacional. Sin embargo, se requieren inversiones considerables en capacitación, infraestructura y certificación, lo que puede representar desafíos y costos para los pequeños productores. Para el éxito de esta iniciativa, se necesitan políticas públicas y apoyo financiero dirigidos a fortalecer las comunidades cacaoteras.

Zuidema et al. (2005), concluyeron que un modelo representa con precisión los procesos biológicos del cacao, como el desarrollo de ramas, la formación de flores y la producción de almendras. Este modelo es útil para estimar la producción bajo diferentes condiciones y prácticas agronómicas, y puede ser una herramienta valiosa para mejorar la productividad y sostenibilidad del cultivo de cacao.

CONCLUSIONES

1. Los sistemas agroforestales asociados al cultivo de cacao en la provincia de Rioja, región San Martín, se utilizan seis como son cacao sin sombra, asociado con otros cultivos, con sombra variada, rustico y en agro bosques, representan una estrategia agrícola sostenible y beneficiosa tanto para el medio ambiente como para los agricultores, estos sistemas combinan el cultivo de cacao con árboles de sombra cuidadosamente seleccionados, hay sistemas asociados con una sola especie, con varias especies, con otros cultivos, con bosque natural, agro bosques diversificando el paisaje agrícola promoviendo la interacción entre las diferentes especies.
2. Los beneficios de los sistemas agroforestales en plantaciones de cacao en la provincia de Rioja, brindan una serie de beneficios que contribuyen a la sostenibilidad y productividad del cultivo, ofrecen una solución integral al combinar la producción con la conservación del suelo, mejora de la calidad del agua, captura de carbono, mitigación del cambio climático, la resiliencia ante eventos climáticos extremos. También presentan desventajas como menor productividad al inicio, el manejo del cultivo es más complejo. Así mismo en la provincia hay 207 productores que se dedican a esta actividad con un total de 1209,50 ha⁻¹ a un rendimiento de 0,98 t/ha⁻¹.

RECOMENDACIONES

1. Al Gobierno Regional de San Martín, se insta a respaldar y promover el uso sostenible de sistemas agroforestales en el cultivo de cacao en la provincia de Rioja ya que, la combinación cuidadosa con árboles de sombra, ya sea con una sola especie, varias especies, otros cultivos o bosque natural, fomenta la diversificación del paisaje agrícola, promoviendo la sostenibilidad ambiental y la interacción positiva entre especies, generando beneficios tanto a nivel productivo como ecológico.
2. A la Dirección Regional de Agricultura San Martín – DRASAM, fomentar y expandir la adopción de sistemas agroforestales en plantaciones de cacao en la provincia de Rioja. A pesar de desafíos iniciales como menor productividad y complejidad en el manejo, los beneficios a largo plazo, como la sostenibilidad, conservación del suelo, mejora de la calidad del agua, captura de carbono y resiliencia ante eventos climáticos extremos, contribuyen significativamente al desarrollo sostenible.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

- Altieri, M. A. (1999). *Agoecología Bases científicas para una agricultura*. Editorial Nordan–Comunidad. <http://agroeco.org/wp-content/uploads/2010/10/Libro-Agroecologia.pdf>
- Arvel- Sánchez, M. Á., González-León, D., Maroto-Arce, S., Delgado-López, T., y Montoya-Rodríguez, P. (2017). *Manual Técnico del Cultivo de Cacao Practicas Latinoamericanas*. Informe Tecnico. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/6181>
- Avellán-Rivera, A. R., Barreto-Dolin, E., y Peralta-Tercero, E. de J. (2020). Carbono en biomasa aérea, sistema agroforestal de *Theobroma cacao* L. laboratorio natural, los laureles 2018. *Revista Universitaria Del Caribe*, 24(01), 98–106. <https://doi.org/10.5377/ruc.v24i01.9914>
- Benites , S. (2007). Manual de Agroforestería. *Proyecto Manejo Sostenible de Recursos Naturales*. <https://www.biopasos.com/documentos/028.pdf>
- Cabrera-Verdesoto, C., Suatunce-Cunuhay, P., Cervantes-Borbor, J., y Tapia-Zuñiga, M. (2019). Determinación del incremento medio anual de *Tectona grandis* L.F., Y *Triplaris cumingiana* FISCH., establecidos en sistema agroforestal con cacao (*Theobroma Cacao* L.). *Revista polo del conocimiento* 4(7) 23-31 <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7164361>
- CATIE. (2012). *Cultivo del cacao*.
- Caicedo-Vargas, C. E. (2019). *Sistemas agroforestales con cacao (Theobroma cacao L.), en la Amazonía ecuatoriana: un enfoque agroecológico*. [Informe de Pregado Universidad Internacional de Andalucía]. doi: <http://hdl.handle.net/10334/5187>
- Cayetano-Terrel, P., Peña -Pineda, K. M., Olivarez-Rivera, E. L., y Vargas-Cisneros, S. M. (2021). Estudio de Vigilancia Tecnológica en el Cultivo del Cacao. <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/1548>
- Clemente-Arenas, E. R. . (2021). Captura de carbono en sistemas agroforestales en el Perú. *Revista Forestal Del Perú*, 36(2), 180-196. Obtenido de <https://doi.org/10.21704/rfp.v36i2.1797>
- Collazos-Silva, E. M. (2018). *“Incidencia de la biodiversidad en la productividad de sistemas agroforestales con café en los departamentos de Amazonas y San*

- Martín". [Tesis, de Pregrado Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza]. <https://repositorio.untrm.edu.pe/handle/20.500.14077/1369>
- Cruz-Chichipe, K. (2022). *Diversidad de especies arbóreas en sistemas agroforestales con cacao (Theobroma cacao L.) fino de aroma en el distrito de Cajaruro, Provincia Utcubamba*. Tesis de Pregrado Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas]. Obtenido de <https://repositorio.untrm.edu.pe/handle/20.500.14077/2750>
- Cumbicus, A., y López, M. (2021). *Caracterización del Departamento de San Martín*. informe, Banco Central de Reserva del Perú sucursal Iquitos. <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Sucursales/Iquitos/san-martin-caracterizacion.pdf>
- Drouet-Candell, A., Valarezo-Beltrón, O., Camacho-Abril, J., y García-Vásquez, G. (2019). Promotores de sustentabilidad para sistemas agroforestales de cacao (theobroma cacao L.) en madre de dios (Perú) y San Plácido (Ecuador). *Revista Científica Y Tecnológica UPSE*, 6(2), 76-81. Obtenido de <https://doi.org/10.26423/rctu.v6i2.478>
- Durán, y Dubón. (2016). Caracterización agromorfológica de los cacaos finos y de aroma de América Latina. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 10(2).
- Estrada, O., White, K., Wainwright, J. D., & Phillips-Mora, W. (2011). Genetic diversity of cacao (*Theobroma cacao* L.) in Puerto Rico. *Tree Genetics & Genomes*, 7(2). [10.1007/s11295-010-0331-7](https://doi.org/10.1007/s11295-010-0331-7)
- FAO. (2023). *Agroecología y Agricultura Familiar*. <https://www.fao.org/family-farming/themes/agroecology/es/>
- Fernández-Jeri, A., Torres-Armas, E., Chávez-Quintana, S., Julca-Otiniano, A., y Fernández-Jeri, L. (2022). Caracterización socioeconómica y ambiental de las fincas productoras de cacao nativo en la provincia de Bagua, Perú. *Idesia (Arica)*, 40 (2), 67-75. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292022000200067>
- Gamarra-Ramírez, G. F. (2019). *La Capacitación en Sistemas Agroforestales y su efecto en la Estabilización de parcelas y del agricultor de la Comunidad de San Regis, Río Marañón, Nauta, Loreto - 2019*. [Tesis, de Pregrado Universidad Científica del Perú]. <http://repositorio.ucp.edu.pe/handle/UCP/817>

- García, R., y Torres, M. (2018). *Evaluación económica y ambiental de sistemas agroforestales de cacao en la provincia de Rioja, San Martín*.
- Gavilanez-Dalgo, N., Orozco-Ramos, J., Moyano-Alulema, J., y Brito-Carvajal, J. (2021). Evaluación de riesgos ergonómicos en productores de cacao. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, 6(12) 579-589. Obtenido de. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8108896>.
- Goñas-Goñas, M. (2022). *Captura de carbono y evaluación económica de sistemas agroforestales de cacao fino de aroma de la Cooperativa Aprocam, Amazonas, Perú*. [Tesis de Pregrado Universidad Nacional Toribio Rodríguez De Mendoza De Amazonas]. <https://repositorio.untrm.edu.pe/handle/20.500.14077/3131>
- Irigoin-Quintana, V., y Trigoso-Tuesta, L. P. (2022). *Determinación de la correlación de las propiedades físicas y químicas del suelo con los contenidos de cadmio y la colonización micorrízica en "cacao" Theobroma cacao L. como monocultivo en diferentes pisos altitudinales de la Región San Martín, Perú*. [Tesis, de Pregado Universidad Católica Sedes Sapientiae]. Obtenido de <https://repositorio.ucss.edu.pe/handle/20.500.14095/1631>
- Jimenez, F., Muschler, R., y Kopsell, E. (2001). *Funciones y aplicaciones de sistemas agroforestales*. CATIE Obtenido de <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/2202>
- Lugo-Perea, L. J., y Rodríguez-Rodríguez, L. H. (2018). El agroecosistema: ¿objeto de estudio de la agroecología o de la agronomía ecologizada? Anotaciones para una tensión epistémica. *Revista Inter Disciplina*, 6(14),89–112. <https://doi.org/10.22201/ceiich.24485705e.2018.14.63382>.
- Machado, H., y Campos, M. (2008). Reflexiones acerca de los ecosistemas agrícolas y la necesidad de su conservación. *Revista Pastos y Forrajes*, 31(4). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-0394200800040005
- Mata-Anchundia, D., Rivero-Herrada, M, y Segovia-Montalvan, E. L. (2018). Sistemas agroforestales con cultivo de cacao fino de aroma: entorno socioeconómico y productivo. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 6(1), 103-115. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2310-34692018000100103

- Mendieta-Lopez, M., Y Rocha-Molina, L. (2017). *Sistemas Agroforestales*. (35^{ava} ed.) ISSN: 2550 - 682X. <https://repositorio.una.edu.pe/id/eprint/2443>.
- MICETUR. (2018). *Ministerio de Comercio exterior*. https://www.mincetur.gob.pe/wp-content/uploads/documentos/comercio_exterior/estadisticas_y_publicaciones/estadisticas/reporte_regional/rrc_sanmartin_2018.pdf
- MIDAGRI. (2020). Observatorio de Commodities. <https://repositorio.midagri.gob.pe/jspui/bitstream/20.500.13036/998/1/observatorio%20de%20commodities%20cacao%20abr-jun%202020.pdf>
- MIDAGRI. (2021). *Estudio de Vigilancia Tecnológica en el Cultivo del Cacao*. Informe, Lima. <https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/1548/1/estudio%20de%20vigilancia%20tecnol%3%b3gica%20en%20el%20cultivo%20de%20cacao.pdf>
- NAC. (2013). *¿Qué es Agroforestería?* https://www.fs.usda.gov/nac/assets/documents/workingtrees/infosheets/whatisaf_spanish.pdf
- Oliveira, S., Raneri, J., y Weise, S. (2023). Assessing Biodiversity Conditions in Cocoa Agroforests with a Rapid Assessment Method: Outcomes from a Large-Scale Application in Ghana. *Journal Diversity*, 15(503). Obtenido de <https://www.mdpi.com/1424-2818/15/4/503>
- Piña-Meza , M., y Márquez-Osorio, E. M. (2019). *Evaluación integral de sistemas agroforestales con Cacao en dos municipios del departamento de Sucre*. [Tesis, de Pregrado Universidad de Sucre]. Obtenido de <https://repositorio.unisucre.edu.co/handle/001/988>
- Pérez, L., y Gómez, F. (2020). *Caracterización y manejo de sistemas agroforestales de cacao en la provincia de Rioja, San Martín*.
- Peruano. (2021). La importancia de los sistemas agroforestales. Semana Forestal Nacional. <https://elperuano.pe/noticia/133044-la-importancia-de-los-sistemas-agroforestales>
- Quispe-Torres, D. R. (2022). *Manejo del cultivo de cacao (Theobroma cacao L.) en Chipurana - San Martín*. [Tesis de Pregrado Universidad Nacional Agraria la Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/5330>
- Rapidel, B., y DeClerck, F. A. (2019). *Ecosystem services provided by agroforestry systems: insights from scientific knowledge and farmers' perception*.

- Román-Miranda, M., Mora-Santacruz, A., y González-Cueva, G. (2016). Sistemas agroforestales con especies de importancia maderable y no maderable, en el trópico seco de México. *Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA)*. 20(2): 53-72 Obtenido de <http://ww.ucol.mx/revaia/portal/pdf/2016/mayo/5.pdf>
- Roca, W. (2017). *Sistemas agroforestales en la producción de cacao en la provincia de Rioja, San Martín*.
- Rueda, X., y Soto, L. (2017). *Agroforestry and carbon sequestration potential in small-scale cacao systems*. .
- Ruiz-Agudelo, C., Hurtado-Bustos, S., Carrillo-Cortes, Y., y Parrado Moreno, C. (2019). Lo que sabemos y no sabemos sobre los sistemas agroforestales tropicales y la provisión de múltiples servicios ecosistémicos. Una revisión. *Revista Ecosistemas*, 28(3), 26-35. Obtenido de <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/1697>
- Sanial, E., Fountain, A., HoefslootH , y Jezeer, R. (2021). *Agrosilvicultura en el sector del cacao: la necesidad de enfoques ambiciosos de colaboración en el paisaje*. <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/111621>
- Santos, J. A. (2019). *Implementación de sistemas agroforestales en cacaotales de la provincia de Rioja, región San Martín*. Tesis.
- Saurith-Santodomingo, A. (2016). Tecnología para la producción de Cacao como sistema agroforestal para las familias guardabosques en la sierra nevada de San Marta. Obtenido de https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/13151/43419_54862.pdf?isAllowed=y&sequence=1
- Schroth, G., y Harvey, C. (2018). Biodiversity conservation in cocoa production landscapes: an overview. *Biodiversity and Conservation*, 45(8), 2237-2244.
- Schroth, G., Läderach, P., Martínez-Valle, A., Bunn, C., & Jassogne, L. (2016). Vulnerability to climate change of cocoa in West Africa: Patterns, opportunities and limits to adaptation. *Science of the Total Environment*, 556, 231-241.
- SERFOR. (2021). *Sistemas Agroforestales* (Vol. 1). CG Andina S.A.C. <http://repositorio.serfor.gob.pe/bitstream/serfor/908/3/3sistemas%20agroforestales.pdf>

- Somarriba, E., y Garcia, M. (2017). Cocoa agroforestry systems: An overview. In *Agroforestry for sustainable cocoa production: A review. Agroforestry Systems*, 9(6), 927-941.
- Somarriba, E., Sánchez, R., López Sampson, D., Peñalo, J., y Peguero, F. (2021). *Tipologías cafetaleras de la República Dominicana: manejo, rendimientos y desempeño financiero*. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/11149>
- Suárez-Arellano, C. F. (2020). *Incidencias de sistemas agroforestales en el cultivo de cacao (theobroma cacao L.) sobre las características hidrofísicas del suelo*. <chromeextension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://cia.uagraria.edu.ec/archivos/nu%c3%91ez%20mendoza%20petter%20angelo.pdf>
- Suatunce-Cunuhay, J., y España-Aguirre, M. (2022). *Determinación del Incremento Medio Anual (IMA) de Tectona grandis L.f. (teca) y Triplaris cumingiana Fisch. & C.A. Mey (fernansánchez) establecidos en un sistema agroforestal con Theobroma cacao L. (cacao) en el cantón Vinces, provincia de Los Ríos*. [Tesis de Pregrado Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/6628>
- Tscharntke, T., y Leuschner, C. (2020). *Ecosystem services of biodiversity in agroforestry*.
- Vásquez, C., y Mendieta, M. (2018). *Impacto de los sistemas agroforestales en la producción de cacao en la provincia de Rioja, San Martín*.
- Zambrano, G., Ramírez, K., Santos, A., y Chávez, E. (2022). *Caracterización de tipologías de agricultores de cacao de los cantones Tena y Naranjal en Ecuador: indicadores financieros y modelos de negocios*. <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/125723>
- Zavala-Solórzano, J., y Vega-Jara, L. (2021). *Captura y almacenamiento de carbono en distintas edades del cultivo de cacao bajo sistemas agroforestales de tingo maría*. (1^{ra} ed.) ISBN <https://www.unheval.edu.pe/portal/wp-content/uploads/2021/10/Zavala-Vega.-2021.pdf>
- Zuidema, P. A., Leffelaar, P. A., Gerritsma, W., Mommer, L., y Anten, N. P. (2005). A physiological production model for cocoa (Theobroma cacao): model presentation, validation and application. *Agricultural Systems*, 84(2), 195-225.

ANEXOS



Figura 1

Especie arbórea (Naranja: *Citrus sinensis*) asociada al cultivo de cacao

Nota: Suárez (2020)



Figura 2

Especie arbórea (Plátano: *Musa paradisiaca*) asociada al cultivo de cacao

Nota: Suárez (2020)



Figura 3

Especie arbórea (Bototo: *Crescentia cujete*) asociada al cultivo de cacao

Nota: Suárez (2020)



Figura 4

Especie arbórea (Jackfruit: *Artocarpus integer*) asociada al cultivo de cacao

Nota: Suárez (2020)

Tabla 6

Diversidad de especies arboréas en sistemas agroforestales con cultivo de cacao (theobroma cacao) (1)

N	ORDEN	FAMILIA	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	ABUND.	FUNCIÓN PRINCIPAL
1	ARECALES	ARECACEAE	<i>Mauritia flexuosa</i> L. f.	Aguaje	2	F, M
2	FABALES	FABACEAE	<i>Albizia</i> sp.	Albizia	38	Me, L
3	ROSALES	CANNABACEAE	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	Atadijo	1	M, L
4	ROSALES	MORACEAE	<i>Artocarpus altilis</i> (Parkinson ex F.A.Zorn) Fosberg	Árbol de pan	8	F
5	MALVALES	MALVACEAE	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Bolaina negra	1	M
6	ERICALES	SAPOTACEAE	<i>Chrysophyllum cainito</i> L.	Caimito	1	F, Me
7	SAPINDALES	MELIACEAE	<i>Swietenia macrophylla</i> King.	Caoba	16	M
8	RUBIALES	RUBIACEAE	<i>Calycophyllum spruceanum</i> (Benth.) Hook. f. ex K. Schum.	Capirona	198	M
9	OXALIDALES	OXALIDACEAE	<i>Averrhoa carambola</i> L.	Carambola	16	F
10	FAGALES	CASUARINACEAE	<i>Casuarina</i> sp.	Casuarina	1	M
11	SAPINDALES	MELIACEAE	<i>Cedrela odorata</i> L.	Cedro	73	M
12	SAPINDALES	ANACARDIACEAE	<i>Spondias purpurea</i> L.	Ciruella	18	F
13	PINALES	CUPRESACEAE	<i>Cupressus</i> sp.	Cipres	2	M
14	ARECALES	ARECACEAE	<i>cocos nucifera</i> L.	Coco	113	F
15	MAGNOLIALES	ANNONACEAE	<i>Annona cherimola</i> Mill.	Chirimoya	1	F
16	SAPINDALES	SAPINDACEAE	<i>Sapindus</i> sp.	Choloque	1	L
17	MYRTALES	MYRTACEAE	<i>Eucalyptus saligna</i> Sm.	Eucalipto	51	M

Nota: Cruz (2022)

Tabla 7

Diversidad de especies arboréas en sistemas agroforestales con cultivo de cacao (*theobroma cacao*) (2)

18	FABALES	FABACEAE	<i>Erythrina poeppigiana</i> (Walp.) O.F.Cook	Erytrina	22	L
19	MAGNOLIALES	ANNONACEAE	<i>Annona muricata</i> L.	Guanabana	5	F, Me
20	SAPINDALES	MYRTACEAE	<i>Psidium guajava</i> L.	Guayaba	12	F
21	FABALES	FABACEAE	<i>Inga edulis</i> Mart.	Huaba	200	F, M
22	LAMIALES	CORDIACEAE	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken	Laurel	390	M
23	FABALES	FABACEAE	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	Leucaena	15	M
24	SAPINDALES	RUTACEAE	<i>Citrus medica</i> L.	Lima	18	F, Me
25	SAPINDALES	RUTACEAE	<i>Citrus aurantiifolia</i> (Christm.) Swingle	Limón sutil	6	F
26	SAPINDALES	RUTACEAE	<i>Citrus limon</i> (L.) Osbeck	Limon rugoso	37	F, Me
27	MALPIGHIALES	CALOPHYLLACEAE	<i>Mammea americana</i> L.	Mamey	2	F
28	SAPINDALES	ANACARDIACEAE	<i>Mangifera indica</i> L.	Mango	60	F
29	SAPINDALES	RUTACEAE	<i>Citrus reticulata</i> Blanco	Mandarina	6	F
30	FABALES	FABACEAE	<i>Clitoria arborea</i> Benth.	Matamo	1	L
31	BRASSICALES	MORINGACEAE	<i>Moringa oleifera</i> Lam.	Moringa	2	Me
32	SAPINDALES	ANACARDIACEAE	<i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi	Molle	1	Me
33	SAPINDALES	RUTACEAE	<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	Naranja	51	F
34	SAPINDALES	MELIACEAE	<i>Azadirachta indica</i> A. Juss.	Nim	1	L
35	ROSALES	ROSACEAE	<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl.	Níspero	1	F, L
36	GENTIANALES	RUBIACEAE	<i>Morinda citrifolia</i> L.	Noni	2	Me
37	LAMIALES	OLEACEAE	<i>Olea europaea</i> L.	Olivo	1	Me
38	FABALES	FABACEAE	<i>Inga feuilleei</i> DC.	Pacay	7	F, M
39	LAURALES	LAURACEAE	<i>Persea americana</i> Mill.	Palta	83	F, Me, M
40	PINALES	PINACEAE	<i>Pinus</i> sp.	Pino	1	M
41	MALPHIGIALES	EUPHORBIACEAE	<i>Jatropha curcas</i> L.	Piñon	1	Me
42	MYRTALES	MYRTACEAE	<i>Syzygium malaccense</i> (L.) Merr. & L.M. Perry	Pomarosa	4	F
43	MALPHIGIALES	EUPHORBIACEAE	<i>Croton draconoides</i> Müll. Arg.	Sangre de grado	4	M, Me
44	ROSALES	RHAMNACEAE	<i>Colubrina glandulosa</i> G. Perkins	Shaina	117	M
45	FABALES	FABACEAE	<i>Tamarindus indica</i> L.	Tamarindo	3	F
46	MALVALES	MUNTINGIACEAE	<i>Muntingia calabura</i> L.	Tomaque	1	Me, L
47	SAPINDALES	RUTACEAE	<i>Citrus paradisi</i> Macfad.	Toronja	1	F
48	MALVALES	MALVACEAE	<i>Quararibea cordata</i> (Bonpl.) Vischer	Zapote	24	F

F: Frutales; Me: Medicinales; M: Maderable; L: Leña

1620

Nota: Cruz (2022)

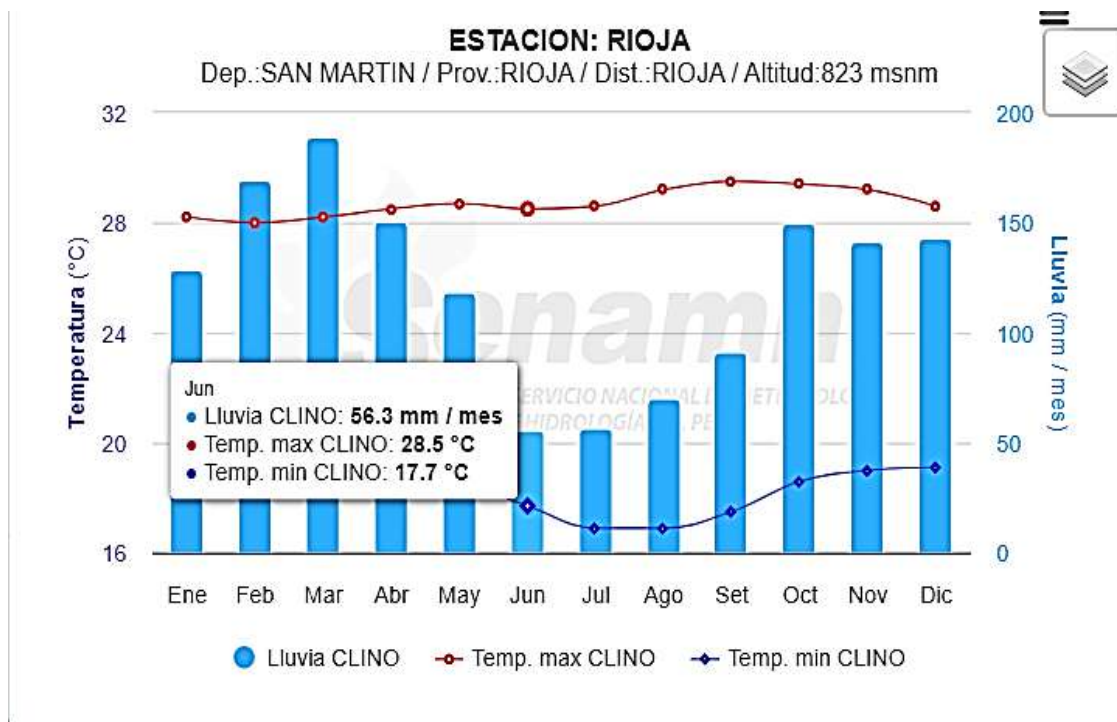


Figura 5

Normales climatológicas, estación Rioja

Nota: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – SENAMHI (2023)



Figura 6
Beneficios de los sistemas agroforestales

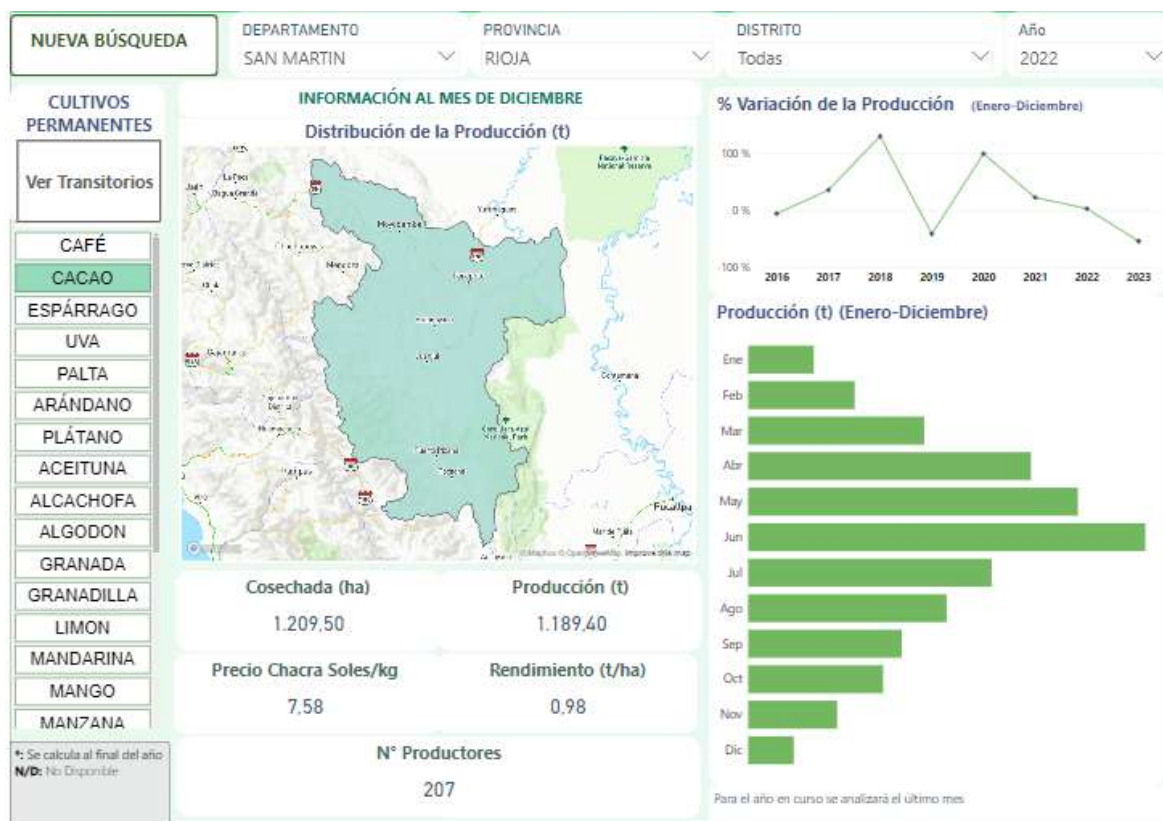
Nota: Mendiante y Rocha (2017)

Tabla 8

Posibles ventajas de los sistemas agroforestales y disponibilidad de información

Se plantea que los SAF pueden	Disponibilidad de información
1. Mejorar el aprovechamiento de recursos naturales (agua, luz, nutrientes), y por ende, la productividad.	Probado para productos múltiples (madera, leña, fruto forraje, etc.).
2. Aumentar la estabilidad de producción y reducir riesgos	Probado para cacao y café en América Central.
3. Moderar el microclima y proteger a cultivos y animales.	Probado.
4. Proveer hábitat para mantener biodiversidad (por ejemplo controladores biológicos y aves migratorias).	Probado para aves.
5. Reducir la diseminación y daño causado por plagas y enfermedades.	Probado en algunos casos, rechazado en otros; falta corroboración.
6. Mejorar la calidad de los productos	Probado en cultivo de café en ambientes no óptimos controversial para la calidad de madera.
7. Reducir gastos para insumos (agroquímicos) y productos externos (por ejemplo, madera).	Probado para productos externos; evidencia parcial para reducir fertilizantes y herbicidas).
8. Reducir externalidades ecológicas (contaminación de acuíferos y suelos).	Evidencia para sistemas de producción orgánica o de bajos insumos.
9. Reducir la escorrentía superficial y erosión de suelo.	Probado en hileras en contorno y sistemas multiestratos especialmente en pendientes fuertes
10. Mantener la materia orgánica (MO) y la fertilidad del suelo.	No probado para todos los SAF porque no hay umbral fijos de MO relacionados a la fertilidad del suelo. Incrementos en MO han sido detectados temporalmente en suelos arenosos bajo cultivo en callejones.
11. Mantener o mejorar las propiedades físicas del suelo (más favorables que en los sistemas agrícolas).	Parcialmente probado para suelos con hileras en contorno.
12. Aumentar el ingreso de nitrógeno mediante árboles fijadores.	Probado para algunas especies, pero pocos datos sobre la absorción de nitrógeno fijado por los cultivos.
13. Capturar y reciclar nutrientes (por raíces de árboles) de las capas profundas del suelo que no son accesibles para los cultivos (principalmente en zonas secas).	Probado para captura de nitratos en subsuelos óxicos con carga positiva. Falta comprobarlo más ampliamente.
14. Llevar a un ciclaje de nutrientes más cerrado y eficiente con menos pérdida por lavado y lixiviación.	Probado parcialmente, pocos datos.
15. Reducir la acidez del suelo mediante las bases acumuladas en hojarasca y raíces de los árboles.	Probado para hojarasca alta en calcio y magnesio. Falta comprobarlo para SAF.
16. Ayudar a recuperar suelos degradados.	Probado en suelos alcalinos y salinos. Probado en suelo agotados de nitrógeno en Zambia con barbechos de <i>Sesbania</i> sp.
17. Mejorar la actividad biológica y mineralización de nitrógeno (a través de la sombra de los árboles).	Probado.
18. Aumentar la actividad microbial (fijadores de nitrógeno y micorrizas) por el asocio de raíces de árboles con las de los cultivos.	No ha sido probado. Altamente controversial.

Nota: Mendieta y Rocha (2017)

**Figura 7**

Perfil Productivo del cultivo de cacao en la provincia de Rioja, 2022

Nota: Estadística SIEA – MIDAGRI - 2022

Determinación de los sistemas agroforestales en plantaciones de cacao de la provincia de Rioja, Región San Martín

by Boris Jareb Bardalez Lucero

Submission date: 11-Mar-2024 02:15PM (UTC-0500)

Submission ID: 2317931915

File name: Informe_de_tesis_Boris_Jareb_Bardales_Lucero_ok_11-03.docx (3.77M)

Word count: 16130

Character count: 94395

Determinación de los sistemas agroforestales en plantaciones de cacao de la provincia de Rioja, Región San Martín

ORIGINALITY REPORT

24%

SIMILARITY INDEX

22%

INTERNET SOURCES

7%

PUBLICATIONS

13%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	Submitted to Universidad Nacional de San Martín Student Paper	8%
2	repositorio.unsm.edu.pe Internet Source	1%
3	repositorio.unas.edu.pe Internet Source	1%
4	tesis.unsm.edu.pe Internet Source	1%
5	hdl.handle.net Internet Source	1%
6	dspace.utb.edu.ec Internet Source	1%
7	repositorio.untrm.edu.pe Internet Source	1%
8	www.researchgate.net Internet Source	1%